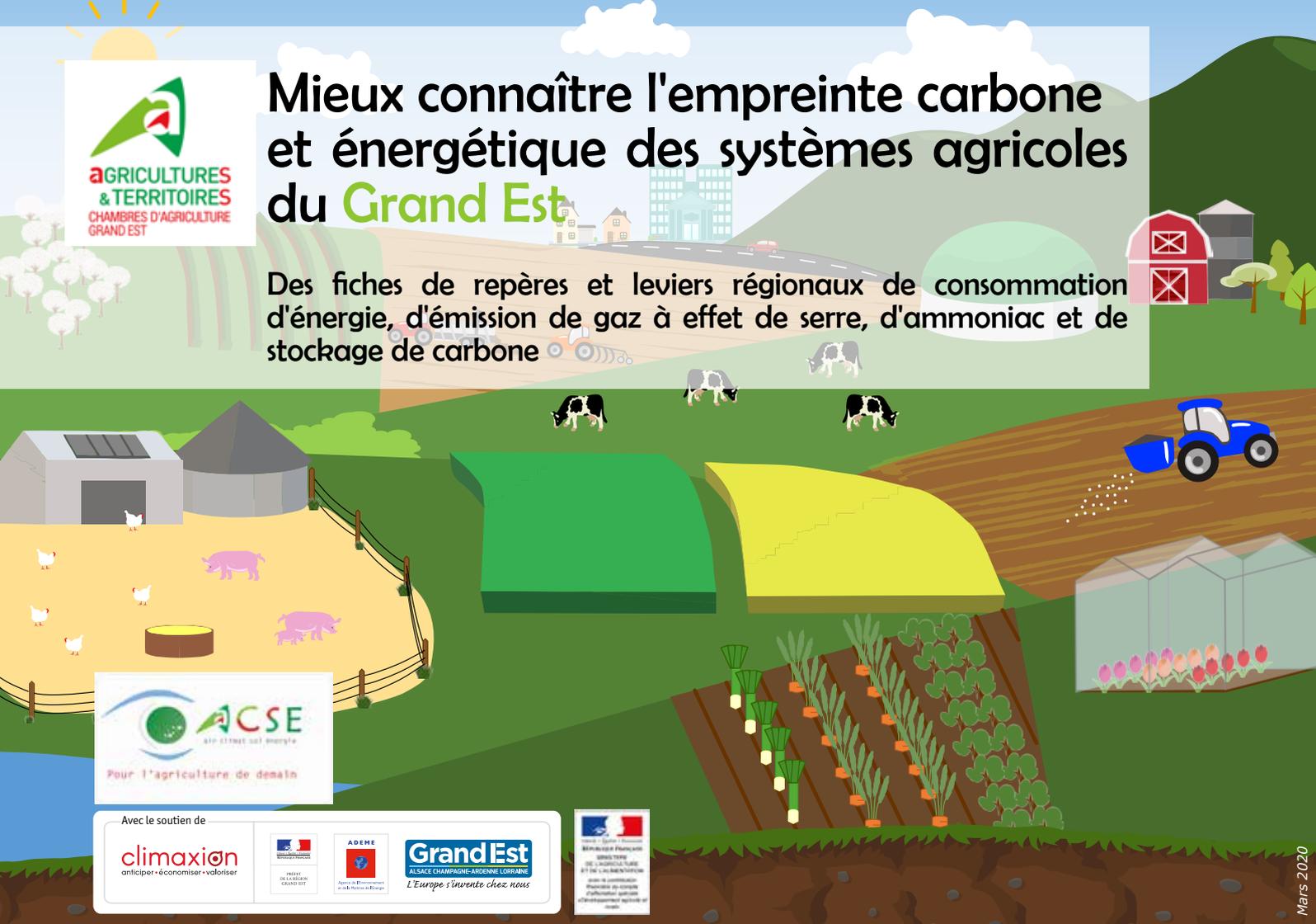




Mieux connaître l'empreinte carbone et énergétique des systèmes agricoles du Grand Est

Des fiches de repères et leviers régionaux de consommation d'énergie, d'émission de gaz à effet de serre, d'ammoniac et de stockage de carbone



Avec le soutien de

climaxion
anticiper • économiser • valoriser



Grand Est
ALICE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE
L'Europe s'invente chez nous



Edito par Laurent ROUYER

Membre du bureau de la Chambre régionale d'agriculture Grand Est, élu référent du programme ACSE, Président de la Chambre d'agriculture de Meurthe-et-Moselle



Le dérèglement climatique est désormais une réalité palpable et inquiétante en particulier pour l'agriculture qui en a subi gravement les conséquences. Mais l'agriculture, comme tous les secteurs d'activité, consomme de l'énergie et produit des gaz à effet de serre.

Quelle est sa part de contribution ?

Conscientes de ces forts enjeux, les Chambres d'agriculture du Grand Est se sont emparées de ces problématiques en construisant le programme ACSE (Air, Climat, Sol, Énergie) avec le soutien de l'ADEME et de la Région Grand Est. Ce programme vise à approfondir et diffuser les connaissances auprès des agriculteurs et de leurs conseillers.

Issu du programme ACSE, ce fascicule vous apporte

les repères nécessaires à la compréhension des phénomènes et permet à chacun de se situer par rapport aux autres exploitations du Grand Est. Il propose aussi des solutions permettant de limiter la consommation énergétique et la production de gaz à effet de serre des exploitations.

Bonne lecture,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'L. Rouyer', written in a cursive style.

Sommaire

Introduction	8
<i>Consommations d'énergie : de quelle énergie s'agit-il ?</i>	9
<i>Émissions de gaz à effet de serre : de quels gaz et quelles sources s'agit-il ?</i>	10
<i>Stockage de carbone</i>	11
<i>Qualité de l'air</i>	11
<i>Source de données : les diagnostics Dia'terre® du Grand Est</i>	12
Méthodologie utilisée	13
<i>Repères</i>	13
<i>Leviers</i>	15
Abréviations	16
Tarifs de référence utilisés pour le calcul des leviers	17
Typologie des exploitations agricoles Grand Est	18
Remarques	19
BOVIN LAIT	20
<i>Repères</i>	22
Bovin lait bio	24
Bovin lait spécialisé herbager	28
Bovin lait spécialisé mixte herbager-maïs	30
Bovin lait spécialisé maïs	32
Bovin lait culture herbager	36
Bovin lait culture mixte herbager-maïs	38
Bovin lait culture maïs	40
L'essentiel bovin lait bio	42
L'essentiel bovin lait spécialisé	43
L'essentiel bovin lait culture	44

<i>Leviers</i>	46
Carburant	47
Alimentation	64
Bloc traite	76
Fertilisation azotée	85

BOVIN VIANDE

<i>Repères</i>	102
Bovin viande spécialisé	104
Bovin viande culture	106
L'essentiel bovin viande	108
<i>Leviers</i>	110
Carburant	111
Alimentation	122
Fertilisation azotée	128

GRANDES CULTURES

<i>Repères</i>	144
Céréales et oléoprotéagineux	146
Grandes cultures avec cultures industrielles/spéciales irriguées	148
Grandes cultures avec cultures industrielles/spéciales non irriguées	150
L'essentiel grandes cultures	152
<i>Leviers</i>	154
Carburant	155
Fertilisation azotée	166
Irrigation	189
Sécher le maïs grain en cribs	200

MARAÎCHAGE	202
<i>Repères</i>	<i>204</i>
Maraîchage/horticulture serres non chauffées	206
Maraîchage/horticulture serres chauffées	208
L'essentiel maraîchage	210
<i>Leviers</i>	<i>212</i>
Chauffage des serres	213
Stockage froid	231
Fertilisation azotée	249
MONOGASTRIQUES	260
<i>Repères</i>	<i>262</i>
Volailles chair standard	264
Volailles chair label rouge	266
Poules pondeuses	268
Porcs naisseur-engraisseur	270
L'essentiel de l'élevage monogastrique	272
<i>Leviers</i>	<i>275</i>
Chauffage des bâtiments	277
Alimentation	288



Repères Air Climat Sol Énergie des systèmes agricoles du Grand Est



La raréfaction des ressources énergétiques fossiles, la dépendance aux variations du coût des énergies et la lutte face au changement climatique nécessitent d'analyser précisément les différents postes consommateurs d'énergie et les sources d'émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les exploitations agricoles, afin de mieux les maîtriser.

Pour les exploitations agricoles, l'enjeu est à la fois **économique** afin d'acquérir une plus grande autonomie énergétique et une indépendance face à la volatilité des prix des intrants, et **environnemental** en contribuant à l'atténuation du changement climatique et à l'amélioration de la qualité de l'air et du sol.

Les fiches présentées ici ont pour objectif de fournir des repères, pour les différents systèmes agricoles représentés dans le Grand Est, en termes de **consommations énergétiques** et **d'émissions de GES**. Des notions sur la qualité de l'air et des sols sont également prises en compte en considérant les **émissions d'ammoniac** (NH₃) et le **stockage de carbone** (C) organique (pour les systèmes avec prairies).

Des leviers techniques d'atténuation de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont également identifiés pour compléter utilement ce travail.

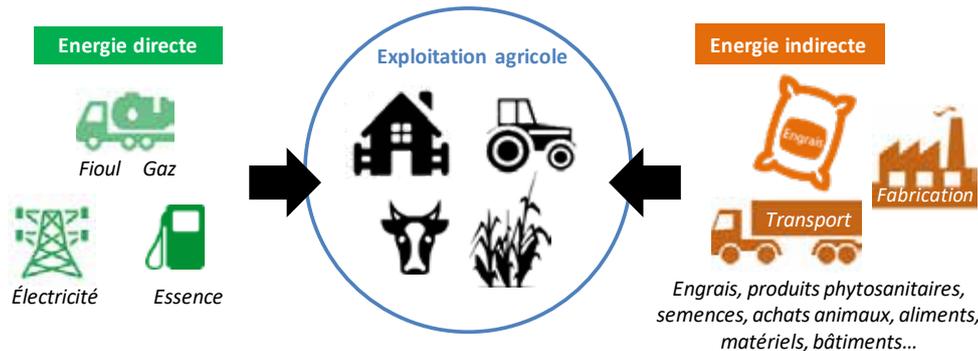


CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE : DE QUELLE ÉNERGIE S'AGIT-IL ?

Les consommations énergétiques d'une exploitation agricole comprennent l'**énergie directe** et l'**énergie indirecte**.

L'**énergie directe** regroupe toutes les sources d'énergie directement utilisées sur l'exploitation (carburant, électricité,...).

L'**énergie indirecte** représente l'ensemble des énergies mobilisées en amont de l'activité agricole, pour fabriquer et transporter les intrants.



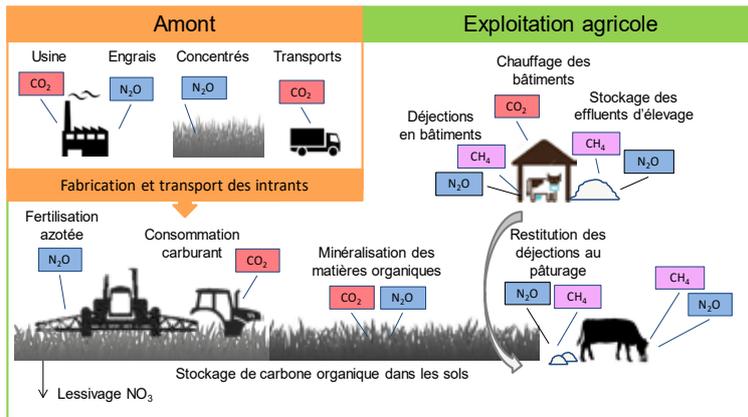
Toute source d'énergie possède un potentiel énergétique avant transformation et acheminement appelé **énergie primaire**. Après ces étapes, ce potentiel énergétique est réduit : on parle d'énergie finale. Dans ce document, les consommations sont exprimées en énergie primaire : 1 L de GNR (Gazole Non Routier) domestique = 45,6 MJ d'énergie primaire = 35,5 MJ d'énergie finale.

Les consommations d'énergie sont exprimées en **joule (J) et ses multiples, comme le mégajoule** (1 MJ = 1 million de joules) et le **gigajoule** (1 GJ = 1 milliard de joules). Ces consommations d'énergie primaire peuvent être converties en EQF (**Equivalent litre de GNR** qui correspond à l'énergie primaire contenue dans un litre de GNR) avec 1 GJ = 27,93 EQF ou en tep (**tonne équivalent pétrole** qui correspond à l'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole) avec 1 GJ = 0,0238 tep.

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE : DE QUELS GAZ ET QUELLES SOURCES S'AGIT-IL ?

Présents naturellement dans l'atmosphère, les GES absorbent la plus grande partie du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface terrestre et maintiennent ainsi les conditions de température nécessaires à la vie. Depuis l'ère industrielle, le phénomène naturel de l'effet de serre est amplifié par les activités humaines qui émettent trois principaux GES dans l'atmosphère : **le dioxyde de carbone (CO₂)**, **le méthane (CH₄)** et **le protoxyde d'azote (N₂O)**.

L'augmentation rapide et importante des concentrations atmosphériques de ces GES est à l'origine des changements climatiques récents. Deux niveaux d'émissions des GES peuvent être considérés en agriculture : les **émissions indirectes** issues de la production et du transport des intrants utilisés sur l'exploitation et les **émissions directes** sur l'exploitation.



GES	PRG à 100 ans (éq. CO ₂)	Durée de vie
CO ₂	1	100
CH ₄	25	12
N ₂ O	298	120

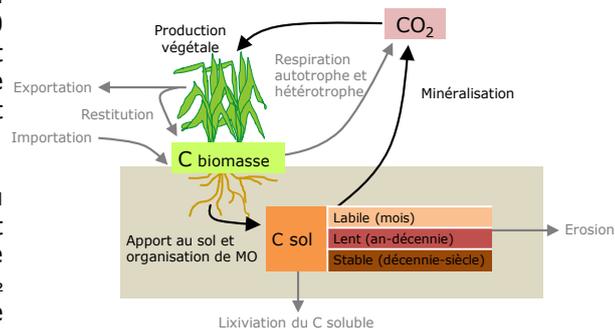
Comment comparer les émissions entre GES ?

Les gaz à effet de serre n'ont pas un **pouvoir de réchauffement global (PRG)** identique et sont ainsi convertis en équivalent CO₂, gaz de référence, pour les comparer. Sur 100 ans, l'émission dans l'atmosphère d'1 kg de CH₄ a le même effet sur le climat que celle de 28 kg de CO₂, et l'émission de 1 kg de N₂O a le même effet que celle de 265 kg de CO₂ (IPCC, 2007).

STOCKAGE DE CARBONE

Les matières organiques (MO) des sols constituent le réservoir de carbone (C) organique le plus important, après les océans. En France, 3 à 4 milliards de tonnes de C sont stockées dans les 30 premiers centimètres des sols. Le potentiel de stockage en C, c'est la quantité maximale de C atteignable dans un sol, pendant une durée, un usage et un mode de gestion donnés. Il dépend du climat et du type de sol.

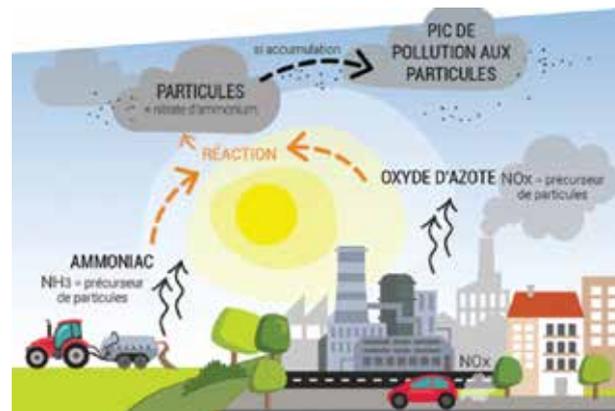
Les sols agricoles jouent un rôle essentiel dans la régulation du cycle du carbone et du climat. Les pratiques agricoles peuvent favoriser (ou non) le stockage de matières organiques, et donc de carbone, ou augmenter les pertes de carbone *via* des flux de CO₂ dans l'atmosphère. L'enjeu est de préserver les stocks de carbone des sols et, si possible, de les accroître par la promotion de pratiques agricoles adaptées.



D'après Chenu et al., 2014

QUALITE DE L'AIR

La qualité de l'air concerne tous les secteurs d'activité, et parmi eux, l'agriculture. Ici, ce sont les émissions d'ammoniac (NH₃) qui sont intégrées dans ces références. Ce composé gazeux azoté est estimé être issu à 95 % des activités agricoles (ATMO Grand Est - Invent'Air V2018). Il arrive que l'ammoniac réagisse avec d'autres polluants de l'air émis par d'autres sources d'activité (trafic routier, industrie) pour former des particules fines. Avec des conditions météorologiques stables (températures douces, peu de vent), ce phénomène peut former un pic de pollution. Les particules dans l'air s'accroissent et les concentrations sont élevées sur une courte durée.

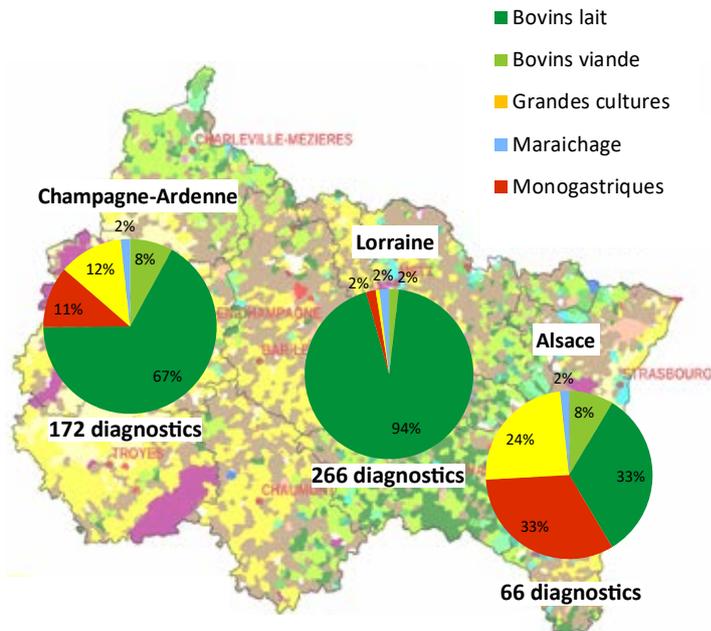


PROSP'AIR-ADEME, CRA GE, 2018

SOURCE DE DONNÉES : LES DIAGNOSTICS DIA'TERRE® DU GRAND EST

Outil de diagnostic élaboré par l'ADEME, **Dia'terre®** évalue les consommations d'énergie et les émissions de GES, le stockage de C lié aux prairies et les émissions de NH₃ à l'échelle de l'exploitation agricole. Le diagnostic est réalisé sur une campagne culturale (ou année) et concerne l'ensemble des productions de l'exploitation agricole.

504 diagnostics Dia'terre® établis entre 2008 et 2018 et répartis sur le territoire Grand Est ont été pris en compte et classés selon une typologie des systèmes d'exploitation. Pour la plupart, ces diagnostics ont été réalisés sur des exploitations ayant des investissements éligibles dans le Plan de Performance Energétique (PPE) pour l'agriculture, ce qui explique que les exploitations laitières soient fortement représentées. Pour certaines exploitations, les données proviennent de diagnostics PLANETE ou du réseau DEPHY Ferme, mais tous les résultats ont été calculés avec l'outil Dia'terre® afin d'homogénéiser la méthode de calcul des différents repères.



Répartition des diagnostics dans le Grand Est selon les grands types d'exploitation

Attention : l'outil Dia'terre® n'est aujourd'hui plus mis à jour par l'ADEME.

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

REPÈRES

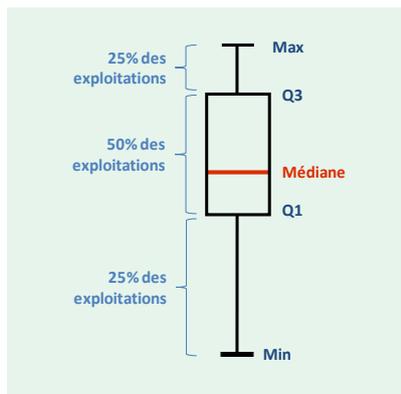
Les repères énergie, GES, stockage de C et émissions de NH_3 sont donnés :

- de manière détaillée dans **18 fiches par type d'exploitation agricole** du Grand Est selon la typologie (cf page 18) ;
- de manière synthétique dans **5 fiches par grand type de système** (bovin lait, bovin viande, grandes cultures, maraîchage et monogastrique) avec l'essentiel pour connaître et comprendre les résultats.

ÉNERGIE

Les consommations d'énergie sont exprimées en **GJ** ou **MJ** et rapportées à l'unité fonctionnelle (UF) adaptée au type de système (exemple : 1000 litres de lait produits, 100 kilogrammes de viande vive produite, quintal, etc) ainsi qu'en GJ/ha pour tous les systèmes (excepté en élevage monogastrique). Les consommations d'énergie directe et indirecte sont présentées sous forme de boîtes à moustaches et détaillées par poste avec la médiane, le quartile inférieur (Q1) et le quartile supérieur (Q3).

Boîte à moustache



QUALITÉ DE L'AIR

La **volatilisation potentielle médiane de NH_3** est exprimée en **kg de NH_3** rapportée à l'unité fonctionnelle adaptée au type de système. Elle est calculée par Dia'terre® à partir des cinq postes suivants : fertilisation minérale, déjections animales en bâtiment, épandages des effluents d'élevages et MO achetées et pâturage. Les émissions d'ammoniac sont présentées sous forme de boîtes à moustaches.

GAZ À EFFET DE SERRE

Pour chaque type d'exploitation, la médiane des **émissions totales de GES** (directes et indirectes) est exprimée en **tonne équivalent CO₂** (t éq. CO₂) ou kg éq. CO₂, rapportée à l'unité fonctionnelle adaptée au système.

Chaque source d'émission est présentée en pourcentage des émissions totales à partir des valeurs médianes dans un diagramme en secteurs.

Les sources d'émission suivantes sont prises en compte :

- CO₂ émis lors de la fabrication et du transport des intrants, du matériel et des bâtiments
- CO₂ liés à la consommation d'énergie directe
- CH₄ et N₂O émis *via* la gestion des déjections : facteurs d'émission en fonction de la quantité et du type de déjection produite sur la ferme, et en fonction du type de système de gestion et de stockage des déjections
- CH₄ émis *via* la fermentation entérique
- N₂O issus des sols agricoles : liés aux épandages d'engrais et de matières organiques, aux résidus de cultures, aux déjections au pâturage, et plus indirectement aux nitrates ruisselés ou lessivés et à l'ammoniac volatilisé.

STOCKAGE DE CARBONE

Seul **le stockage de carbone lié aux prairies** est présenté en élevage (sauf monogastrique). Le stockage ou déstockage lié aux changements d'usage des parcelles (exemple: retournement de prairie), aux surfaces boisées et haies, aux autres cultures et couverts d'intercultures n'est pas pris en compte. Le stockage de carbone médian, comptabilisé sur la surface totale de l'exploitation, est exprimé en **tC/ha/an** et peut être converti en téq CO₂/ha/an sachant qu'une tonne de carbone stockée équivaut à 3,66 t CO₂ captées.

En grandes cultures, des repères de stockage de carbone sont précisés pour certaines cultures, notamment à l'aide de Simeos-AMG (Agro-transfert RT - INRA de Laon). Cet outil simule le stockage de carbone du sol et se base sur le modèle de calcul de bilan humique à long terme AMG de l'INRA de Laon.

LEVIERS



Des exemples de leviers d'action permettant d'améliorer le bilan énergie et GES des exploitations sont chiffrés à la suite des fiches repères par **type de système** (bovin lait, bovin viande, grandes cultures, maraîchage et monogastriques). Pour chaque levier, les économies annuelles en intrants (engrais, aliments, GNR, gaz naturel, etc.) sont estimées à partir de la bibliographie par rapport à une situation de référence. À partir de ces quantités d'intrants économisés, les économies d'énergie et les émissions de GES évitées annuellement sont calculées à partir des coefficients utilisés dans la dernière version de Dia'terre®. Certains de ces coefficients sont présentés dans les fiches repères bilan. Les gains (exprimés par des chiffres positifs) et pertes (exprimées par des chiffres négatifs) économiques sont calculés à partir des économies d'intrants estimées. Lorsque c'est possible et pertinent, les économies d'énergie et de GES chiffrées sont ensuite exprimées en pourcentage par rapport aux consommations et émissions médianes totales des types d'exploitations concernées.



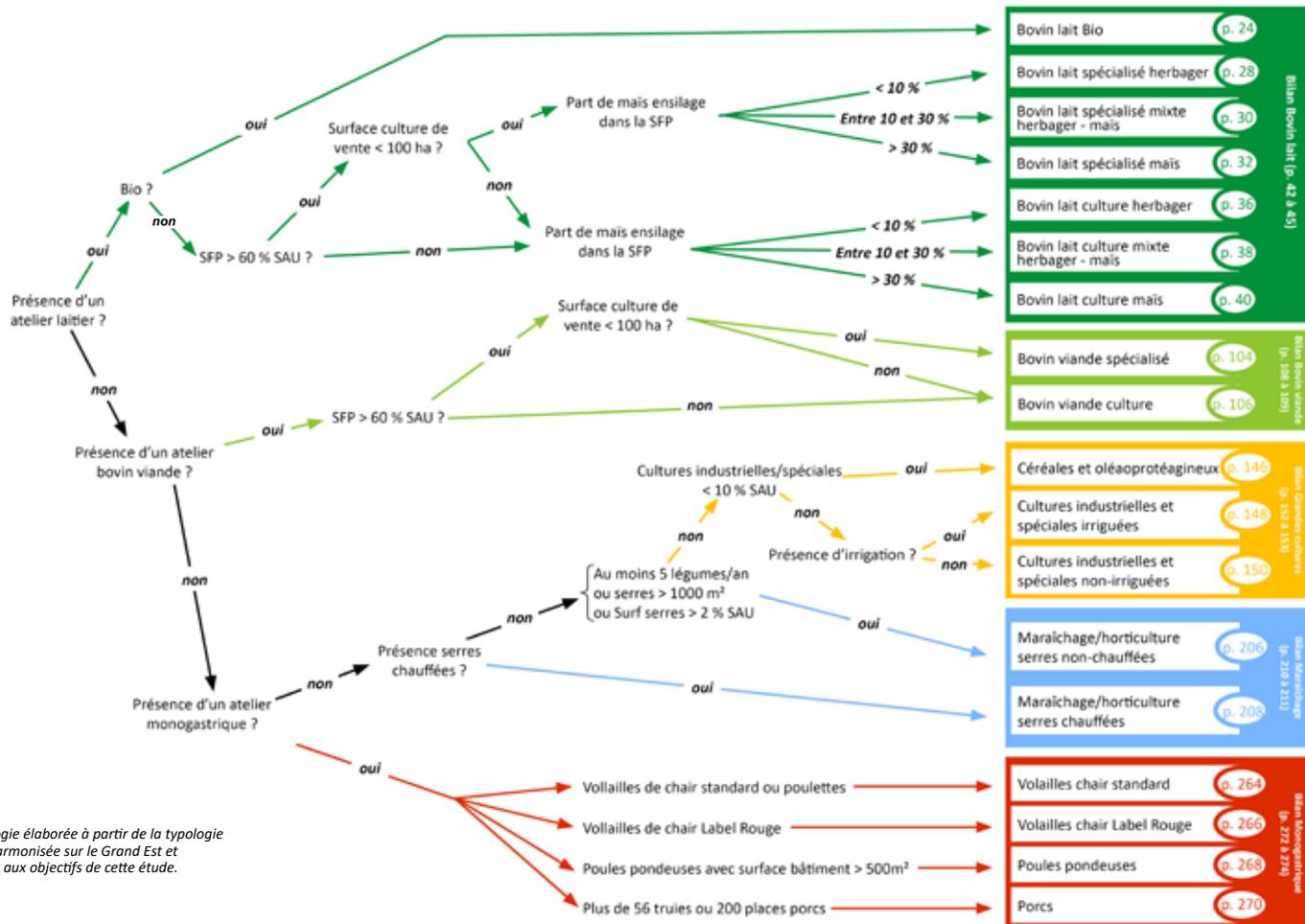
ABRÉVIATIONS

BP	Basse pression	N ₂ O	Protoxyde d'azote
C	Carbone	NH ₃	Ammoniac
CESAM 88	Cercle d'échanges de services agricoles et matériels des Vosges	PAC	Pompe à chaleur
CH ₄	Méthane	PE	Polyéthylène
CO ₂	Dioxyde de carbone	PN	Prairies naturelles
COP	Céréales et oléoprotéagineux	PRG	Pouvoir de Réchauffement Global
CTIFL	Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes	PS	Post-sevrage
DAC	Distributeur automatique des concentrés	PT	Prairies temporaires
EQF	Equivalent litre de GNR	q	Quintal
GES	Gaz à Effet de Serre	Q1	1 ^{er} quartile
GJ	Gigajoule	Q3	3 ^{ème} quartile
GNR	Gazole Non Routier	RTK	Cinématique temps réel (real time kinematic en anglais)
IC	Indice de consommation	SAU	Surface Agricole Utile
ITK	Itinéraire technique	SFP	Surface Fourragère Principale
kg éq. CO ₂	Kilogramme équivalent CO ₂	t éq. CO ₂	Tonne équivalent CO ₂
kWc	Kilowatt-crête	TCS	Techniques culturales simplifiées
MAEC	Mesures agro-environnementales et climatiques	tMB	Tonne de matière brute
Méd.	Médiane	tMS	Tonne de matière sèche
MJ	Mégajoule	UF	Unité fonctionnelle
MO	Matière Organique	UGB	Unité gros bétail
MWh	Méga watt heure	uN	Unité d'azote
N	Azote	VA	Vache allaitante
NC	Non communiqué	VL	Vache laitière
		V.V	Viande vive

TARIFS DE RÉFÉRENCE UTILISÉS POUR LE CALCUL DES LEVIERS

Intrant	Prix	Source
1 unité d'azote	0,87 €/uN	Données gestion de parcelle des départements 54, 55 et 57 de 2013 à 2016
- urée	0,84 €/uN	
- solution azotée	0,76 €/uN	
- ammonitrate	1,02 €/uN	
1 L de GNR	0,7 €	Prix moyen annuel du GNR sur 8 ans issu des ventes en groupement d'achat du cercle d'échanges CESAM 88
1 kWh d'électricité	0,1 €	Moyenne factures agriculteurs de diagnostics réalisés dans les Vosges
1MWh de gaz naturel	63 €	Planète Légumes
1 t MB de méteil ensilage	20 à 30 €	CDA Nord (méteil au silo à 30 % de MS)
1 t de foin	120 €	Référentiel économique conjoncture 2017 Vosges
1 t aliment VL18	300 €	
1 t de céréales	150 €	
1 t de tourteau de soja	390 €	
1 t de tourteau de colza	260 €	

TYPLOGIE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES GRAND EST*

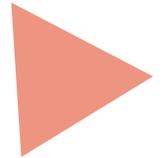


* Typologie élaborée à partir de la typologie IDELE harmonisée sur le Grand Est et adaptée aux objectifs de cette étude.

REMARQUES



Les surfaces en "cultures industrielles et/ou spéciales" incluent les légumes de plein champ. Elles peuvent comprendre les cultures suivantes : ail, artichaut, asperge, betterave rouge, betterave sucrière, carotte, céleri branche, céleri rave, chou pommé, chou-fleur, échalote, endive, épinard, féverole, flageolet, haricot vert, laitue, lentille, lin (fibres et oléagineux), lupin, navet potager, oignon, persil, poireau, pois, pomme de terre, radis, tabac, chanvre, miscanthus et houblon.



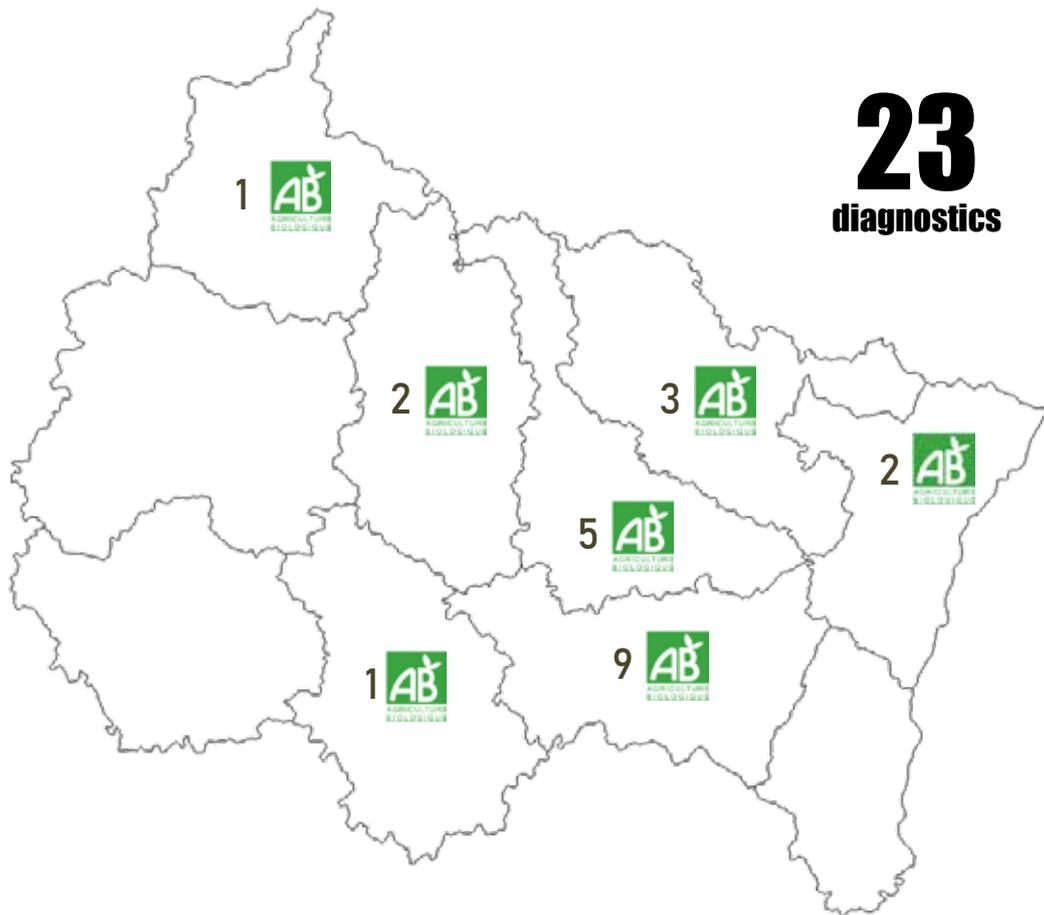
A herd of black and white cows is grazing in a lush green field. The cows are scattered across the frame, with some in the foreground and others in the background. The field is filled with tall grass, and the overall scene is bright and sunny. A semi-transparent green banner is overlaid across the middle of the image, containing the text "Bovin lait" in white, bold, sans-serif font.

Bovin lait



Repères

RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS BOVIN LAIT BIO DANS LE GRAND EST





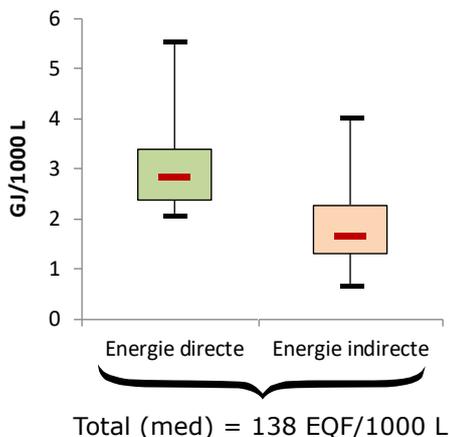
Critères

- Atelier lait en agriculture biologique
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

Exploitation médiane

- 157 ha dont 125 ha en SFP avec 120 ha en herbe
- 121 UGB bovin lait dont 71 vaches laitières
- Productions annuelles : 432 230 litres lait et 786 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		GJ/1000L			GJ/ha/an		
Poste		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,4	1,7	1,9	3,4	4	4,8
	Electricité	0,7	0,7	1,1	1,5	1,7	2,6
INDIRECTE	Achats aliments	0,1	0,6	0,9	0,2	1,5	2
	Bâtiments	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	0,7
	Matériels	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	1,2
	Autres intrants (produits vétérinaires, bâches, ficelles...)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9
Total		4	4,9	5,4	8,5	11,2	13,6

La consommation d'énergie directe est plus importante que la consommation d'énergie indirecte. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les aliments achetés pour l'énergie indirecte. Les variations de consommation d'énergie indirecte peuvent notamment s'expliquer par la part des achats d'aliments différents selon les objectifs de production des exploitations diagnostiquées.

EMISSIONS BRUTES DE GES

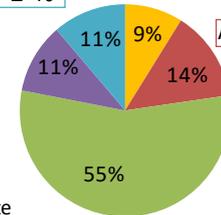
Médiane des émissions : **1,6 t éq. CO₂/1000 L**
 ou **3,7 t éq. CO₂/ha/an**
 50 % émettent entre 1,2 et 1,8 t éq. CO₂/1000 L

Plus de la moitié des émissions de GES proviennent de la fermentation entérique dans les systèmes laitiers bio. Cependant les émissions de GES sont bien inférieures à celles des systèmes conventionnels herbagers, du fait de l'absence d'émissions dues aux engrais minéraux et de faibles émissions liées aux achats d'aliments (4%).

Epandage effluents : 3 %
 Résidus de culture : 2 %

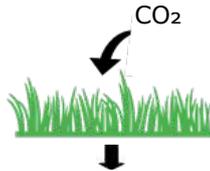
GNR : 8 %

Aliments : 4 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

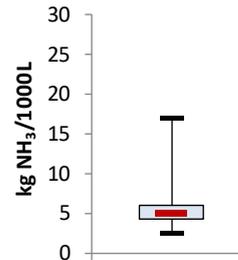
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,2 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **20 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,18 et 0,26 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions :
5,1 kg de NH₃/1000L
 ou **11,5 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 4,3 et 6,0 kg NH₃/1000 L

Le NH₃ provient quasi exclusivement de la gestion de la matière organique.

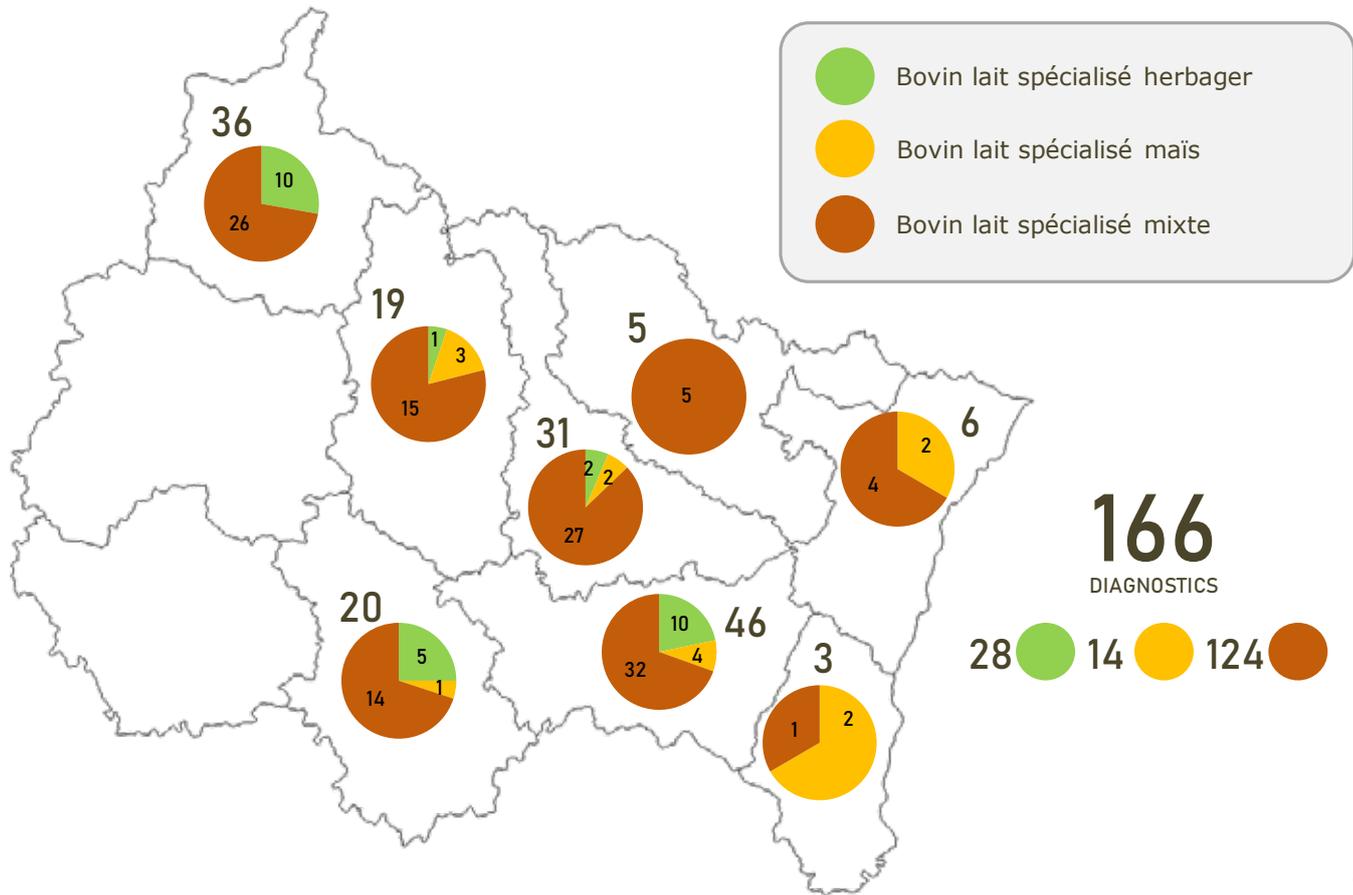


Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Carburant, Bloc traite et Alimentation



RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS BOVIN LAIT SPÉCIALISÉ DANS LE GRAND EST



BOVIN LAIT SPÉCIALISÉ HERBAGER



28 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2016

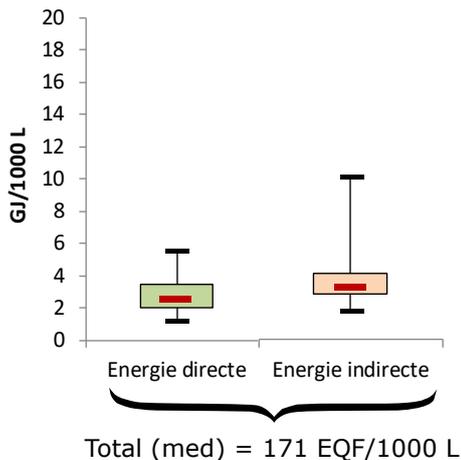
« Critères »

- Maïs ensilage représente moins de 10 % de la SFP
- SFP supérieure à 60 % de la SAU et surface cultures inférieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

« Exploitation médiane »

- 172 ha dont 148 ha en SFP avec 142 ha en herbe
- 117 UGB bovin lait dont 64 vaches laitières
- 29 UGB bovin viande
- Productions annuelles : 431 337 litres lait et 1003 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

« CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE »



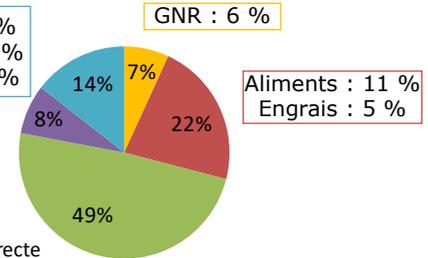
		GJ/1000L			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,2	1,5	2,0	3,2	3,7	5,0
	Electricité	0,7	0,8	1,0	1,4	2,1	2,6
INDIRECTE	Achats aliments	0,8	1,1	1,8	1,9	2,9	4,2
	Engrais	0,4	0,9	1,5	1,1	2,3	3,2
	Matériels	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,1
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,6	0,9	1,3	1,6	2,1	2,8
Total		4,8	6,1	7,2	12,5	14,8	16,5

La consommation d'énergie indirecte est légèrement plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe, les aliments achetés et les engrais pour l'énergie indirecte. La construction des bâtiments et les autres intrants de type produits vétérinaires ont également un poids important sur la consommation d'énergie indirecte.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **1,8 t éq. CO₂/1000 L**
ou 4,6 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,4 et 2,4 t éq. CO₂/1000 L

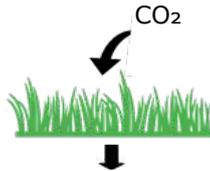
Epandage engrais : 4 %
Epandage effluents : 3 %
Résidus de culture : 2 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

La moitié des émissions est issue de la fermentation entérique dans les systèmes laitiers spécialisés herbagers. Les postes secondaires correspondent aux aliments achetés puis aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 9 % des émissions totales.

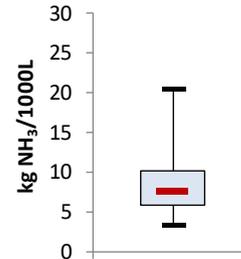
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,17 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **14 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,16 et 0,20 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **7,6 kg de NH₃/1000 L**
ou **19 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 5,9 et 10,2 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la fertilisation minérale et de la gestion de la matière organique



Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

BOVIN LAIT SPÉCIALISÉ MIXTE HERBAGER-MAÏS



124 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2017

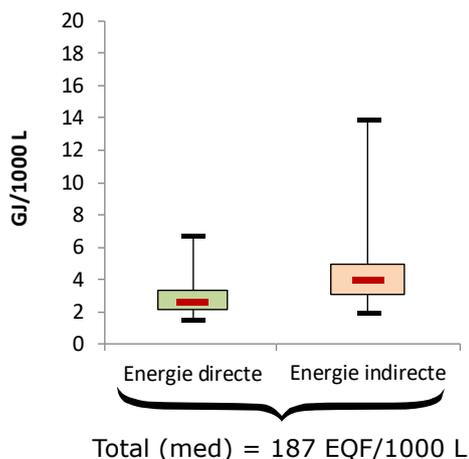
Critères

- Maïs ensilage représente entre 10 % et 30 % de la SFP
- SFP supérieure à 60 % de la SAU et surface cultures inférieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

Exploitation médiane

- 156 ha dont 125 ha en SFP avec 101 ha en herbe
- 123 UGB bovin lait dont 63 vaches laitières
- 23 UGB bovin viande
- Productions annuelles : 489 010 litres lait et 2261 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		GJ/1000L			GJ/ha/an		
Poste		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,3	1,8	2,3	4,4	5,0	6,1
	Electricité	0,6	0,7	0,9	1,6	2,1	2,7
INDIRECTE	Achats aliments	0,9	1,3	1,7	2,8	3,9	5,4
	Engrais	0,9	1,2	1,8	2,8	3,8	4,8
	Matériels	0,3	0,3	0,4	0,7	1,0	1,2
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,6	0,9	1,2	1,9	2,7	3,4
Total		5,4	6,7	8,1	16,9	19,0	23,0

La consommation d'énergie indirecte est plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe, les aliments achetés et les engrais pour l'énergie indirecte.

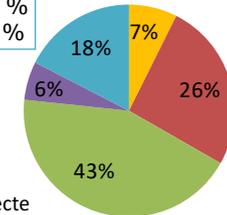
EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **1,9 t éq. CO₂/1000 L**
ou 5,5 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,5 et 2,3 t éq. CO₂/1000 L

La majeure partie des émissions est issue de la fermentation entérique dans les systèmes laitiers spécialisés mixtes herbagers-maïs. Les postes secondaires correspondent aux aliments achetés puis aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 12 % des émissions totales.

Epandage engrais : 5 %
Epandage effluents : 3 %
Résidus de culture : 3 %

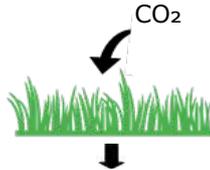
GNR : 7 %



Aliments : 12 %
Engrais : 7 %

- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

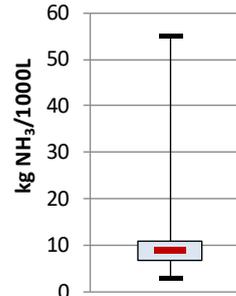
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,13 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **9 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,11 et 0,16 tC/ha/an

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **9 kg de NH₃/1000 L**
ou **26 kg de NH₃/ha/an**
50 % des exploitations émettent entre 6,7 et 10,8 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la fertilisation minérale et de la gestion de la matière organique.



Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Carburant, Alimentation et Fertilisation azotée

BOVIN LAIT SPÉCIALISÉ MAÏS



14 DIAGNOSTICS
de 2010 à 2016

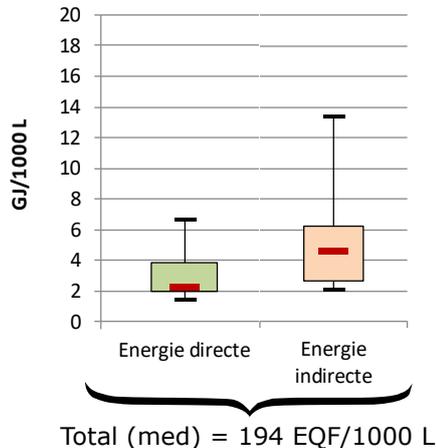
« Critères »

- Maïs ensilage représente plus de 30 % de la SFP
- SFP supérieure à 60 % de la SAU et surface cultures inférieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

« Exploitation médiane »

- 141 ha dont 94 ha en SFP avec 59 ha en herbe
- 136 UGB bovin lait dont 65 vaches laitières
- Productions annuelles : 531 577 litres lait et 2511 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

« CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE »



		GJ/1000L			GJ/ha/an		
Poste		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,0	1,4	2,7	6,5	7,0	8,6
	Electricité	0,5	0,8	1,1	2,6	3,5	5,7
INDIRECTE	Achats aliments	1,2	1,9	3,1	5,7	10,2	12,0
	Engrais	0,6	0,7	1,5	3,4	4,5	5,3
	Matériels	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,7	1,1	1,9	3,1	5,1	9,0
Total		4,8	6,9	10,9	26,6	34,8	41,4

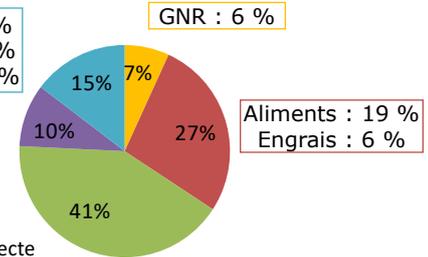
La consommation d'énergie indirecte est deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les aliments achetés pour l'énergie indirecte. La forte variabilité de la consommation d'énergie indirecte suppose que des marges de progrès potentiellement importantes existent pour réduire cette consommation. Les autres intrants de type produits vétérinaires et construction des bâtiments ont également un poids important sur la consommation d'énergie indirecte.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **1,6 t éq. CO₂/1000 L**
ou 9,2 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,3 et 3,2 t éq. CO₂/1000 L

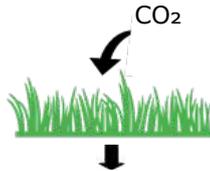
La majeure partie des émissions est issue de la fermentation entérique dans les systèmes laitiers spécialisés maïs. Les postes secondaires correspondent aux achats d'aliments, puis aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 10 % des émissions totales.

Epandage engrais : 4 %
Résidus de culture : 4 %
Epandage effluents : 3 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

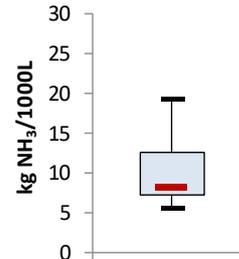
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,1 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **4 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,08 et 0,12 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **8,3 kg de NH₃/1000 L**
ou **41 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 7,2 et 12,7 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.

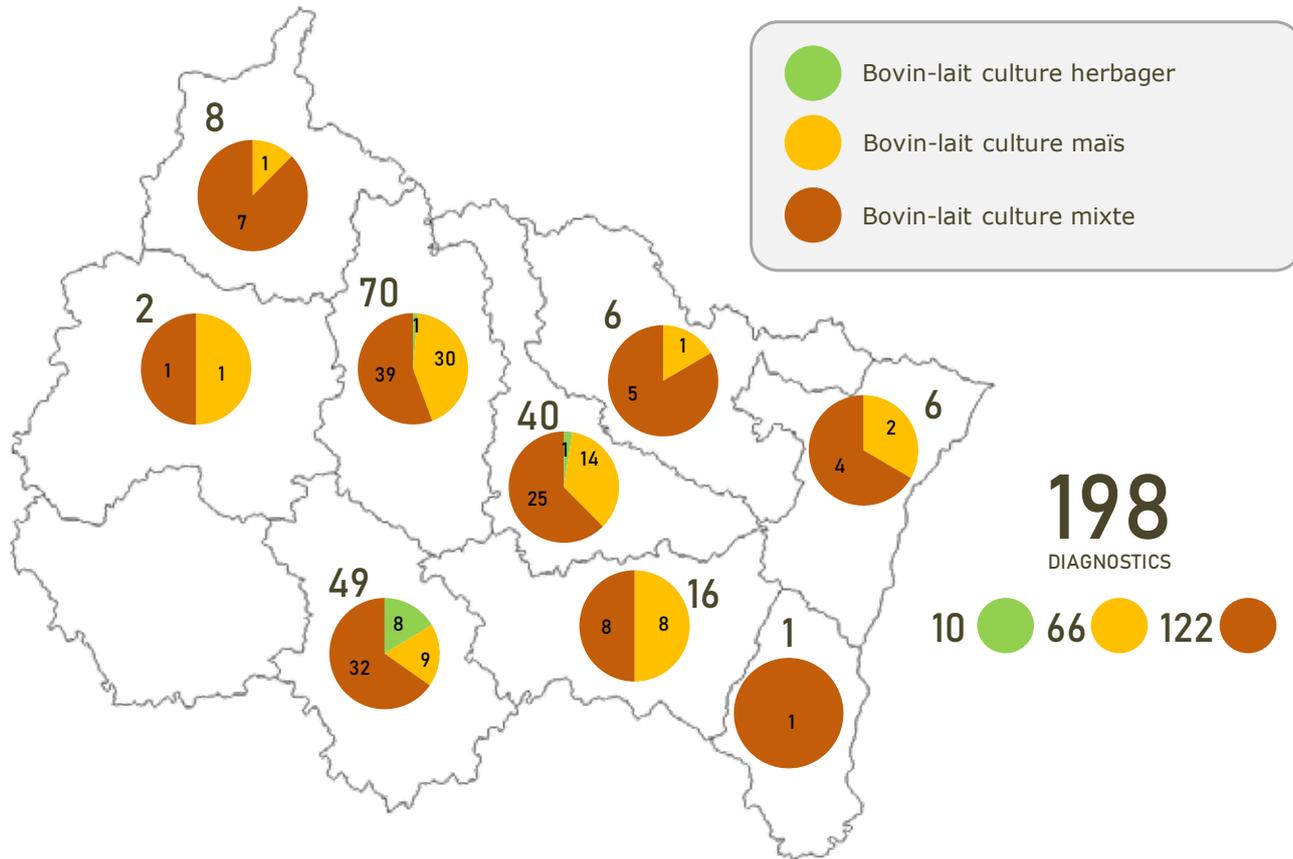


Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Alimentation, Carburant et Fertilisation azotée



RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS BOVIN LAIT CULTURE DANS LE GRAND EST



BOVIN LAIT CULTURE HERBAGER



10 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2011

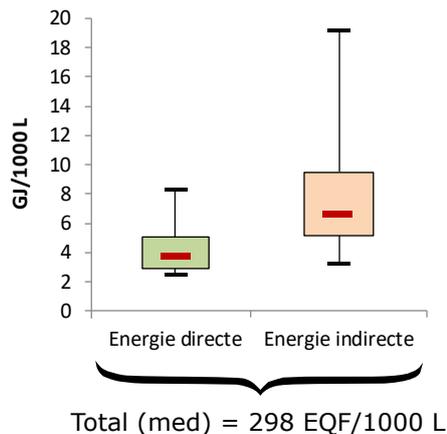
Critères

- Maïs ensilage représente moins de 10 % de la SFP
- SFP supérieure à 60 % de la SAU ou surface cultures supérieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

Exploitation médiane

- 281 ha dont 114 ha en SFP avec 114 ha en herbe
- 91 UGB bovin lait dont 56 vaches laitières
- 31 UGB bovin viande
- Productions annuelles : 381 635 litres lait et 7409 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



	Poste	GJ/1000L			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	2,0	2,7	3,4	3,9	4,1	4,3
	Electricité	0,7	0,8	1,1	0,9	1,4	2,0
INDIRECTE	Achats aliments	0,8	1,1	2,1	1,6	1,9	2,8
	Engrais	2,7	3,6	6,0	4,7	6,0	6,8
	Matériels	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,8	1,1	1,4	1,4	1,5	1,7
Total		8,0	10,7	15,0	14,7	16,8	18,6

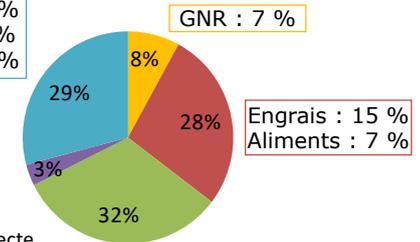
La consommation d'énergie indirecte est plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte. La forte variabilité de la consommation d'énergie indirecte est due à la part d'engrais variable selon les différences de production de cultures entre les exploitations. En exprimant cette consommation par quintal produit, la médiane est de 0,1 GJ/q avec 50 % des exploitations qui consomment entre 0,08 et 0,12 GJ/q.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **2,7 t éq. CO₂/1000 L**
ou 3,8 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,7 et 3,1 t éq. CO₂/1000 L

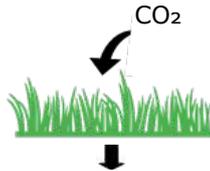
Un tiers des émissions sont issues de la fermentation entérique dans les systèmes lait-culture herbager. Le poste secondaire correspond aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 26 % des émissions totales.

Epandage engrais : 12 %
Résidus de culture : 6 %
Epandage effluents : 2 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

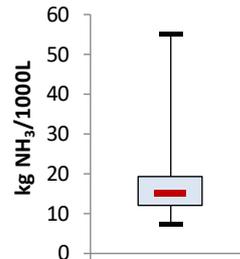
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,12 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **12 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,11 et 0,14 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **15 kg de NH₃/1000 L**
soit **21 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 11,9 et 19,4 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.



Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Fertilisation azotée, Carburant et Alimentation

BOVIN LAIT CULTURE MIXTE HERBAGER-MAÏS



122 DIAGNOSTICS
de 2007 à 2017

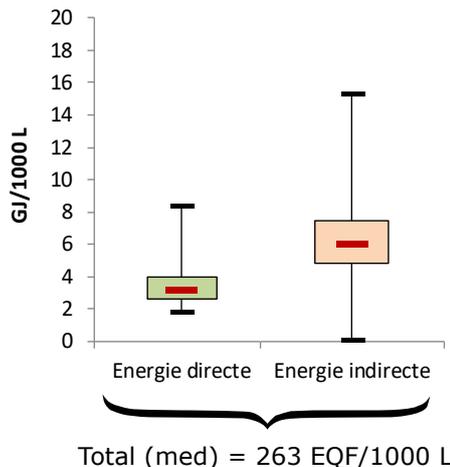
Critères

- Maïs ensilage représente plus de 10 % et 30 % de la SFP
- SFP inférieure à 60 % de la SAU ou surface cultures supérieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

Exploitation médiane

- 276 ha dont 121 ha en SFP avec 97 ha en herbe
- 122 UGB bovin lait dont 71 vaches laitières
- 17 UGB bovin viande
- Productions annuelles : 564 636 litres lait et 7884 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		GJ/1000L			GJ/ha/an		
Poste		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,8	2,4	2,9	4,2	5,0	5,8
	Electricité	0,6	0,7	0,9	1,1	1,5	2,0
INDIRECTE	Achats aliments	0,9	1,3	1,9	1,8	2,8	4,2
	Engrais	2,1	2,9	4,2	4,9	6,2	7,6
	Matériels	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,8
Total		7,7	9,4	11,3	17,0	19,7	22,7

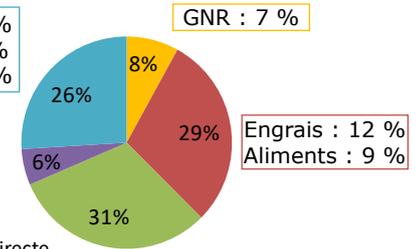
La consommation d'énergie indirecte est presque deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe, les engrais puis les aliments achetés pour l'énergie indirecte. La forte variabilité de la consommation d'énergie indirecte est due à la part d'engrais variable selon les différences de production de cultures entre les exploitations. En exprimant cette consommation par quintal produit, la médiane est de 0,1 GJ/q avec 50 % des exploitations qui consomment entre 0,07 et 0,12 GJ/q.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **2,3 t éq. CO₂/1000 L**
ou 4,6 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,9 et 2,6 t éq. CO₂/1000 L

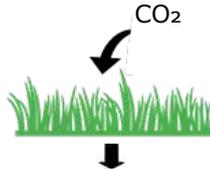
Près du tiers des émissions sont issues de la fermentation entérique dans les systèmes lait-culture mixte herbager-maïs. Les postes secondaires correspondent aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 22 % des émissions totales, puis aux aliments achetés.

Epandage engrais : 10 %
Résidus de culture : 6 %
Epandage effluents : 2 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

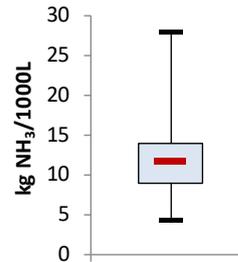
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,09 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **7 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,07 et 0,10 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **11,8 kg de NH₃/1000 L**
ou **24 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 9,0 et 13,9 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.



Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Fertilisation azotée, Carburant et Alimentation

BOVIN LAIT CULTURE MAÏS



66 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2017

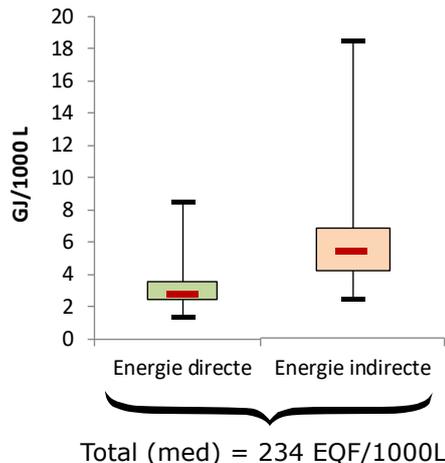
« Critères »

- Maïs ensilage représente plus de 30 % de la SFP
- SFP inférieure à 60 % de la SAU ou surface cultures supérieure à 100 ha
- Présence d'un atelier lait
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

« Exploitation médiane »

- 223 ha dont 75 ha en SFP avec 47 ha en herbe
- 123 UGB bovin lait dont 74 vaches laitières
- Productions annuelles : 614 185 litres lait, 7234 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

« CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE »



Poste		GJ/1000L			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,5	2,0	2,7	5,1	5,9	6,9
	Electricité	0,5	0,7	0,9	1,5	2,0	2,8
INDIRECTE	Achats aliments	1,1	1,5	2,2	3,4	4,7	7,3
	Engrais	1,7	2,2	2,9	6,1	7,1	8,2
	Matériels	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,4
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,7	0,9	1,2	2,0	2,6	3,3
Total		6,8	8,4	10,4	21,4	24,1	29,2

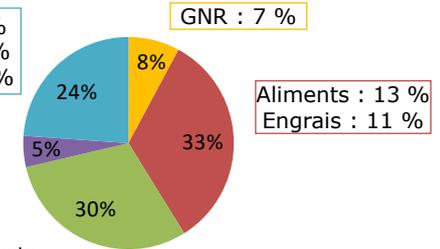
La consommation d'énergie indirecte est presque deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe, les engrais puis les aliments achetés pour l'énergie indirecte.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **1,9 t éq. CO₂/1000 L**
soit 5,7 t éq. CO₂/ha/an
50 % émettent entre 1,6 et 2,3 t éq. CO₂/1000 L

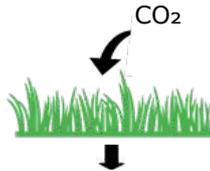
Près du tiers des émissions sont issues de la fermentation entérique dans les systèmes lait culture maïs. Les postes secondaires correspondent aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 20 % des émissions totales, puis aux aliments achetés.

Epandage engrais : 9 %
Résidus de culture : 6 %
Epandage effluents : 2 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

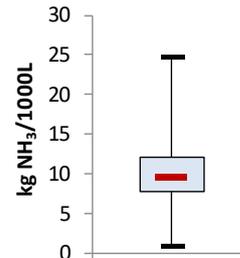
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,06 tC/ha/an** stockée dans le sol
grâce aux prairies, soit **4 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,04 et 0,07 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions :
9,7 kg de NH₃/1000 L
ou **29 kg de NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 7,8 et 12,1 kg de NH₃/1000 L

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.



Toutes les consommations et émissions incluent les ateliers bovin viande et cultures de vente

> Voir leviers Fertilisation azotée, Carburant et Alimentation

L'ESSENTIEL BOVIN LAIT BIO

Indicateurs médians	Type bio	
SAU (ha)	157	
Surface en COP (ha)	18	
SFP/SAU (%)	85	
Maïs ensilage/SFP (%)	0	
Nb VL	71	
Chargement (UGB/SFP)	1	
Quota annuel (1000 L)	432	
UGB bovin viande	0	
Production COP (q)	786	
Azote minéral épandu (kg/ha)	0	
GNR consommé (L/ha)	91	
Electricité consommée (kWh/1000 L)	77	
	/1000 L	/ha
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	4,9	11,2
Emissions GES brutes - Stockage C des prairies = Emissions nettes (t éq. CO₂)	1,2	2,8
Emissions NH₃ (kgNH₃)	5,1	11,5

L'ESSENTIEL BOVIN LAIT SPÉCIALISÉ

Indicateurs médians	Type herbager		Type mixte herbager-maïs		Type maïs	
	/1000 L	/ha	/1000 L	/ha	/1000 L	/ha
SAU (ha)	172		156		141	
Surface en COP (ha)	16		37		36	
SFP/SAU (%)	90		76		66	
Maïs ensilage/SFP (%)	7		19		37	
Nb VL	64		63		65	
Chargement (UGB/SFP)	1,1		1,3		1,8	
Quota annuel (1000 L)	431		489		532	
UGB bovin viande	29		23		0	
Production COP (q)	1003		2261		2511	
Azote minéral épandu (kg/ha)	42		74		82	
GNR consommé (L/ha)	82		112		154	
Electricité consommée (kWh/1000 L)	83		74		88	
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	6,1	15	6,7	19	6,9	35
Emissions GES brutes - Stockage C des prairies = Emissions nettes (t éq. CO₂)	1,5	3,9	1,7	5,0	1,5	8,5
Emissions NH₃ (kgNH₃)	7,6	19	9,0	26	8,3	41

L'ESSENTIEL BOVIN LAIT CULTURE

Indicateurs médians	Type herbager		Type mixte herbager-maïs		Type maïs	
SAU (ha)	281		276		223	
Surface en COP (ha)	139		137		123	
SFP/SAU (%)	46		49		42	
Maïs ensilage/SFP (%)	0		22		39	
Nb VL	56		71		74	
Chargement (UGB/SFP)	1,2		1,3		1,7	
Quota annuel (1000 L)	382		565		614	
UGB bovin viande	31		17		0	
Production COP (q)	7409		7884		7234	
Azote minéral épandu (kg/ha)	101		108		121	
GNR consommé (L/ha)	90		110		130	
Electricité consommée (kWh/1000 L)	91		76		67	
	/1000 L		/ha		/1000 L	
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	10,7	16,8	9,4	19,7	8,4	24,1
Emissions GES brutes - Stockage C des prairies = Emissions nettes (t éq. CO₂)	2,3	3,4	2,1	4,3	1,8	5,4
Emissions NH₃ (kgNH₃)	15,2	21,0	11,8	23,7	9,7	29,2

Dans tous les systèmes bovin lait et à l'échelle du territoire (critères/ha), les consommations d'énergie, les émissions de GES et de NH₃ diminuent lorsque la part d'herbe augmente. On observe cette même tendance par unité de production (critères/1000 L) pour les systèmes de type bovin lait spécialisé. Cependant, nous n'observons pas cette tendance dans les types bovin lait culture. En effet, dans ces systèmes, l'impact énergétique de l'azote dépasse l'impact de l'alimentation pour la même production de lait, et les surfaces cultivées sont plus importantes dans les systèmes bovin lait culture herbagers que dans les systèmes bovin lait culture maïs.

Coûts énergétiques et émissions de GES liés à la production et à l'acheminement de quelques intrants

	Energie primaire (MJ)	GES (kg éq. CO ₂)*
Energie fossile		
1 L GNR	45,6	3,25
1 kWh électricité	10,4	0,05
Engrais		
1 kg d'azote (solution azotée)	59	5,2
Aliments		
1 t. tourteau soja (Brésil)	12 804	1151
1 t. tourteau colza	3329	460

*Les émissions de GES intègrent la combustion du GNR à la ferme.

Leviers

Carburant

		
1 L de GNR (gazole non routier), c'est :	1,27 EQF consommés	3,25 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
À l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 L/ha de GNR évité représente :	127,4 EQF économisés	325 kg éq. CO ₂ évités

Les fiches suivantes présentent les différentes pistes pour faire des économies de carburant :

- par un bon entretien de son tracteur
- par l'éco-conduite
- par l'optimisation des parcours (échanges parcellaires, agencement des chemins, etc.)
- par la diminution du travail du sol
- par le pâturage

Réaliser un contrôle de son tracteur au banc d'essai moteur

Le banc d'essai moteur permet de connaître la puissance, le couple, la consommation horaire, ainsi que la consommation spécifique (quantité de carburant nécessaire pour fournir un kW d'énergie) du tracteur. En Lorraine, sur des mesures réalisées en 2012 sur un échantillon de 120 tracteurs, **11 % des tracteurs surconsomment** en moyenne **2,9 L/h**, souvent à cause d'un problème mécanique (défaut de pompe à injection...) ou d'un manque d'entretien (filtre à air ou radiateur obstrué...). Par exemple, un choix de **pneumatiques adaptés** aux conditions peut induire une diminution de consommation du tracteur de 30 %, et un bon **entretien** du tracteur (nettoyage des filtres, entretien mécanique, gonflage des pneus) peut permettre d'économiser 8 % de la consommation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Surconsommation évitée grâce à un passage au banc d'essai moteur pour une exploitation type polyculture élevage (tracteurs utilisés 344 h/an sur 110 ha soit 3 h/ha)	- 8,8 L/ha ¹	- 11 EQF/ha soit 2 % des conso. totales d'énergie (3,5 % en bovin lait bio)	+ 5 €/ha	Passage au banc d'essai : 140 à 200 €/tracteur	- 29 kg éq. CO₂/ha soit 0,5 à 0,8 % des émissions totales de GES

¹ ALPA, Chambre régionale d'agriculture de Lorraine, "Agriculture & Qualité de l'air", 2012.

Autres intérêts

- Leviers faciles à mettre en oeuvre
- Le banc d'essai moteur permet de diagnostiquer des problèmes sur les tracteurs agricoles jusqu'à une puissance de 500 chevaux maximum, et en identifiant les dysfonctionnements, de limiter les pannes
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Pratiquer l'éco-conduite et adapter la mécanisation aux besoins

Il s'agit de réduire la consommation énergétique des automoteurs de l'exploitation grâce à une meilleure adéquation tracteur (puissance)/outil, des réglages conformes au travail souhaité, un entretien et des contrôles réguliers, une conduite adaptée et, au besoin, l'utilisation d'un système d'autoguidage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Eco-conduite (ex exploitation bovin-lait culture mixte herbager-maïs, consommation médiane de 110 L de GNR/ha)	- 20 % ² soit : 22 L/ha	- 28 EQF/ha soit 5 % des conso. totales d'énergie	+ 11 €/ha	Formation 70€ si contributeurs VIVEA, sinon 300€ (formation CDA 51)	- 52 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES
Lester à bon escient : exemple de l'influence du retrait d'une surcharge inutile d'1 tonne à 7 km/h. Tracteur utilisé 2,5 h/ha/an	- 1,5 L/h soit 3,7 L/ha ³	- 4,7 EQF/ha	+ 3,3 €/ha	0	- 12 kg éq. CO₂/ha

² S. PELLERIN et al. "Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des GES ?", 2013. p.77

³ Chambre d'agriculture Nord-pas-de-Calais, "Référentiel consommation d'énergie dans les exploitations du Nord-pas-de-Calais", 2013.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
<p>Adaptation de la puissance du tracteur à celle nécessaire au travail engagé* :</p> <p>- passer d'un tracteur de 100 à 51 ch pour une déssileuse pailleuse récente</p> <p>- passer d'un tracteur de 110 ch à 80 ch pour faire tourner une mélangeuse 20 m³ ou passer d'un tracteur de 110 ch à 80 ch pour charger la mélangeuse</p>	<p>- 2 L/h soit 180 L/an⁴</p> <p>- 1 L/VL⁵</p>	<p>- 230 EQF/an soit 0,2 à 0,3 % des conso. totales d'énergie</p> <p>- 1,3 EQF/VL soit 0,1 % des conso. totales d'énergie</p>	<p>+ 160 €/an</p> <p>+ 0,7€/VL</p>	<p>0</p>	<p>- 750 kg éq. CO₂/an soit 0,4 à 0,7 % des émissions totales de GES</p> <p>- 3,3 kg éq. CO₂/VL soit 0,1 à 0,3 % des émissions totales de GES</p>
<p>Auto-guidage RTK** sur l'ITK de la betterave</p>	<p>- 2 à 8 L/ha⁶</p>	<p>- 2,5 à 10 EQF/ha</p>	<p>+ 1,4 à 5,6 €/ha</p>	<p>11000 à 28000 €</p>	<p>- 7 à 26 kg éq. CO₂/ha</p>

* Voir la plaquette "Consommations de GNR pour les tracteurs utilisés en bâtiments d'élevage : évaluer et maîtriser ses consommations" de la chambre d'agriculture de la Manche et IDELE, 2011

**L'autoguidage RTK permet au chauffeur de se libérer de la conduite dans la parcelle et de repasser dans les mêmes traces d'une fois à l'autre.

⁴ Didier Debroize, Chambres d'agriculture de Bretagne, "EcoGNR : de nombreux leviers pour économiser le carburant". Pour une utilisation 180 jours - 30 min/j en système bovin-lait spécialisé

⁵ Simulation Dia'terre®, fonctionnement de la mélangeuse toute l'année pour les vaches (20 min/j), 5,5 mois pour génisses (20 ou 30 min/j) pour un troupeau de 100 VL

⁶ Jean Pierre Couvreur, Fdcuma53/ Fncuma, Fiche action type Dia'terre® "Mécanisation adaptée aux besoins"

Autres intérêts

- Formation à l'éco-conduite en partie prise en charge par fond Vivéa
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Limites

- Adaptation de la puissance du tracteur : on ne peut pas avoir un tracteur par outil ou par machine, il convient de raisonner au niveau d'un parc de machines pour un tracteur
- L'autoguidage nécessite un investissement et une maîtrise technique

Rapprocher les parcelles de l'exploitation

La reprise d'îlots éloignés du siège de l'exploitation augmente la durée des trajets avec un impact économique et environnemental certain. Les échanges parcellaires permettent de limiter cette contrainte. Sont présentés les résultats d'un rapprochement de parcelles sur 5 km et sur 10 km.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Rapprochement d'une parcelle de 10 ha de maïs ensilage					
- de 5 km	- 36 L/ha ⁷	- 46 EQF/ha	+ 25 €/ha		- 120 kg éq. CO₂/ha
- de 10 km	- 73 L/ha ⁷	- 93 EQF/ha soit 0,7 % des conso. totales d'énergie en bovin lait culture, 1 % en bovin lait spécialisé et 2 % en bovin lait bio	+ 50 €/ha	Frais de notaire si échange de propriété	- 240 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES en bovin lait culture, 2 % en bovin lait spécialisé et 3 % en bovin lait bio

⁷ Chambre départementale de la Manche, "Les échanges parcellaires : on a tous à y gagner", 2012.

Autres intérêts

- Gain de temps : 31 heures pour un ilot de 10 ha de maïs ensilage qui était éloigné de 5 km, et 50 heures s'il était éloigné de 10 km

Limites

- Besoin d'accord entre agriculteurs et/ou propriétaires
- Prendre en compte les contraintes réglementaires et environnementales (PAC, plan d'épandage, etc.)

Diminuer le travail du sol

En grandes cultures, le principal poste de consommation de GNR correspond au travail du sol. Chaque système d'implantation a ses avantages et ses limites, et la multiplication des outils de travail du sol rend de plus en plus complexe le choix des techniques culturales à mettre en œuvre sur son exploitation. Types de sol, systèmes de cultures, contraintes environnementales et contraintes de temps de travail, coûts des interventions sont un ensemble de facteurs impactant ce choix. Les chiffres suivants sont basés sur des simulations réalisées en sols argileux, limoneux et argilo-calcaires.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Passer d'un labour systématique à un labour occasionnel (100 % à 70 % de l'assolement en COP)	- 5 L/ha ⁸ de COP	- 6 EQF/ha de COP soit 0,2 % des conso. totales d'énergie en bovin lait spécialisé et bio, 0,6 % en bovin lait culture	+ 3,5 €/ha	0	- 16 kg équ. CO₂/ha soit 0,3 à 0,4 % des émissions totales de GES en bovin lait spécialisé et bio, 0,7 % en bovin-lait culture
Passer d'un travail du sol en technique culturale simplifiée (TCS) profond (2 déchaumages + décompacteur) à un TCS superficiel (1 déchaumage rapide)	- 9,5 L/ha ⁸	- 12 EQF/ha	+ 6,7 €/ha	0	- 31 kg équ. CO₂/ha

⁸ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Impact sur les charges 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer de TCS au semis-direct**	- 13 L/ha ⁹	- 17 EQF/ha	Ch. méca : - 24 €/ha Ch. herbicides : + 5 €/ha Ch. opé. : + 9 €/ha Soit économie de 10 €/ha	0	- 42 kg éq. CO₂/ha
Passer du labour au semis-direct** sur les surfaces en COP	- 25 L/ha ⁹ de COP	- 32 EQF/ha de COP soit 1 % des conso. totales d'énergie en bovin lait spécialisé et bio, 3 % en bovin lait culture	Ch. méca : - 41 €/ha Ch. herbicides : + 10 €/ha Ch. opé. : + 16 €/ha Soit économie de 15 €/ha		- 81 kg éq. CO₂/ha soit 1 à 2 % des émissions totales de GES en bovin lait spécialisé et bio, 4 % en bovin lait culture

* Attention, émissions de N₂O non prises en compte : elles sont très souvent plus importantes en TCS ou en semis-direct qu'en labour les premières années, puis la différence a tendance à s'atténuer avec le temps (Nicolardot et Germon, 2008).

** Résultats du réseau Semis Direct des Chambres d'Agriculture de Lorraine (2005 à 2008).

⁹ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

Autres intérêts

- Diminution du temps de travail et augmentation de la surface maximale semée
- Parc matériel très restreint en semis direct
- Cultiver sans labour réduit l'érosion au sein des parcelles et potentiellement les transferts de produits phytosanitaires dans l'eau
- La biodiversité du sol est favorisée par les techniques sans labour (en particulier la flore microbienne de surface, les vers de terre, les arthropodes et leurs prédateurs)

Limites

- L'absence de travail du sol nécessite l'emploi quasi-systématique d'herbicides pour la destruction des couverts ou des repousses : attention à l'impact du salissement sur le long terme
- Le semis direct sous couvert est très pointu à gérer et susceptible de pénaliser la culture en cas de mauvaise implantation (mauvaise répartition des pailles, limaces, mulots...), en particulier sur le colza¹⁰. Généralement, perte de rendement de 5 à 10 % observée les 5 premières années^{10,11,12}
- L'absence totale de travail du sol peut pénaliser les cultures en cas de tassement en particulier dans les terres où la vitesse de ressuyage est limitée (sauf si année sèche au début de l'arrêt du travail du sol : portance améliorée)

¹⁰ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

¹¹ CA67 - ARAA, Historique des rendements maïs grain essai de Hochfelden de 2002 à 2012.

¹² ARAA "Etablissement et validation d'un référentiel régional sur le travail du sol simplifié dans le Rhin supérieur", 2005.

Éléments de contexte impactant le levier

- Le changement climatique pourrait faire évoluer le nombre de jours disponibles pour semer et ainsi les types de systèmes d'implantation choisis par les agriculteurs
- Évolutions réglementaires concernant l'utilisation du glyphosate

Utiliser 1 ha de prairie en pâture plutôt qu'en fauche

La pâture est le moyen le plus économique pour récolter de l'herbe, la substituer à la fauche permet d'économiser du carburant donc de l'énergie et des émissions de GES.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Substitution d'1 ha de prairie fauchée (3 coupes dont 1 ensilée) à 1 ha de prairie pâturée (1 fauche de nettoyage)	- 85 L/ha	- 109 EQF/ha	+ 60 €/ha	Clôture Chemins d'accès	- 280 kg éq. CO₂/ha

À production fourragère équivalente et pour un troupeau de 60 VL qui passeraient de 15 ares/VL de pâture à 30 ares/VL, les surfaces en fauche baisseraient de 9 ha soit une économie de 981 EQF et 2,5 t éq. CO₂, soit **1 %** des conso. totales d'énergie et **2 %** des émissions totales de GES en bovin lait spécialisé mixte herbager-maïs.

Autres intérêts

- Moins d'utilisation de matériel (usure, temps)
- Moins d'épandage de matière organique
- Moins de distribution de fourrages
- Moins de travail

Limites

- Organiser une gestion de la pâture (temps, compétences, ...)
- Qualité des parcelles à pâturer en particulier risque sur sols hydromorphes
- Nécessité d'avoir des parcelles proches des bâtiments

Éléments de contexte impactant le levier

- Évolution des cahiers des charges
- Développement de la traite robotisée = gestion plus complexe à mettre en place

Utiliser un racleur automatique

Le raclage des effluents d'élevage représente 16 % des consommations de GNR dans les bâtiments d'élevage laitiers. L'usage d'un tracteur pour réaliser cette opération est énergivore et nécessite du temps de travail. Il peut être remplacé par un racleur automatique fonctionnant à l'électricité.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Remplacer le raclage par tracteur par un racleur automatique	- 6 L GNR/VL + 7 à 11 kWh/VL ¹³	- 5,4 à 4,1 EQF/VL soit 0,6 à 0,8 % des conso. totales d'énergie en système bio, 0,2 à 0,3 % en système polyculture ou spécialisé maïs	+ 3 €/VL	Entre 14 000 € et 20 000 €	- 18 kg éq. CO₂/VL soit 1,7 % des émissions totales de GES en système bio, 0,7 à 1 % en système spécialisé et 0,4 à 0,5 % en système polyculture

¹³ IDELE, "Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevages laitier", p.22, 2009.

Autres intérêts

- Gain de temps
- Presque obligatoire en traite robotisée
- Meilleures conditions d'hygiène du bâtiment (augmentation de la fréquence de raclage)
- Amélioration de la qualité de l'air (diminution des émissions de NH₃ et de particules liés au GNR)

Limites

- Agencement du bâtiment
- Pannes et maintenance
- Mise en place plus difficile si le bâtiment est déjà construit

Alimentation

La formulation de concentrés, la production et le transport de céréales, protéagineux et fourrages, consomment de l'énergie et sont sources d'émission de CO₂.

		
100 kg de tourteau de soja	36 EQF	120 kg éq. CO ₂
100 kg de VL18	11 EQF	60 kg éq. CO ₂
500 kg de foin PN ou PT acheté	32,5 EQF	108 kg éq. CO ₂
500 kg de maïs ensilage acheté	13 EQF	100 kg éq. CO ₂

Optimiser le système pour être plus autonome, favoriser l'autoconsommation ou la consommation de co-produits locaux sont autant de leviers efficaces pour limiter l'impact des achats d'aliments extérieurs sur le climat et les ressources énergétiques.

Être autonome en fourrages

L'autonomie fourragère permet de limiter les achats d'aliments extérieurs, et donc les consommations énergétiques et les émissions de GES associées. À effectif identique, elle peut être atteinte par une substitution de surfaces (moins de cultures), par une augmentation de la productivité d'herbe *via* la fumure azotée ou par une amélioration de la gestion du pâturage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Par UGB : substituer 8 ares de céréales par de la prairie (productivité de 6 tMS/ha) pour produire 500 kg de MS d'herbe supplémentaire	- 500 kg de MS /UGB de foin acheté - 10 kg N/UGB - 3 L de GNR/UGB (les prairies consomment - d'azote et - de GNR par rapport aux céréales)	- 49 EQF/UGB	Variable suivant les cours et les potentiels de rendement mais vente de céréales en moins	0	- 284 kg éq. CO₂/UGB
Par UGB : substituer 4,5 ares de céréales par du maïs ensilage (productivité 11 tMS) pour produire 500 kg de MS de maïs supplémentaire	- 500 kg de MS/UGB de maïs acheté - 2,9 kg N/UGB + 1 L de GNR/UGB (le maïs consomme - d'azote et plus de GNR par rapport aux céréales)	- 16 EQF/UGB	Variable suivant les cours et les potentiels de rendement mais vente de céréales en moins	0	- 194 kg éq. CO₂/UGB

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Fertiliser des prairies peu ou pas fertilisées pour produire 500 kg de MS d'herbe supplémentaire/UGB (+ 25 kg N/ha = 1 tMS en plus)	- 500 kg MS/UGB de foin acheté + 12,5 kg N/UGB	- 16 EQF/UGB	+ 49 €/UGB Variable suivant les cours	0	= ou - suivant le mode de production du foin acheté
Optimiser le chargement au pâturage en passant de 50 ares/UGB au printemps à 35 ares/UGB pour récolter 500 kg de MS d'herbe supplémentaire/UGB	- 500 kg MS/UGB de foin acheté + 3,3 L GNR/UGB	- 28 EQF/UGB	+58 €/UGB	0	- 99 kg éq. CO₂/UGB

Troupeau de 60 vaches laitières avec 10 % de déficit en fourrages, le retour à l'autonomie permet d'économiser :

- par la production de foin en substitution de cultures : 2940 EQF et 17 t éq. CO₂ ;
- par la production de maïs ensilage en substitution de cultures : 960 EQF et 11,6 t éq. CO₂ ;
- par la fertilisation azotée de prairies : 960 EQF. Pour un apport de 25 kg N/ha, la disponibilité en prairie de fauche doit être de 30 ha pour pallier le déficit ;
- par la meilleure gestion de la pâture : 1680 EQF et 5,9 t éq. CO₂ (fauche supplémentaire de 9 ha).

Autres intérêts

- Pas de problème de recherche des fourrages et de variation des prix
- Allongement de la rotation avec l'hypothèse de semis de prairies, donc amélioration de la fertilité du sol, stockage de carbone, moins d'apports d'azote et donc moins de fuites de nitrates dans l'eau et d'ammoniac dans l'air et gestion des adventices
- Pas de fauche de refus à moindre valeur avec l'hypothèse de pâture
- Leviers faciles à mettre en place

Limites

- Intérêt économique à vérifier en fonction du potentiel de production dans le cas d'une réduction des surfaces en céréales
- Technicité à acquérir si nouvelle culture à implanter dans l'hypothèse de prairies
- Gestion à mettre en place (clôtures, etc.) dans le cas de la pâture

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides PAC sur les surfaces en herbe
- Variabilité des cours liée à la concurrence et aux aléas climatiques

Auto-consommer ses céréales

Les céréales produites sur la ferme et consommées par les animaux permettent de limiter les achats d'aliments extérieurs, donc les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre qui y sont liés.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Substituer la VL18 par des céréales autoconsommées et du tourteau de soja	- 100 kg de VL18/VL + 20 kg de soja acheté/VL + 80 kg de céréales autoconsommée/VL	- 3,6 EQF/VL	+ 10,5 €/VL déduction faite du coût de la céréale et du soja	Cellules et/ou système de ventilation Aplatisseur ou prestation	- 38 kg éq. CO₂/VL

Pour un troupeau de 60 vaches laitières, la substitution de 100 kg/VL/an d'un aliment type VL18 par un concentré fermier permet d'économiser 216 EQF (soit **0,5 %** des conso. totales d'énergie en système bio, **0,3 %** en système spécialisé herbager et **0,2 %** sur les autres systèmes laitiers) et 2,3 t éq. CO₂ (soit **3 %** des émissions totales de GES en système bio, **1,4 à 2,3 %** en système spécialisé et **0,7 à 0,9 %** en système polyculture).

Autres intérêts

- Traçabilité de la matière première
- Assurance de la qualité et de la valeur

Limites

- Risques liés à l'utilisation des céréales lors du changement du rationnement (acidose, etc.)
- Risque de gaspillage lors de la distribution
- Avance de trésorerie due au stockage des céréales
- Investissements nécessaires pour le stockage et le broyage
- Temps de travail plus important

Éléments de contexte impactant le levier

- Variabilité des cours des céréales

Optimiser la quantité de concentrés

Les quantités de concentrés distribuées varient en fonction des rations et de l'objectif de production et au sein d'un même type de ration et d'un même niveau de productivité. Il faut donc rechercher le meilleur rapport entre la productivité et la quantité de concentrés (cf. fiches décalait).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Optimiser les quantités de concentrés	- 100 kg de VL18/VL	- 11,2 EQF/VL/an	+ 30 €/VL/an	0	- 62 kg CO₂/VL/an

Pour un troupeau de 60 vaches, l'économie de 100 kg d'un aliment type VL18/VL permet d'économiser 673 EQF (soit **0,5 à 1 %** des conso. totales d'énergie des systèmes bovin-lait) et 3,7 t éq. CO₂ (soit **2 à 4 %** des émissions totales de GES en systèmes spécialisés, **1,2 à 1,4 %** en système polyculture et **5 %** en système bio).

Autres intérêts

- Moins de volume à manipuler

Limites

- Gestion fine en fonction de la qualité des fourrages et du stade de lactation
- Risque de baisse de production si la gestion n'est pas adaptée
- Plus facile à mettre en place avec une gestion individualisée de la distribution
- Peut nécessiter l'achat d'un DAC ou l'amélioration de la qualité des fourrages

Éléments de contexte impactant le levier

- Cahier des charges limitant la quantité de concentrés distribuée par animal ou par UGB, par exemple en MAEC polyculture élevage

Substituer le tourteau de soja par du tourteau de colza

Le tourteau de colza produit en Europe est pour le Grand Est relativement proche des exploitations (Meuse, Allemagne, etc.). Il est moins consommateur d'énergie et moins émetteur de GES que le tourteau de soja issu de culture du Brésil ou des Etats-Unis.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Substituer le tourteau de soja par du tourteau de colza	- 100 kg de tourteau soja/VL + 150 kg de tourteau colza/VL	- 21,8 EQF/VL	Suivant cours mais majoritairement intéressant	0	- 46 kg éq. CO₂

Pour un troupeau de 60 vaches, la substitution de 100 kg de tourteau de soja par 150 kg de tourteau de colza permet d'économiser 1308 EQF (soit **1 à 2 %** des conso. totales d'énergie en système spécialisé, **1 %** en système polyculture et **3 %** en système bio) et 2,8 t. éq CO₂ (soit **2 à 3 %** des émissions totales de GES en système spécialisé, **1 %** en système polyculture et **4 %** en système bio).

Autres intérêts

- Limitation des achats de minéraux du fait que le colza soit riche en phosphore
- Utilisation du tourteau de colza bien connue et efficace y compris sur les troupeaux très productifs
- Facile à mettre en oeuvre

Limites

- Changement de rationnement : adaptation du troupeau
- Évolution du coût des matières premières et achat en fonction des opportunités
- Stockage plus important du fait d'achats plus fréquents

Éléments de contexte impactant le levier

- Aliment sans OGM
- Participation moindre aux pratiques de déforestation associées à l'implantation de soja en Amérique du Sud
- Facilité d'approvisionnement en tourteau de colza dans le Grand Est

Substituer du maïs ensilage par une légumineuse

Les rations à base de maïs ensilage sont fortement consommatrices de tourteau pour l'équilibre en azote. Introduire une légumineuse en remplacement d'une part de la ration de maïs peut permettre de faire des économies.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Substituer 3 à 4 kg de MS/jour/VL en système maïs-pâturage en remplant 9,3 ares de maïs ensilage/VL par 11,4 ares de luzerne/VL ¹⁴ (La différence de surface 2,1 ares est prise sur des surfaces en céréales)	- 222 kg de tourteau de soja - 25 kg de VL18/VL + 385 kg d'orge achetée - 14 kg N/VL + 1,4 L de GNR	- 37 EQF/VL	+ 22 €/VL	0	- 222 kg éq. CO₂/VL

Pour un troupeau de 60 VL, la substitution de 5,6 ha de maïs à 11 tMS par 6,8 ha de luzerne à 9 tMS permet de gagner les 4 kg de MS, et d'économiser 2220 EQF (soit **2 à 3 %** des conso. totales d'énergie en système spécialisé, **1,5 à 1,9 %** en système polyculture et **5 %** en système bio) et 13 t éq. CO₂ (soit **8 à 13 %** des conso. totales d'énergie en système spécialisé, **4 à 5 %** en système polyculture et **18 %** en système bio).

¹⁴ IDELE, "Impacts de l'introduction de la luzerne en système laitier", 2011.

Autres intérêts

- Allongement de la rotation et économie d'azote
- Luzerne adaptée à de bonnes productions en période sèche
- Implantation seule ou en mélange pour assurer la pérennité (moins intéressant en apport de protéines si associée à une graminée)
- Possibilité d'utiliser des céréales de la ferme pour compléter l'apport énergétique
- Amélioration de l'autonomie en matières azotées de la ration

Limites

- Mise en place d'une rotation longue (retour conseillé de la luzerne sur la même parcelle tous les 5 ans) avec des terres à potentiel luzerne
- Intérêt économique faible et dépendant du potentiel de rendement de la luzerne
- Charge de travail supplémentaire liée à la récolte de la luzerne (plusieurs coupes)

Éléments de contexte impactant le levier

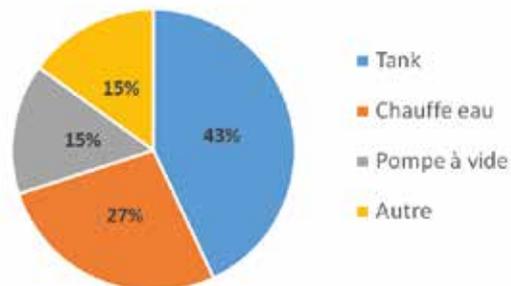
- Mise en place d'une filière sans OGM
- Aides PAC à la production de légumineuses

Bloc traite

L'électricité représente environ $\frac{1}{5}$ des dépenses énergétiques directes et indirectes dans les systèmes laitiers¹⁵.

Si cette consommation est si importante dans ces systèmes, c'est parce que son origine provient à 85 % du bloc traite. En effet la traite nécessite de l'électricité pour alimenter la pompe à vide, chauffer l'eau de nettoyage de l'installation, et refroidir le lait dans le tank.

Consommation électrique du bloc traite



		
Consommation moyenne pour produire et refroidir 1000 L de lait ¹⁶	60 kWh soit 17 EQF	3 kg éq. CO ₂
À l'échelle de 1000 L de lait produit et refroidi, 20 % d'économie représente	12 kWh soit 3,5 EQF	0,6 kg éq. CO ₂
À l'échelle de 400 000 L de lait produit et refroidi, 20 % d'économie représente	4800 kWh soit 1400 EQF	240 kg éq. CO ₂

¹⁵ Réseau d'élevage 2009

¹⁶ IDELE, "Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier", p.4, 2009.

「Entretien le tank à lait」

Nettoyer 4 à 5 fois par an les condenseurs, les ailettes du radiateur de refroidissement et les ventilateurs permet de diminuer jusqu'à 10 % la consommation du tank. L'évacuation de la chaleur en est ainsi facilitée car la poussière agit comme un isolant.

	Consommation d'intrants	Consommation d'énergie	Gains (+) ou pertes (-) économiques	Investissement	Emissions de GES
					
Entretien régulier du tank à lait	- 1,1 kWh/1000 L (- 5 % de la consommation électrique du tank à lait) ¹⁷	- 0,3 EQF/1000 L soit 0,1 à 0,2 % des conso. totales d'énergie en bovin lait	+ 11 €/100 000 L	0	=

Autres intérêts

- Auto réalisable, gratuit et simple à mettre en oeuvre

¹⁷ IDELE, "Consommation d'énergie en élevages herbivores et leviers d'action", p.69, 2010.

「 Installer une pompe à vide à débit variable 」

Lors de la traite, le niveau de vide de la machine à traire doit être constant. Pour compenser l'entrée d'air accidentelle, lors de la chute d'un faisceau par exemple, il existe en permanence une réserve de vide énergivore sur les machines à traire classique. Le système de pompe à vide à débit variable permet d'adapter instantanément le niveau de vide en cas d'entrée d'air, ce qui permet d'économiser l'entretien d'une réserve de vide. La consommation de la pompe à vide est diminuée de 40 % à 60 %.

	Consommation d'intrants	Consommation d'énergie	Gains (+) ou pertes (-) économiques	Investissement	Emissions de GES
					
Mise en place d'une pompe à vide à débit variable	- 4 kWh/1000 L (- 40 % de consommation électrique de la pompe à vide ¹⁸)	- 1,2 EQF/1000 L soit 0,6 à 0,7 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé, 0,4 à 0,5 % en système polyculture et 0,9 % en système bio	Jusqu'à + 40 €/100 000 L	5000 €*	- 0,2 kg éq. CO₂/1000 L soit 0,01 % des émissions totales de GES des systèmes bovin lait

* Coût supplémentaire par rapport à une pompe à vide classique

¹⁸ GIEE lait viande de Bretagne, "Les économies d'énergie dans la salle de traite : des équipements et des pratiques", 2011.

Autres intérêts

- Diminution du bruit
- Augmentation de la durée de vie du moteur

Limites

- Seuil d'amortissement difficile à atteindre (autour de 12 000 000 L)

Installer un pré-refroidisseur à lait

Une quantité d'énergie importante est nécessaire pour refroidir le lait arrivant dans le tank. Cette quantité peut représenter 45 % de la consommation d'électricité de l'exploitation sans robot de traite. Le pré-refroidisseur est une installation permettant de refroidir naturellement le lait avant son arrivée dans le tank ce qui permet des économies d'énergie conséquentes.

	Consommation d'intrants	Consommation d'énergie	Gains (+) ou pertes (-) économiques	Investissement	Emissions de GES
					
Installation d'un pré-refroidisseur à lait	- 10 kWh/1000 L (- 40 % à 50 % de consommation électrique du tank à lait ¹⁹)	- 3 EQF/1000 L soit 1 à 2 % des conso. totales d'énergie en système bovin lait	+ 100 €/100 000 L	Entre 4 000 € et 4 500 €	- 0,5 kg éq. CO₂/1000 L soit 0,03 % des émissions totales de GES en système bovin lait

¹⁹ IDELE, "Consommation d'énergie en élevages herbivores et leviers d'action", p.69.

Autres intérêts

- Apport d'eau douce aux animaux
- Fonctionnement du tank moins fréquent
- Baisse potentielle de la lipolyse

Limites

- Entretien dans les systèmes à plaque
- Volume d'eau à gérer par traite (2 L pour 1 L de lait refroidi)

Éléments de contexte impactant le levier

- Politique incitative ou non de la laiterie
- Aides et subventions disponibles

「 Installer un récupérateur de chaleur 」

La température du lait arrivant dans le tank de la laiterie étant supérieure à 30 °C, une quantité d'énergie importante est nécessaire pour le refroidir (45 % de la consommation d'électricité de l'exploitation sans robot de traite). En parallèle, de l'eau chaude est nécessaire pour le lavage de la machine à traire (26 % de la consommation d'électricité de l'exploitation sans robot de traite). Le récupérateur de chaleur permet de transférer une partie de la chaleur du lait de la traite vers l'eau chaude sanitaire et ainsi de consommer moins d'électricité pour chauffer cette eau.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation d'un récupérateur de chaleur	- 9,5 kWh/1000 L ²⁰ (- 80 % de consommation électrique du chauffe-eau)	- 2,75 EQF/1000 L soit 1 à 2 % des conso. totales d'énergie des systèmes bovin lait	+ 95 €/100 000 L	Entre 2 000 € et 3 000 € ²¹	- 0,5 kg éq. CO₂/1000 L soit 0,03 % des émissions totales de GES des systèmes bovin lait

²⁰ IDELE, "Consommation d'énergie en élevages herbivores et leviers d'action", p.71. 2010.

²¹ IDELE, "Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier", p.16. 2009.

Autres intérêts

- Simplification de l'installation du tank si dégroupement des compresseurs
- Moins de chaleur émise si ventilateur dans la laiterie, soit un meilleur fonctionnement du tank

Limites

- Besoin d'accord de la laiterie (si propriétaire du tank)
- Besoin de modifier le circuit de refroidissement (intervention frigoriste)

Éléments de contexte impactant le levier

- Politique incitative ou non de la laiterie (propriétaire du tank)
- Aides et subventions disponibles

Ventiler la laiterie

La consommation électrique du tank à lait est dépendante de la température de l'air à l'entrée du condenseur. Il est en effet possible de diminuer sa consommation électrique en aménageant la laiterie, le tank et le groupe froid pour que l'air à l'entrée du condenseur soit le plus frais possible. Le meilleur rendement du groupe froid est observé quand la température ambiante est de 10 °C.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Aménagement pour obtenir une température ambiante de 10 °C	- 3,5 kWh/1000 L ^{22,23} (- 15 à 20 % de la consommation électrique du tank à lait)	- 1 EQF/1000 L soit 0,5 à 0,6 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé, 0,3 à 0,4 % en système polyculture et 0,7 % en système bio	+ 35 €/100 000 L	De 0 € à 1 500 € ²²	- 0,18 kg éq. CO₂/1000 L soit 0,01 % des émissions totales de CO ₂ des systèmes bovin lait

Autres intérêts

- Gain de confort l'été
- Facile à mettre en oeuvre lors de la conception de la laiterie

²² IDELE, "Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier", p.17. 2009.

²³ IDELE, "Consommation d'énergie en élevages herbivores et leviers d'action", p.75. 2010.

Fertilisation azotée

		
1 unité d'azote, c'est :	1,51 EQF consommés	12,6 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
À l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 unité d'azote évitée représente :	151,6 EQF économisés	1,26 t éq. CO ₂ évités

En premier lieu, l'optimisation de la fertilisation consiste à bien prendre en compte **le précédent, les apports organiques, les couverts, le système de culture et le type de sol pour ajuster au mieux la dose** apportée et répondre aux besoins réels de la culture. Pour cela de nombreuses références existent en Grand Est : la méthode de fertilisation Lor'N, document de référence en Champagne-Ardenne et document de référence en Alsace.

Par exemple, une étude menée en Lorraine et en Alsace de 2012 à 2018 montre que si tous ces paramètres étaient bien pris en considération dans le calcul de dose, des économies de 15 à 30 unités d'azote seraient possibles, ce qui représente 23 à 45 EQF/ha économisés et 190 à 380 kg éq. CO₂/ha évités.

Les fiches suivantes précisent ainsi ce que peuvent apporter d'un point de vue énergétique et climatique une bonne valorisation des formes minérales et organiques d'azote ainsi que l'introduction de légumineuses dans la rotation.

Optimiser la valorisation de l'azote minéral par la plante

Ce levier consiste à limiter la volatilisation et la lixiviation (choix de la forme de l'engrais, enfouissement, conditions climatiques au moment à l'épandage et après l'épandage...), à localiser les engrais, fractionner les apports pour être au plus proche des besoins de la plante, par exemple avec des outils de pilotage en végétation type N-tester, GNP-pilot, Héliotest, Jubil, systèmes de modulation de dose intra-parcellaire type N-sensor, etc.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Choix de la forme de l'engrais pour une dose moyenne de 100 uN/ha : - ammonitrate vs urée	- 17 à 37 kg N/ha ²⁴ (pertes d'azote potnetielles évitées)	- 70 à 100 EQF/ha* soit 10 à 15 % des conso. totales d'énergie en polyculture maïs à 15 à 21 % en polyculture herbager	- 3 à + 14 €/ha	0	- 215 à 470 kg éq. CO₂/ha* soit 4 à 8 % des conso. totales d'énergie en polyculture maïs, 6 à 12 % en polyculture herbager
- ammonitrate vs solution azotée	- 7 kg N/ha ²⁴ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 23 EQF/ha*	+ 2 €/ha		- 90 kg éq. CO₂/ha*

* Différence de coût énergétique et GES pour produire les deux formes d'engrais + pertes d'azote évitées

²⁴ calculs de pertes par volatilisation réalisés à partir de ADEME (2012), OMINEA (2017).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Positionner l'apport au moment où il sera le mieux valorisé par la plante Ex : expérimentation méthode de pilotage selon l'INN du blé et la pluviométrie*, dose moyenne totale de 200 uN	- 30 à 40 kg N/ha	- 45 à 60 EQF/ha	+ 26 à 35 €/ha	0	- 380 à 500 kg éq. CO₂/ha
Enfouissement d'urée par binage sur maïs pour une dose de 100 uN (essai Artzenheim 2014)	- 24 kg N/ha (pertes d'azote potentielles évitées)	- 36 EQF/ha soit 1,2 à 0,9 % des conso. totales d'énergie en spécialisé maïs à mixte et 0,8 à 0,7 % en polyculture maïs à mixte	+ 21 €/ha	Bineuse : 5000 à 15000 €	- 300 kg éq. CO₂/ha soit 4,6 à 7 % des émissions totales de GES en spécialisé mixte à maïs et 2,5 à 3,2 % en polyculture mixte à maïs

* Développement de méthodes de pilotage de l'azote basées sur l'indice de nutrition azotée de blé et du maïs (INN) et sur leurs capacités à supporter une carence azotée au stade tallage (suppression ou retard du 1^{er} apport) sans perte de rendement.

Autres intérêts

- L'optimisation des apports peut dans certains cas améliorer le rendement
- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH_3)

Limites

- Meilleure précision de l'apport en liquide qu'en solide
- Les formes d'azote les plus volatiles sont moins chères
- Difficile de combiner une condition optimale d'apport d'azote (pluie suffisante après l'apport) et un passage de bineuse pour lutter efficacement contre les adventices (sol ressuyé)

Éléments de contexte impactant le levier

- Changement climatique : incertitudes sur les périodes de forte probabilité de pluies pouvant valoriser les apports

Optimiser la valorisation de l'azote organique par la plante

Ce levier consiste à choisir des cultures valorisant le mieux la matière organique et des périodes où le risque de fuite de nitrates est le plus faible, ou à enfouir rapidement pour limiter la volatilisation. D'autre part, il est essentiel de bien intégrer la contribution azotée des effluents dans le calcul de dose à l'aide d'une analyse NPK de ses effluents (environ 80 €/analyse) ou bien de références comme la réglette Lor'N. Par exemple, un apport de 30 t/ha de fumier pailleux bovin lait fin d'hiver met à disposition 25 kg N/ha au maïs suivant.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Apport 30 t/ha fumier pailleux bovin lait : - à l'automne , avant implantation du colza plutôt qu'avant une céréale d'hiver - avant maïs, fin d'hiver plutôt qu'à l'automne	- 3 à 4 kg N/ha ²⁵	- 4 à 6 EQF/ha	+ 3 €/ha	0	- 40 à 50 kg éq. CO₂/ha
Apport 30 m ³ /ha lisier bovin lait : - sur céréale d'hiver au printemps plutôt qu'à l'automne - sur maïs stade 4-5 feuilles plutôt qu'avant implantation	- 30 kg N/ha ²⁵	- 45 EQF/ha	+ 26 €/ha		- 380 kg éq. CO₂/ha
	- 12 kg N/ha ²⁵	- 18 EQF/ha	+ 10 €/ha		- 150 kg éq. CO₂/ha

²⁵ Chambre d'agriculture de Lorraine, Réglette Lor'N, 2008.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Digestat brut liquide : - sur céréale d'hiver apport au printemps plutôt qu'à l'automne de 25 m ³ /ha - à l'automne , 20 m ³ /ha avant implantation du colza plutôt qu'avant une céréale d'hiver	- 22 kg N/ha ²⁶	- 33 EQF/ha	+ 19 €/ha	0	- 280 kg équ. CO₂/ha
	- 27 kg N/ha ²⁶	- 40 EQF/ha	+ 23 €/ha		- 340 kg équ. CO₂/ha
Apport 30 m ³ /ha de lisier : - avec un pendillard - avec un enfouisseur (par rapport à la buse palette)	- 25 kg N/ha ²⁷	- 38 EQF/ha	+ 22 €/ha	Matériel d'épandage adapté	- 315 kg équ. CO₂/ha
	- 33 kg N/ha ²⁷	- 50 EQF/ha	+ 29 €/ha		- 415 kg équ. CO₂/ha
Enfourir son effluent solide (ex 30 t/ha de fumier frais) par un travail du sol adéquat sous 12 h au lieu d'enfourir plus de 24 h après l'épandage	- 10 kg N/ha ²⁷	- 15 EQF/ha	+ 9 €/ha		- 130 kg équ. CO₂/ha

Par exemple, pour un épandage de lisier de 30m³/ha sur 30 ha, l'utilisation d'un enfouisseur permet d'économiser **1 à 2 %** des consommations d'énergie des systèmes bovin lait et de réduire de **7 à 12 %** des émissions totales de GES en système spécialisé et **4 à 5 %** en système polyculture.

²⁶ Chambre d'agriculture de Lorraine, fiche technique : digestats de méthanisation, mai 2019.

²⁷ Calculs de pertes réalisées à partir de l'ADEME (2012), OMINEA (2017).

Autres intérêts

- L'apport de matière organique avant implantation de colza permet son développement rapide et une meilleure résistance aux ravageurs
- Le bon enfouissement permet de réduire les odeurs et d'améliorer la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)
- Le bon positionnement par rapport aux besoins des cultures diminue les fuites de nitrates et améliore la qualité de l'eau

Limites

- Calendrier des chantiers pour réaliser les apports aux périodes où les différents types de matières organiques seront les mieux valorisées par rapport aux besoins des cultures

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides financières ponctuellement disponibles pour l'achat de matériel type pendillard ou enfouisseur

Intégrer des cultures légumineuses ou peu exigeantes en azote dans la rotation

Les légumineuses (trèfle, luzerne, pois, soja, lentille, pois chiche, lupin...) sont capables de s'autoalimenter en azote et peuvent restituer de l'azote à la culture suivante dans la rotation. Les cultures peu exigeantes en azote comme le tournesol, le chanvre ou l'avoine permettent aussi de diminuer les consommations d'azote de synthèse.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : introduction de 3 ans de prairie temporaire avec légumineuses dans une rotation maïs ensilage/ blé/orge d'hiver	- 76 kg N/ha (même consommation de GNR**)	- 115 EQF/ha	+ 66 €/ha	Eventuellement matériel de récolte de l'herbe ou faire appel à un prestataire	- 960 kg éq. CO₂/ha
Ex 2 : pois p - colza - blé - tournesol - blé (couverts avant les cultures de printemps) par rapport à un système colza - blé - orge h (essai système PIC-2 Haroué 2012-2016)	- 60 kg N/ha + 11 L GNR/ha ²⁸ (semis couverts intermédiaires et augmentation du travail du sol)	- 77 EQF/ha	+ 45 €/ha	Equipement barre de coupe tournesol	- 660 kg éq. CO₂/ha

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

** Hypothèses de calcul consommations de GNR des PT : la 1^{ère} année semis après labour et déchaumage puis 3 coupes dont une en ensilage, les années 2 et 3 uniquement 3 coupes. Consommations estimées à l'aide du tableau CDA29. Pour calculer l'économie d'énergie liée aux achats d'aliments, voir la fiche "autonomie fourragère"

²⁸ Calculé avec Systerre

Si l'exemple 1 est appliqué sur toute la surface cultivée (COP + maïs ensilage) en système spécialisé, ce levier représente une économie de **4 à 8 %** des consommations totales d'énergie et **23 à 43 %** des émissions totales de GES de ces systèmes. S'il est appliqué sur la moitié de la surface cultivée en système bovin lait culture, ce levier représente une économie d'environ **6,5 %** des consommations totales d'énergie et **25 %** des émissions totales de GES de ces systèmes.

Si l'exemple 2 est appliqué sur toute la surface en COP, ce levier représente une économie de **2 à 3 %** des consommations totales d'énergie et **10 à 16 %** des émissions totales de GES en système spécialisé. En système bovin lait culture cela représente **7 à 9 %** des consommations totales d'énergie et **29 à 34 %** des émissions totales de GES.

Autres intérêts

- Diversification des cultures : meilleure résilience climatique et économique
- Allongement des rotations et alternance des cycles hiver, printemps et été = levier agronomique important pour la gestion des adventices et des ravageurs
- Étalement du temps de travail dans l'année
- Plus de biodiversité
- Amélioration du système sol avec l'introduction de prairies : diminution de l'érosion et du ruissellement, amélioration de la qualité de l'eau, stockage de carbone
- Amélioration de la qualité de l'air : à l'échelle de la rotation, moins d'émission de NH₃

Limites

- Technicité gestion de nouvelles cultures et rentabilité de ces dernières qui peut être en-deçà des cultures classiques
- Rentabilité économique à évaluer au cas par cas

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides couplées PAC pour le soja, le pois, la féverole, le lupin, les légumineuses fourragères destinées à la déshydratation, les semences de légumes fourragères
- Disposer de débouchés pour les cultures de diversification



Implanter des couverts intermédiaires

Les couverts d'interculture absorbent l'azote minéral présent à la récolte du précédent et celui provenant de la minéralisation de l'arrière-saison. Après la destruction ou la récolte, une partie de l'azote mobilisé peut être remis à disposition à court terme pour la culture qui suit ou à moyen/long terme par réorganisation d'une partie de l'azote qui viendra intégrer le cycle de la matière organique du sol.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Exemple : avoine + pois fourrager semé fin juillet, récolté début octobre à 2,5 tMS/ha avant semis maïs ensilage, comparé à une situation sans couvert	- 30 kg N/ha** - 2,5 tMS/ha achat fourrage + 38 L GNR/ha ²⁹ (semis et récolte)	- 158 EQF/ha soit 4 à 5 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé mixte à maïs et 2,9 à 3,4 % en système polyculture mixte à maïs	+ 50 à 75 €/ha	15 €/ha si semences autoproduites	- 600 kg éq. CO₂/ha soit 9 à 14 % des émissions totales de GES en système spécialisé mixte à maïs et 5 à 6,5 % en système polyculture mixte à maïs

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

** Economie pour la culture suivante. Chiffrage réalisé à partir de la méthode MERCI développé par la CRA Poitou-Charentes

²⁹ Calculé avec Systemre

Autres intérêts

- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates et de produits phytosanitaires)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)
- Les couverts dérobés récoltés pour le fourrage permettent une meilleure sécurité fourragère et des économies d'aliments
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, stockage de carbone, infiltration, vie biologique...)

Limites

- Réussite dépendante des conditions météorologiques (pluviométrie à l'implantation et pendant l'interculture)
- Prix des semences
- Augmentation du temps de travail et disponibilité de la main d'œuvre au moment de l'implantation (fin juillet/début août pour atteindre une biomasse suffisante)
- Technicité gestion de l'interculture (choix des espèces, date d'implantation et de destruction ou de récolte...)

Éléments de contexte impactant le levier

- Mise en œuvre obligatoire en zone vulnérable nitrate du 15/08 au 15/10
- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour l'équipement
- Aides PAC sur les surfaces d'intérêt écologique (SIE)
- Changement climatique potentiellement impactant sur le développement des couverts (date de mise en place et de destruction) et la réserve utile en eau des sols

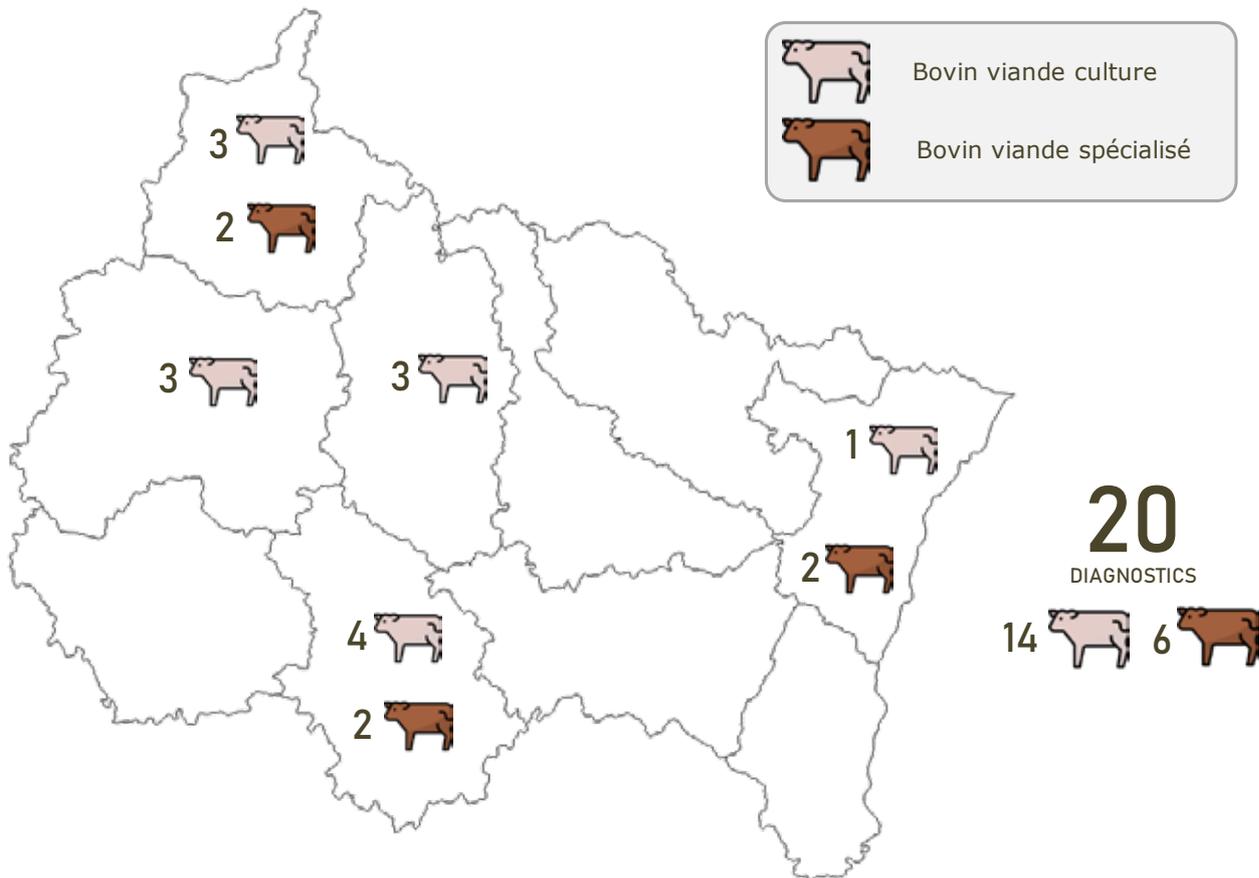
Bovin viande





Repères

RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS BOVIN VIANDE DANS LE GRAND EST



BOVIN VIANDE SPÉCIALISÉ



6 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2011

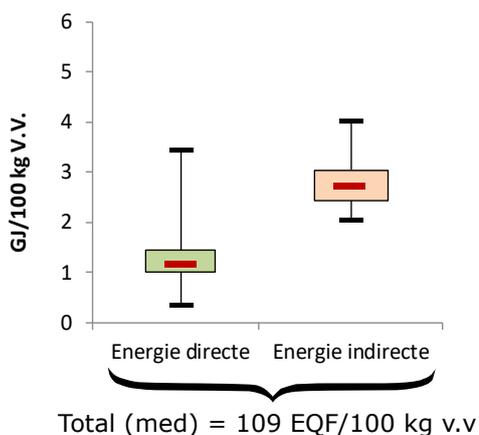
« Critères »

- SFP supérieure à 60 % de la SAU et surface cultures inférieure à 100 ha
- Pas d'atelier lait, présence d'un atelier bovin viande
- Exclusion des exploitations avec atelier porcs ou volailles

« Exploitation médiane »

- 152 ha dont 106 ha en SFP avec 99 ha en herbe
- 142 UGB bovin viande dont 67 vaches allaitantes
- Productions annuelles : 49 623 kg viande vive, 2238 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

« CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE »



	Poste	GJ/100 kg V.V.			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,8	1,0	1,1	3,7	4,5	4,9
	Electricité	0,06	0,10	0,16	0,2	0,7	0,9
INDIRECTE	Achats aliments	0,3	0,3	0,9	0,6	2,3	5,4
	Engrais	0,5	0,7	1,0	2,5	2,9	3,1
	Matériels	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,0
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,5	1,1	1,6	1,8	2,4	5,4
Total		3,3	3,9	4,2	11,9	15,2	18,3

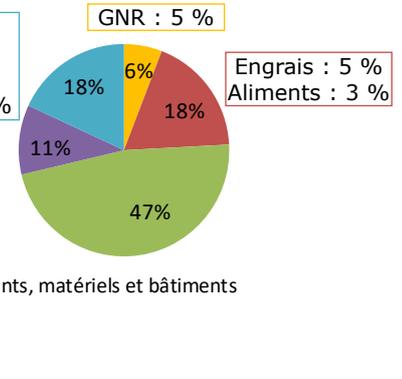
La consommation d'énergie indirecte est deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte.

EMISSIONS BRUTES DE GES

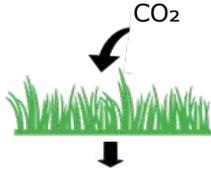
Médiane des émissions : **1,5 t éq. CO₂/100 kg V.V**
 ou 4,9 t éq. CO₂/ha/an
 50 % émettent entre 1,3 et 2,2 t éq. CO₂/100 kg V.V

Près de la moitié des émissions sont issues de la fermentation entérique dans les systèmes viande spécialisés. Les postes secondaires correspondent à la gestion des déjections puis aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 9 % des émissions totales.

Epandage engrais : 4 %
 Epandage effluents : 3 %
 Résidus de culture : 3 %
 N restitué au pâturage : 3 %



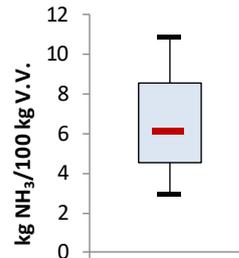
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,15 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **11 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,13 et 0,16 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **6,2 kg de NH₃/100 kg V.V**
 ou 22 kg de NH₃/ha/an
 50 % des exploitations émettent entre 4,5 et 8,5 kg de NH₃/100 kg V.V

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.

 *Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution
 Toutes les consommations et émissions incluent l'atelier cultures de vente*

> Voir leviers Fertilisation azotée et Carburant

BOVIN VIANDE CULTURE



14 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2014

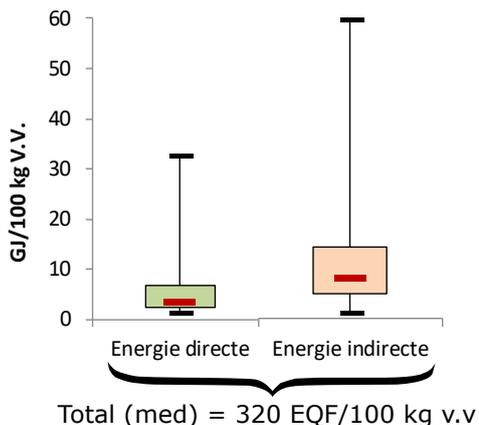
「 Critères 」

- SFP inférieure à 60 % de la SAU ou surface cultures inférieure à 100 ha
- Pas d'atelier lait, présence d'un atelier bovin viande
- Exclusion des exploitations avec ateliers porc ou volailles

「 Exploitation médiane 」

- 194 ha dont 45 ha de SFP 100 % en herbe
- 53 UGB bovin viande dont 35 vaches allaitantes
- Productions annuelles : 27 479 kg viande vive et 8394 q de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

「 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE 」



		GJ/100 kg V.V.			GJ/ha		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	1,7	2,8	5,6	3,1	3,9	5,6
	Electricité	0,2	0,4	0,7	0,2	0,5	0,6
INDIRECTE	Achats aliments	0,4	0,9	1,9	0,4	1,0	2,3
	Engrais	1,7	3,7	10,3	5	6,3	7,3
	Matériels	0,3	0,6	1,1	0,8	0,9	1,1
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	1,1	1,7	2	1,0	1,4	2,9
Total		8,1	11,5	20,3	14,0	15,3	19,2

La consommation d'énergie indirecte est deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte. La forte variabilité de la consommation d'énergie indirecte est due à la part d'engrais variable selon les différences de production de cultures entre les exploitations. En exprimant cette consommation par quintal produit, la médiane est de 0,09 GJ/q avec 50 % des exploitations qui consomment entre 0,06 et 0,12 GJ/q.

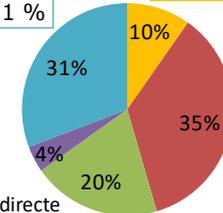
EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **2,6 t éq. CO₂/100 kg V.V**
ou 3,3 t éq. CO₂/ha/an
 50 % émettent entre 1,7 et 4,4 t éq. CO₂/100 kg V.V.

Près du quart des émissions sont dues aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 23 % des émissions totales. Les postes secondaires correspondent à la fermentation entérique puis à la dégradation des résidus de cultures laissés au sol.

Résidus de culture : 12 %
 Epandage engrais : 11 %

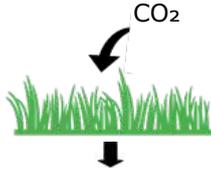
GNR : 7 %



Engrais : 13 %
 Aliments : 4 %

- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Fermentation entérique
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

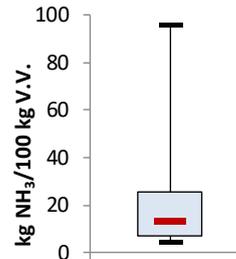
STOCKAGE DE CARBONE VIA LES PRAIRIES



Environ **0,08 tC/ha/an** stockée dans le sol **grâce aux prairies**, soit **9 %** des émissions brutes totales de GES de l'exploitation.

50 % des exploitations stockent entre 0,05 et 0,09 tC/ha/an.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **13,9 kg de NH₃/100 kg V.V**
ou 17,4 kg de NH₃/ha/an

50 % des exploitations émettent entre 6,9 et 25,8 kg de NH₃/100 kg V.V.

Le NH₃ provient de la gestion de la matière organique et de la fertilisation minérale.



Toutes les consommations et émissions incluent l'atelier cultures de vente

L'ESSENTIEL BOVIN VIANDE

Indicateurs médians	Bovin viande spécialisé		Bovin viande culture	
	/100 kg V.V	/ha	/100 kg V.V	/ha
SAU (ha)	152		194	
Surface en COP (ha)	44		136	
SFP/SAU (%)	72		33	
Maïs ensilage/SFP (%)	7		2	
Nb VA	67		35	
Chargement (UGB/SFP)	1,4		1,2	
Production viande (100 kg V.V)	496		275	
Production COP (q)	2238		8394	
Aliments achetés (kg MS/UGB)	490		783	
Azote minéral épandu (kg/ha)	53		105	
GNR consommé (L/ha)	98		86	
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	3,9	15,2	11,5	15,3
Emissions GES brutes - Stockage C des prairies = Emissions nettes (t éq. CO₂)	1,4	4,4	2,4	3,0
Emissions NH₃ (kgNH₃)	6,2	22	13,9	17,4

Coûts énergétiques et émissions de GES liés à la production et à l'acheminement de quelques intrants

	Energie primaire (MJ)	GES (kg éq. CO ₂)*
Energie fossile		
1 L GNR	45,6	3,25
Engrais		
1 kg d'azote (solution azotée)	59	5,2
Aliments		
1 t tourteau soja (Brésil)	12 804	1151
1 t tourteau colza	3329	460

*Les émissions de GES intègrent la combustion du GNR à la ferme.

Leviers

Carburant



		
1 L de GNR (gazole non routier), c'est :	1,27 EQF consommés	3,25 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
À l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 L/ha de GNR évité représente :	127,4 EQF économisés	325 kg éq. CO ₂ évités

Les fiches suivantes présentent les différentes pistes pour faire des économies de carburant :

- par un bon entretien de son tracteur
- par l'éco-conduite
- par l'optimisation des parcours (échanges parcellaires, agencement des chemins, etc)
- par la diminution du travail du sol

Réaliser un contrôle de son tracteur au banc d'essai moteur

Le banc d'essai moteur permet de connaître la puissance, le couple, la consommation horaire, ainsi que la consommation spécifique (quantité de carburant nécessaire pour fournir un kW d'énergie) du tracteur. En Lorraine, sur des mesures réalisées en 2012 sur un échantillon de 120 tracteurs, **11 % des tracteurs surconsomment** en moyenne **2,9 L/h**, souvent à cause d'un problème mécanique (défaut de pompe à injection...) ou d'un manque d'entretien (filtre à air ou radiateur obstrué...)¹⁶. Par exemple, un choix de **pneumatiques adaptés** aux conditions peut induire une diminution de consommation du tracteur de 30 %, et un bon **entretien** du tracteur (nettoyage des filtres, entretien mécanique, gonflage des pneus) peut permettre d'économiser 8 % de la consommation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Surconsommation évitée grâce à un passage au banc d'essai moteurs pour une exploitation type polyculture-élevage (tracteurs utilisés 334 h/an sur 110 ha soit 3 h/ha) ³⁰	- 8,8 L/ha	- 11 EQF/ha soit 3 % des conso. totales d'énergie	+ 5 €/ha	Passage au banc d'essai : 140 à 200 €/tracteur	- 29 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES

³⁰ ALPA, Chambre régionale d'agriculture de Lorraine, "Agriculture et qualité de l'air", 2012.

Autres intérêts

- Levier facile à mettre en oeuvre
- Le banc d'essai moteur permet de diagnostiquer des problèmes sur les tracteurs agricoles jusqu'à une puissance de 500 chevaux maximum, et en identifiant les dysfonctionnements, de limiter les pannes
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Pratiquer l'éco-conduite et adapter la mécanisation aux besoins

Il s'agit de réduire la consommation énergétique des automoteurs de l'exploitation grâce à une meilleure adéquation tracteur (puissance)/outil, des réglages conformes au travail souhaité, un entretien et des contrôles réguliers, une conduite adaptée et, au besoin, l'utilisation d'un système d'autoguidage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Eco-conduite (ex exploitation bovin viande spécialisé, consommation médiane de 98 L de GNR/ha)	- 20 % ³¹ soit : 20 L/ha	- 25 EQF/ha soit 6 % des conso. totales d'énergie	+ 11 €/ha	Formation 70€ si contributeurs VIVEA, sinon 300€ (formation CDA 51)	- 65 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES
Adaptation de la puissance du tracteur à celle nécessaire au travail engagé*. Ex : passer d'un tracteur de 100 à 51 ch pour une déssileuse pailleuse récente	- 2 L/h ³² soit 180 L/an	- 230 EQF/an soit 0,4 % des conso. totales d'énergie	+ 160 €/an	0	- 750 kg éq. CO₂/an soit 0,6 % des émissions totales de GES

* Plus de référence dans la plaquette "Consommations de GNR pour les tracteurs utilisés en bâtiments d'élevage : évaluer et maîtriser ses consommations" de la chambre d'agriculture de la Manche et IDELE, 2011

³¹ S. Pellerin, et al. "Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des GES ?", p.77, 2013.

³² Debroize, D. Chambres d'agriculture de Bretagne, "EcoGNR : de nombreux leviers pour économiser le carburant", Pour une utilisation 180 jours - 30 min/j en système bovin viande spécialisé.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Lester à bon escient : exemple de l'influence du retrait d'une surcharge inutile d'1 tonne à 7 km/h. Tracteur utilisé 2,5 h/ha/an	- 1,5 L/h soit - 3,7 L/ha ³³	- 4,7 EQF/ha	+ 3,3 €/ha	0	- 12 kg éq. CO₂/ha

Autres intérêts

- Formation à l'éco-conduite en partie prise en charge par fond Vivéa
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Limites

- Adaptation de la puissance du tracteur : on ne peut pas avoir un tracteur par outil ou par machine, il convient de raisonner au niveau d'un parc de machines pour un tracteur

³³ Chambre d'agriculture Nord-pas-de-Calais, "Référentiel consommation d'énergie dans les exploitations du Nord-pas-de-Calais", 2013.

Rapprocher les parcelles de l'exploitation

La reprise d'îlots éloignés du siège de l'exploitation augmente la durée des trajets avec un impact économique et environnemental certain. Les échanges parcellaires permettent de limiter cette contrainte. Sont présentés les résultats d'un rapprochement de parcelles sur 5 km et sur 10 km.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Rapprochement d'une parcelle de 10ha de maïs ensilage					
- de 5 km	- 36 L/ha ³⁴	- 46 EQF/ha	+ 25 €/ha		- 120 kg éq. CO₂/ha
- de 10 km	- 73 L/ha ³⁴	- 93 EQF/ha soit 2 % des conso. totales d'énergie en bovin viande spécialisé, 1 % en bovin viande culture	+ 50 €/ha	Frais de notaire si échange de propriété	- 240 kg éq. CO₂/ha soit 2 % des émissions totales de GES en bovin viande spécialisé, 1 % en bovin viande culture

³⁴ Chambre d'agriculture de la Manche, "Les échanges parcellaires, on a tous à y gagner", 2012.

Autres intérêts

- Besoin d'accord entre agriculteurs et/ou propriétaires
- Gain de temps : 31 heures pour un ilot de 10 ha de maïs ensilage qui était éloigné de 5 km, et 50 heures s'il était éloigné de 10 km

Limites

- Besoin d'accord entre agriculteurs et/ou propriétaires
- Prendre en compte les contraintes réglementaires et environnementales (PAC, plan d'épandage, etc.)

Diminuer le travail du sol

Chaque système d'implantation a ses avantages et ses limites, et la multiplication des outils de travail du sol rend de plus en plus complexe le choix des techniques culturales à mettre en œuvre sur son exploitation. Types de sol, systèmes de cultures, contraintes environnementales et contraintes de temps de travail, coûts des interventions sont un ensemble de facteurs impactant ce choix. Les chiffres suivants sont basés sur des simulations réalisées en sols argileux, limoneux et argilo-calcaires.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer d'un labour systématique à un labour occasionnel (100 % à 70 % de l'assolement en COP)	- 5 L/ha ³⁵ de COP	- 6 EQF/ha de COP soit 0,5 % des conso. totales d'énergie en bovin viande spécialisé, 1 % en bovin viande culture	+ 3,5 €/ha	0	- 16 kg éq. CO₂/ha soit 0,6 % des émissions totales de GES en bovin viande spécialisé, 1 % en bovin viande culture
Passer d'un travail du sol en technique culturale simplifiée (TCS) profond (2 déchaumages + décompacteur) à un TCS superficiel (1 déchaumage rapide)	- 9,5 L/ha ³⁵	- 12 EQF/ha	+ 6,7 €/ha		- 31 kg éq. CO₂/ha

* Attention, émissions de N₂O non prises en compte : elles sont très souvent plus importantes en TCS ou en semis-direct qu'en labour les premières années, puis la différence a tendance à s'atténuer avec le temps (Nicolardot et Germon, 2008).

³⁵ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Impact sur les charges 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer de TCS au semis-direct**	- 13 L/ha ³⁶	- 17 EQF/ha	Ch. méca : - 24 €/ha Ch. herbicides : + 5 €/ha Ch. opé. : + 9 €/ha Soit économie de 10 €/ha		- 42 kg éq. CO₂/ha
Passer du labour au semis-direct** sur les surfaces en COP	- 25 L/ha ³⁶ de COP	- 32 EQF/ha de COP soit 3 % des conso. totales d'énergie en bovin viande spécialisé, 5 % en bovin viande culture	Ch. méca : - 41 €/ha Ch. herbicides : + 10 €/ha Ch. opé. : + 16 €/ha Soit économie de 15 €/ha	0	- 81 kg éq. CO₂/ha soit 3 % des émissions totales de GES en bovin viande spécialisé, 5 % en bovin viande culture

* Attention, émissions de N₂O non prises en compte : elles sont très souvent plus importantes en TCS ou en semis-direct qu'en labour les premières années, puis la différence a tendance à s'atténuer avec le temps (Nicolardot et Germon, 2008).

** Résultats du réseau Semis Direct des Chambres d'Agriculture de Lorraine (2005 à 2008).

³⁶Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

Autres intérêts

- Diminution du temps de travail et augmentation de la surface maximale semée
- Parc matériel très restreint en semis direct
- Cultiver sans labour réduit l'érosion au sein des parcelles et potentiellement les transferts de produits phytosanitaires dans l'eau
- La biodiversité du sol est favorisée par les techniques sans labour (en particulier la flore microbienne de surface, les vers de terre, les arthropodes et leurs prédateurs)

Limites

- L'absence de travail du sol nécessite l'emploi quasi-systématique d'herbicides pour la destruction des couverts ou des repousses : attention à l'impact du salissement sur le long terme
- Le semis direct sous couvert est très pointu à gérer et susceptible de pénaliser la culture en cas de mauvaise implantation (mauvaise répartition des pailles, limaces, mulots...), en particulier sur le colza³⁷. Généralement, perte de rendement de 5 à 10 % observée les 5 premières années^{37,38,39}
- L'absence totale de travail du sol peut pénaliser les cultures en cas de tassement en particulier dans les terres où la vitesse de ressuyage est limitée (sauf si année sèche au début de l'arrêt du travail du sol : portance améliorée)

³⁷ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

³⁸ CA67 - ARAA, "Historique des rendements maïs grain essai de Hochfelden", 2002-2012.

³⁹ ARAA "Etablissement et validation d'un référentiel régional sur le travail du sol simplifié dans le Rhin supérieur", 2005.

Éléments de contexte impactant le levier

- Le changement climatique pourrait faire évoluer le nombre de jours disponibles pour semer et ainsi les types de systèmes d'implantation choisis par les agriculteurs
- Évolutions réglementaires concernant l'utilisation du glyphosate

Alimentation

La formulation de concentrés, la production et le transport de céréales, protéagineux et fourrages, consomment de l'énergie et sont sources d'émission de CO₂.

		
100 kg de tourteau de soja	36 EQF	115 kg éq. CO ₂
100 kg de VA18	10 EQF	56 kg éq. CO ₂
500 kg MS de foin PN ou PT acheté	32,5 EQF	108 kg éq. CO ₂
500 kg MS maïs ensilage acheté	13 EQF	100 kg éq. CO ₂

Optimiser le système pour être plus autonome, favoriser l'autoconsommation ou la consommation de co-produits locaux sont autant de leviers efficaces pour limiter l'impact des achats d'aliments extérieurs sur le climat et les ressources énergétiques.

Être autonome en fourrages

L'autonomie fourragère permet de limiter les achats d'aliments extérieurs, et donc les consommations énergétiques et les émissions de GES associées. A effectif identique, elle peut être atteinte par une substitution de surfaces (moins de cultures), par une augmentation de la productivité d'herbe via la fumure azotée ou par une amélioration de la gestion du pâturage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Par UGB : substituer de 8 ares de céréales par de la prairie (productivité de 6 tMS/ha) pour produire 500 kg de MS d'herbe supplémentaire	- 500 kg de MS de foin acheté/UGB - 10 kg N/UGB - 3 L de GNR/UGB	- 49 EQF/UGB soit 12 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 3 % en système polyculture	Variable suivant les cours et les potentiels de rendement mais vente de céréales en moins	0	- 284 kg éq. CO₂/UGB soit 34 % des émissions totales de GES en système spécialisé et 8 % en système polyculture
Par UGB : substituer de 4,5 ares de céréales par du maïs ensilage (productivité 11 tMS) pour produire 500 kg de MS de maïs supplémentaire/UGB	- 500 kg de MS de maïs ensilage acheté/UGB - 2,9 kg N/UGB + 1 L de GNR/UGB	- 16 EQF/UGB soit 4 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 1 % en système polyculture			- 194 kg éq. CO₂/UGB soit 23 % des émissions totales de GES en système spécialisé et 5 % en système polyculture

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Fertiliser des prairies peu ou pas fertilisées (+ 25 kg N/ha = 1 tMS en plus) pour produire 500 kg de MS d'herbe supplémentaire/UGB	- 500 kg MS de foin acheté/UGB + 12,5 kg N/VL	- 16 EQF/UGB	+ 49 €/UGB Variable suivant les cours	0	= ou - suivant le mode de production du foin acheté
Passer d'un chargement au pâturage en passant de 50 ares/UGB à 35 ares/UGB au printemps (pour récolter 500 kg de MS d'herbe supplémentaire/UGB	- 500 kg MS de foin acheté/UGB + 3,3 L GNR/UGB	- 28 EQF/UGB soit 7 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 2 % en système polyculture	+58 €/UGB		- 99 kg éq. CO₂/UGB soit 12 % des émissions totales de GES en système spécialisé et 3 % en système polyculture

Hypothèse pâture : pas de fauche de refus à moindre valeur.

Autres intérêts

- Avec l'hypothèse semis de prairies : allongement de la rotation (levier agronomique pour la gestion des adventices, amélioration de la fertilité du sol, stockage de carbone, moins d'apports d'azote et donc moins de fuites de nitrates dans l'eau et d'ammoniac dans l'air et gestion des adventices)
- Évite la recherche d'achat de fourrages et l'exposition à leur variation de prix
- Leviers faciles à mettre en place

Limites

- Hypothèse réduction des surfaces en céréales : intérêt économique à vérifier en fonction du potentiel de production. Moins de production de paille
- Pour l'hypothèse prairies : technicité à acquérir si culture nouvelle (difficulté d'implantation)
- Pour l'hypothèse pâture : gestion à mettre en place (clôtures, temps de travail, etc.)

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides PAC sur les surfaces en herbe
- Forte variabilité des cours liées à la concurrence et aux aléas climatiques

Substituer le tourteau de soja par du tourteau de colza

Le tourteau de colza produit en Europe et pour le Grand Est relativement proche des exploitations (Meuse, Allemagne, etc.). Il est moins consommateur d'énergie et moins émetteur de GES que le tourteau de soja issu de culture du Brésil ou des États Unis. Le substituer permet donc de faire des économies.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Substituer du tourteau de soja par du tourteau de colza	- 100 kg de tourteau soja/UGB + 150 kg de tourteau colza/UGB	- 21,8 EQF/UGB soit 5,4 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 1,3 % en système polyculture	Suivant cours mais majoritairement intéressant	0	- 46 kg éq. CO₂/UGB soit 5,5 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 1,2 % en système polyculture

Autres intérêts

- Le colza est riche en phosphore. Il permet de limiter les achats de minéraux
- L'utilisation du tourteau de colza est bien connue et efficace
- Levier facile à mettre en place

Limites

- Changement de rationnement : adaptation du troupeau
- Coût : suivre l'évolution du coût des matières premières et acheter en fonction des opportunités
- Le volume à stocker est plus important : achats plus fréquents

Éléments de contexte impactant le levier

- Aliment sans OGM
- Le soja peut être associé à de la déforestation. En limitant les achats on participe moins à ces pratiques
- Le Grand Est est une région très productrice de colza, le tourteau est facile à trouver

Fertilisation azotée

		
1 unité d'azote, c'est :	1,51 EQF consommés	12,6 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
À l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 unité d'azote évitée représente :	151,6 EQF économisés	1,26 t éq. CO ₂ évités

En premier lieu, l'optimisation de la fertilisation consiste à bien prendre en compte **le précédent, les apports organiques, les couverts, le système de culture et le type de sol pour ajuster au mieux la dose** apportée et répondre aux besoins réels de la culture. Pour cela de nombreuses références existent en Grand Est : la méthode de fertilisation Lor'N, document de référence en Champagne-Ardenne et document de référence en Alsace. Par exemple, une étude menée en Lorraine et en Alsace de 2012 à 2018 montre que si tous ces paramètres étaient bien pris en considération dans le calcul de dose, des économies de 15 à 30 unités d'azote seraient possibles, ce qui représente 23 à 45 EQF/ha économisés et 190 à 380 kg éq. CO₂/ha évités.

Les fiches suivantes précisent ainsi ce que peuvent apporter d'un point de vue énergétique et climatique une bonne valorisation des formes minérales et organiques d'azote ainsi que l'introduction de légumineuses dans la rotation.

Optimiser la valorisation de l'azote minéral par la plante

Ce levier consiste à limiter la volatilisation et la lixiviation (choix de la forme de l'engrais, enfouissement, conditions climatiques au moment à l'épandage et après l'épandage...), à localiser les engrais, fractionner les apports pour être au plus proche des besoins de la plante, par exemple avec des outils de pilotage en végétation type N-tester, GNP-pilot, Héliotest, Jubil, systèmes de modulation de dose intra-parcellaire type N-sensor, etc.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Choix de la forme de l'engrais pour une dose moyenne de 100 uN/ha : - ammonitrate vs urée	- 17 à 37 kg N/ha ⁴⁰ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 70 à 100 EQF/ha* soit 16 à 23 % des conso. totales d'énergie en système polyculture	- 3 à + 14 €/ha	0	- 215 à 470 kg éq. CO₂/ha* soit 6,5 à 14 % des émissions totales de GES en système polyculture
- ammonitrate vs solution azotée	- 7 kg N/ha ⁴⁰ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 23 EQF/ha*	+ 2 €/ha		- 90 kg éq. CO₂/ha*

* Différence de coût énergétique et de GES pour produire les deux formes d'engrais + pertes d'azote évitées

⁴⁰ Calculs de pertes par volatilisation réalisés à partir de ADEME (2012), OMINEA (2017).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Positionner l'apport au moment où il sera le mieux valorisé par la plante Ex : expérimentation méthode de pilotage selon l'INN du blé et la pluviométrie*, dose moyenne totale de 200 uN	- 30 à 40 kg N/ha	- 45 à 60 EQF/ha	+ 26 à 35 €/ha	0	- 380 à 500 kg éq. CO₂/ha
Enfouissement d'urée par binage sur maïs pour une dose de 100 uN (essai Artzenheim 2014)	- 24 kg N/ha (pertes d'azote potentielles évitées)	- 36 EQF/ha soit 0,5 % des conso. totales d'énergie en système polyculture	+ 21 €/ha	Bineuse : 5000 à 15000 €	- 300 kg éq. CO₂/ha soit 2 % des émissions totales de GES en système polyculture

* Développement de méthodes de pilotage de l'azote basées sur l'indice de nutrition azotée de blé et du maïs (INN) et sur leurs capacités à supporter une carence azotée au stade tallage (suppression ou retard du 1^{er} apport) sans perte de rendement.

Autres intérêts

- L'optimisation des apports peut dans certains cas améliorer le rendement
- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)

Limites

- Meilleure précision de l'apport en liquide qu'en solide
- Les formes d'azote les plus volatiles sont moins chères
- Difficile de combiner une condition optimale d'apport d'azote (pluie suffisante après l'apport) et un passage de bineuse pour lutter efficacement contre les adventices (sol ressuyé)

Éléments de contexte impactant le levier

- Changement climatique : incertitudes sur les périodes de forte probabilité de pluies pouvant valoriser les apports

Optimiser la valorisation de l'azote organique par la plante

Ce levier consiste à choisir des cultures valorisant le mieux la matière organique et des périodes où le risque de fuite de nitrates est le plus faible, ou à enfouir rapidement pour limiter la volatilisation. D'autre part, il est essentiel de bien intégrer la contribution azotée des effluents dans le calcul de dose à l'aide d'une analyse NPK de ses effluents (environ 80 €/analyse) ou bien de références comme la réglette Lor'N. Par exemple, un apport de 30 t/ha de fumier pailleux bovin lait fin d'hiver met à disposition 25 kg N/ha au maïs suivant.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Apport 30 t/ha fumier pailleux bovin viande : - à l'automne , avant implantation du colza plutôt qu'avant une céréale d'hiver - avant maïs, fin d'hiver plutôt qu'à l'automne	- 4 à 5 kg N/ha ⁴¹	- 6 à 8 EQF/ha	+ 4 €/ha	0	- 50 à 60 kg éq. CO₂/ha
Enfouir son effluent solide (ex 30t/ha de fumier frais) par un travail du sol adéquat sous 12 h au lieu d'enfouir plus de 24 h après l'épandage	- 10 kg N/ha ⁴²	- 15 EQF/ha	+ 9 €/ha	Matériel d'épandage adapté	- 130 kg éq. CO₂/ha

⁴¹ Chambre d'agriculture de Lorraine, Réglette Lor'N, 2008.

⁴² Calculs de pertes réalisées à partir de ADEME (2012), et OMINEA (2017).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Digestat brut liquide ⁴³ : - sur céréale d'hiver apport au printemps plutôt qu'à l'automne de 25 m ³ /ha - à l'automne , 20 m ³ /ha avant implantation du colza plutôt qu'avant une céréale d'hiver	- 22 kg N/ha	- 33 EQF/ha	+ 19 €/ha	0	- 280 kg éq. CO₂/ha
	- 27 kg N/ha	- 40 EQF/ha	+ 23 €/ha		- 340 kg éq. CO₂/ha
Apport 30 m ³ /ha de lisier : - avec un pendillard - avec un enfouisseur (par rapport à la buse palette)	- 25 kg N/ha ⁴⁴	- 38 EQF/ha	+ 22 €/ha	Matériel d'épandage adapté	- 315 kg éq. CO₂/ha
- 33 kg N/ha ⁴⁴	- 50 EQF/ha soit 2,6 % des conso. totales d'énergie en système spécialisé et 1,7 % en système polyculture	+ 29 €/ha	- 415 kg éq. CO₂/ha soit 11 % des émissions totales de GES en système spécialisé et 6 % en système polyculture		

⁴³ Chambre d'agriculture de Lorraine, "Fiche technique : digestats de méthanisation", mai 2019.

⁴⁴ Calculs de pertes réalisées à partir de l'ADEME (2012), OMINEA (2017).

Autres intérêts

- L'apport de matière organique avant implantation de colza permet son développement rapide et une meilleure résistance aux ravageurs
- Le bon enfouissement permet de réduire les odeurs et d'améliorer la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)
- Le bon positionnement par rapport aux besoins des cultures diminue les fuites de nitrates et améliore la qualité de l'eau

Limites

- Calendrier des chantiers pour réaliser les apports aux périodes où les différents types de matières organiques seront les mieux valorisées par rapport aux besoins des cultures

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides financières ponctuellement disponibles pour l'achat de matériel spécifique



Intégrer des cultures légumineuses ou peu exigeantes en azote dans la rotation

Les légumineuses (trèfle, luzerne, pois, soja, lentille, pois chiche, lupin...) sont capables de s'autoalimenter en azote et peuvent restituer de l'azote à la culture suivante dans la rotation. Les cultures peu exigeantes en azote comme le tournesol, le chanvre ou l'avoine permettent aussi de diminuer les consommations d'azote de synthèse.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : introduction de 3 ans de prairie temporaire avec légumineuses dans une rotation maïs ensilage/ blé/orge d'hiver	- 76 kg N/ha (même consommation de GNR**)	- 115 EQF/ha	+ 66 €/ha	Eventuellement matériel de récolte de l'herbe	- 960 kg équ. CO₂/ha
Ex 2 : pois p - colza - blé - tournesol - blé (couverts avant les cultures de printemps par rapport à un système colza - blé - orge h (essai système PIC-2 Haroué 2012-2016)	- 60 kg N/ha + 11 L GNR/ha ⁴⁵ (semis couverts intermédiaires et augmentation du travail du sol)	- 77 EQF/ha	+ 45 €/ha	Equipement barre de coupe tournesol	- 660 kg équ. CO₂/ha

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre

** Hypothèses de calcul consommations de GNR des PT : la 1^{ère} année semis après labour et déchaumage puis 3 coupes dont une en ensilage, les années 2 et 3 uniquement

⁴⁵ Calculé avec Systerre

Si l'exemple 1 est appliqué sur toute la surface cultivée (COP + maïs ensilage) en bovin viande spécialisé, ce levier représente une économie de **10 %** des consommations totales d'énergie et **42 %** des émissions totales de GES de ce système. S'il est appliqué sur la moitié de la surface cultivée en bovin viande culture, ce levier représente une économie d'environ **9 %** des consommations totales d'énergie et **33 %** des émissions totales de GES de ce système.

Si l'exemple 2 est appliqué sur toute la surface en COP, ce levier représente une économie de **6 %** des consommations totales d'énergie et **25 %** des émissions totales de GES en bovin viande spécialisé. En bovin viande culture cela représente **12 %** des consommations totales d'énergie et **45 %** des émissions totales de GES.

Autres intérêts

- Diversification des cultures : meilleure résilience climatique et économique
- Allongement des rotations et alternance des cycles hiver, printemps et été = levier agronomique important pour la gestion des adventices et des ravageurs
- Étalement du temps de travail dans l'année
- Plus de biodiversité
- Amélioration du système sol avec l'introduction de prairies : diminution de l'érosion et du ruissellement, amélioration de la qualité de l'eau, stockage de carbone
- Amélioration de la qualité de l'air : à l'échelle de la rotation, moins d'émission de NH₃

Limites

- Technicité gestion de nouvelles cultures et rentabilité de ces dernières qui peut être en-deçà des cultures classiques
- Rentabilité économique à évaluer au cas par cas

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides couplées PAC pour le soja, le pois, la féverole, le lupin, les légumineuses fourragères destinées à la déshydratation, les semences de légumes fourragères
- Disposer de débouchés pour les cultures de diversification



Implanter des couverts intermédiaires

Les couverts d'interculture absorbent l'azote minéral présent à la récolte du précédent et celui provenant de la minéralisation de l'arrière-saison. Après la destruction ou la récolte, une partie de l'azote mobilisé peut être remis à disposition à court terme pour la culture qui suit ou à moyen/long terme par réorganisation d'une partie de l'azote qui viendra intégrer le cycle de la matière organique du sol.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Exemple : avoine + pois fourrager semé fin juillet, récolté début octobre à 2,5 tMS/ha avant semis maïs ensilage, comparé à une situation sans couvert	- 30 kg N/ha** - 2,5 tMS/ha achat fourrage + 38 L GNR/ha (semis et récolte)	- 158 EQF/ha soit 2 % des conso. totales d'énergie en bovin viande spécialisé	+ 50 à 75 €/ha	15 €/ha si semences autoproduites	- 600 kg éq. CO₂/ha soit 4 % des émissions totales de GES en bovin viande spécialisé

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre

** Économie pour la culture suivante. Chiffrage réalisé à partir de la méthode MERCI développé par la CRA Poitou-Charentes

Autres intérêts

- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates et de produits phytosanitaires)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)
- Les couverts dérobés récoltés pour le fourrage permettent une meilleure sécurité fourragère et des économies d'aliments
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, stockage de carbone, infiltration, vie biologique...)

Limites

- Réussite dépendante des conditions météorologiques (pluviométrie à l'implantation et pendant l'interculture)
- Prix des semences
- Augmentation du temps de travail et disponibilité de la main d'œuvre au moment de l'implantation (fin juillet/début août pour atteindre une biomasse suffisante)
- Technicité gestion de l'interculture (choix des espèces, date d'implantation et de destruction ou de récolte...)

Éléments de contexte impactant le levier

- Mise en œuvre obligatoire en zone vulnérable nitrate du 15/08 au 15/10
- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour l'équipement
- Aides PAC sur les surfaces d'intérêt écologique (SIE)
- Changement climatique potentiellement impactant sur le développement des couverts (date de mise en place et de destruction) et la réserve utile en eau des sols

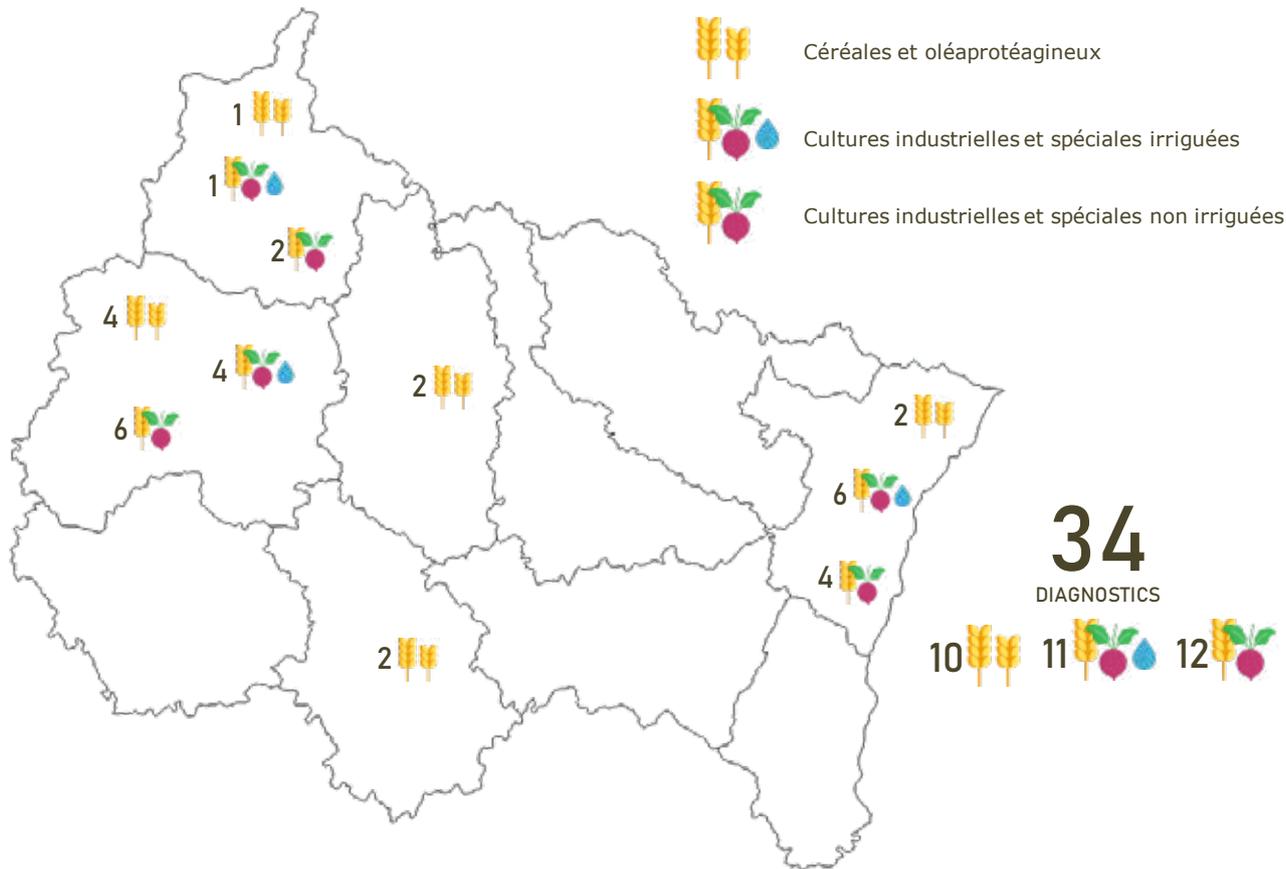


Grandes cultures



Repères

RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS GRANDES CULTURES DANS LE GRAND EST



CÉRÉALES ET OLÉOPROTÉAGINEUX



10 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2013

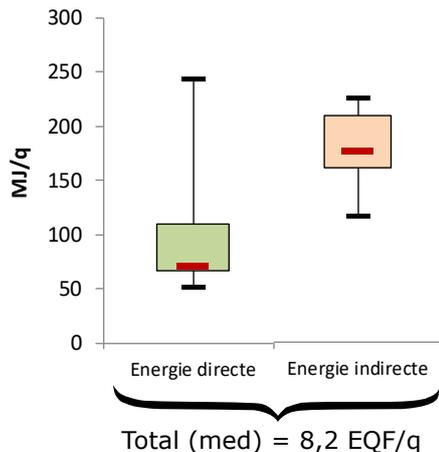
Critères

- Moins de 10 % de cultures industrielles et/ou spéciales dans la SAU
- Absence de serre supérieure à 1000 m² ou représentant plus de 2 % de la SAU et moins de 5 légumes différents produits par an
- Absence d'élevage

Exploitation médiane

- 126 ha de SAU entièrement en COP
- 87 ha céréales, 38 ha colza et 2,5 ha légumineuses
- 68 ha de blé tendre avec rendement de 78 q
- Production COP : 8725 q/an

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



	Poste	MJ/q			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	52	58	77	3,0	3,7	4,1
	Electricité	4,5	6,1	12,7	0,3	0,4	0,7
INDIRECTE	Engrais	131	147	172	8,1	9,4	10,5
	Matériels	8,4	13,3	16,6	0,5	0,7	1,1
	Autres intrants, bâtiments	14	20	25	0,9	1,3	1,4
Total		233	293	310	14	18	20

La consommation d'énergie indirecte est au moins deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte.

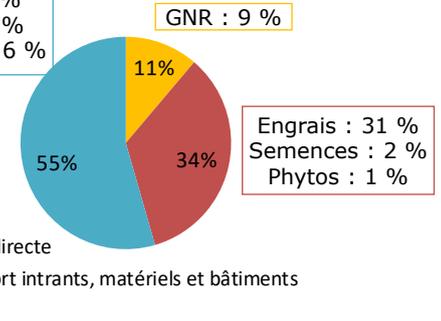
EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **46 kg éq. CO₂/q** ou **2,7 t éq. CO₂/ha/an**

50 % émettent entre 39 et 50 kg éq. CO₂/q

Plus de la moitié des émissions sont issues des engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 55 % des émissions totales. Les postes secondaires correspondent aux résidus de culture laissés au sol puis au GNR.

Épandage engrais : 24 %
Résidus de culture : 16 %
Ruissellement/lessivage : 6 %

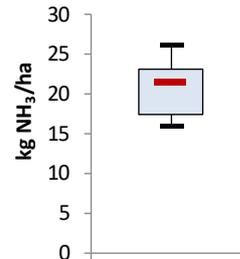


STOCKAGE DE CARBONE DANS LES SOLS

Un **blé** ou un **maïs** peut apporter **0,45 à 0,6 tC/ha** dans le sol sous forme d'humus stable via les pailles et les racines. Une **culture intermédiaire** peut apporter quant à elle en moyenne de **0,2 à 0,3 tC/ha**. (Arvalis Institut du Végétal, 2016).

Cependant, ces apports sont à mettre en relation avec le turn-over naturel du carbone dans les sols. Il dépend de nombreux paramètres comme le type de sol, la teneur initiale en carbone et en azote, le climat, etc.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **22 kg NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 17 et 23 kg NH₃/ha/an

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation azotée et des épandages de matière organique.



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution

GRANDES CULTURES AVEC CULTURES INDUSTRIELLES/SPÉCIALES IRRIGUÉES



11 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2017

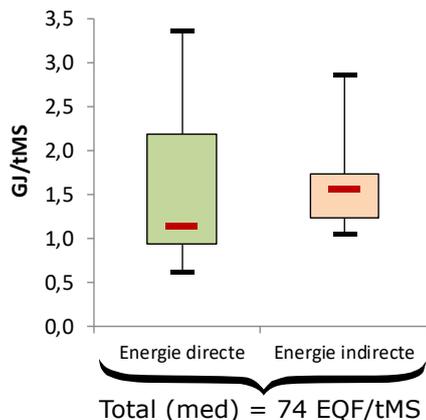
Critères

- Présence d'irrigation
- Cultures industrielles et/ou spéciales représentent plus de 10 % de cultures industrielles et/ou spécialisées dans la SAU
- Absence de serre supérieure à 1000 m² ou représentant plus de 2 % de la SAU, et moins de 5 légumes différents produits par an
- Absence d'élevage

Exploitation médiane

- 28 ha irrigués
- 81 ha de SAU dont 33 ha en cultures industrielles ou spéciales et 56 ha de céréales
- Productions : 4220 q/an de COP et 1935 t/an de cultures industrielles

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



	Poste	GJ/tMS			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,7	0,7	0,9	4,9	5,9	6,8
	Electricité	0,1	0,2	0,4	1,0	1,8	3,5
INDIRECTE	Engrais	0,9	1,2	1,3	8,4	9,0	10,4
	Matériels	0,1	0,1	0,2	0,5	1,1	1,7
	Autres intrants, bâtiments	0,2	0,2	0,3	1,3	1,8	2,2
	Total	2,2	2,6	4,5	20,2	22,1	25,8

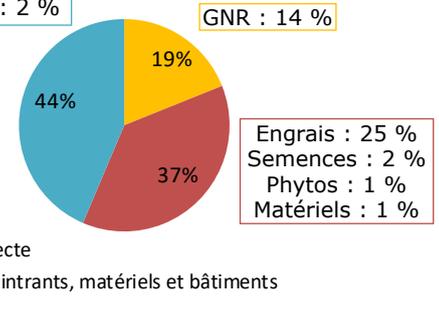
La consommation d'énergie directe est plus variable que la consommation d'énergie indirecte. Cette variabilité est due aux différences de surfaces irriguées entre les exploitations. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte.

EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **0,36 t éq. CO₂/tMS ou 2,8 t éq. CO₂/ha/an**
 50 % émettent entre 0,29 et 0,38 t éq. CO₂/tMS

Près de la moitié des émissions sont issues des engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 44 % des émissions totales. Les postes secondaires correspondent au GNR et à la dégradation des résidus de culture laissés au sol.

Epandage engrais : 19 %
 Résidus de culture : 13 %
 NH₃ transformé en N₂O : 2 %



STOCKAGE DE CARBONE DANS LES SOLS

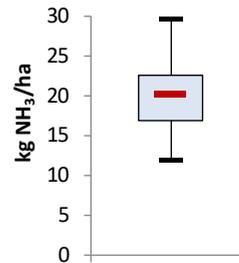
Un **blé** ou un **maïs** peut apporter **0,45 à 0,6 tC/ha** dans le sol sous forme d'humus stable via les pailles et les racines. Une **culture intermédiaire** peut apporter quand à elle en moyenne de **0,2 à 0,3 tC/ha**. (Arvalis Institut du Végétal, 2016).

Cependant, ces apports sont à mettre en relation avec le renouvellement naturel du carbone dans les sols. Il dépend de nombreux paramètres comme le type de sol, la teneur initiale en carbone et en azote, le climat, etc. Sous nos latitudes, **l'irrigation impacte très peu le stockage de carbone** : elle permet d'augmenter les rendements donc les quantités de carbone apportées au sol, mais accélère aussi le renouvellement du carbone (B.Trost et al., 2013).



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **20,2 kg NH₃/ha/an**
 50 % des exploitations émettent entre 16,9 et 22,5 kg NH₃/ha/an

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation azotée et des épandages de matière organique.

GRANDES CULTURES AVEC CULTURES INDUSTRIELLES/SPÉCIALES NON IRRIGUÉES



12 DIAGNOSTICS
de 2010 à 2016

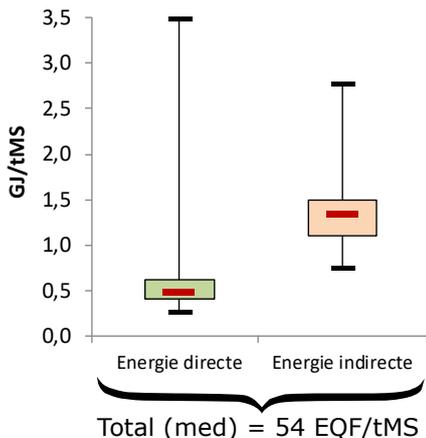
Critères

- Absence d'irrigation
- Cultures industrielles et/ou spéciales représentent plus de 10 % de cultures industrielles et/ou spéciales dans la SAU
- Absence de serre supérieure à 1000 m² ou représentant plus de 2 % de la SAU, et moins de 5 légumes différents produits par an
- Absence d'élevage

Exploitation médiane

- 139 ha de SAU dont 20 ha en cultures industrielles ou spéciales, 76 ha de céréales et 17 ha de légumineuses
- Productions : 7339 q/an de COP, 2004 t/an de cultures industrielles

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		GJ/tMS			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,3	0,4	0,5	3,2	3,9	4,3
	Electricité	0,02	0,04	0,07	0,1	0,3	0,5
INDIRECTE	Engrais	0,6	1,1	1,2	7,1	8,8	10,9
	Matériels	0,1	0,1	0,2	0,9	0,9	1,3
	Autres intrants, bâtiments	0,1	0,1	0,2	1,1	1,2	1,4
Total		1,7	1,9	2,0	14,7	16,1	19,2

La consommation d'énergie indirecte est presque trois fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes sont le GNR pour l'énergie directe et les engrais pour l'énergie indirecte.

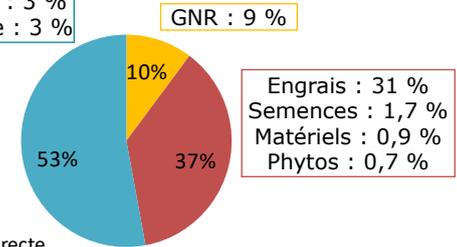
EMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **0,3 t éq. CO₂/tMS ou 2,4 t éq. CO₂/ha/an**

50 % émettent entre 0,24 et 0,32 t éq. CO₂/tMS

Plus de la moitié des émissions sont issues des engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 57 % des émissions totales. Les postes secondaires correspondent aux résidus de culture laissés au sol puis au GNR.

Épandage engrais : 26 %
Résidus de culture : 18 %
NH₃ transformé en N₂O : 3 %
Ruissellement/Lessivage : 3 %



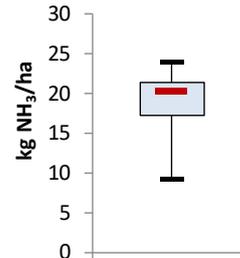
- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Sols agricoles

STOCKAGE DE CARBONE DANS LES SOLS

Il est aussi possible de stocker du carbone dans ces systèmes !

Par exemple, sur sol limoneux-sableux sur craie à 2,8 % de MO, une **luzerne** permet de stocker sur 30 cm de profondeur en moyenne **0,6 tC/ha** pour un cycle de trois ans (Simeos-AMG v1.3 AgroTransfert RT - CRAGE). Cette valeur de stockage prend en compte le renouvellement naturel du carbone dans les sols qui dépend de nombreux paramètres comme la teneur en carbone et en azote du sol, le climat, etc.

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **20,5 kg NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 17,3 et 21,4 kg NH₃/ha/an

Le NH₃ provient de la fertilisation azotée et des épandages de matière organique.



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution

L'ESSENTIEL GRANDES CULTURES

Indicateurs médians	Céréales et oléoprotéagineux		Avec culture indust./ spéciales irriguées		Avec cultures indust./spéciales non irriguées	
	/tMS	/ha	/tMS	/ha	/tMS	/ha
SAU (ha)	126		81		139	
Cultures indust. et spéciales (ha)	0		33		20	
Surface en céréales (ha)	87		56		76	
Surface en cultures légumineuses (ha)	2,5		0		17	
Cultures indust. et spéciales/SAU (%)	0		35		16	
Surface irriguée (ha)	0		28		0	
Production COP (q)	8725		4220		7339	
Production cultures industrielles (t)	0		1935		2004	
Azote minéral épandu (kg/ha)	165		143		152	
GNR consommé (L/ha)	80		132		85	
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	3	18	2,6	22,1	1,9	16,1
Emissions GES brutes (t éq. CO₂)	0,5	2,7	0,4	2,8	0,3	2,4
Emissions NH₃ (kg NH₃)	3	22	2	20	2	20,5

Coûts énergétiques et émissions de GES liés à la production et à l'acheminement de quelques intrants

	Energie primaire (MJ)	GES (kg éq. CO ₂)*
Energie fossile		
1 L GNR	45,6	3,25
1 kWh électricité	10,4	0,05
Engrais		
1 kg d'azote (solution azotée)	59	5,2

Coefficients énergétiques selon le type d'irrigation (données Dia'terre®)

Matériel d'irrigation	Coefficient énergétique (kWh/m ³ d'eau)
Aspersion enrouleurs	1
Aspersion rampe ou couverture totale intégrale	0,5
Aspersion basse tension	0,5
Goutte à goutte	0,3

*Les émissions de GES intègrent la combustion du GNR à la ferme.

Leviers

Carburant

		
1 L de GNR (gazole non routier), c'est :	1,27 EQF consommés	3,25 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
A l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 L/ha de GNR évité représente :	127,4 EQF économisés	325 kg éq. CO ₂ évités

Les fiches suivantes présentent les différentes pistes pour faire des économies de carburant :

- par un bon entretien de son tracteur ;
- par l'éco-conduite ;
- par l'optimisation des parcours (échanges parcellaires, agencement des chemins, etc) ;
- par la diminution du travail du sol.

Réaliser un contrôle de son tracteur au banc d'essai moteur

Le banc d'essai moteur permet de connaître la puissance, le couple, la consommation horaire, ainsi que la consommation spécifique (quantité de carburant nécessaire pour fournir un kW d'énergie) du tracteur. En Lorraine, sur des mesures réalisées en 2012 sur un échantillon de 120 tracteurs, **11 % des tracteurs surconsomment** en moyenne **2,9 L/h**, souvent à cause d'un problème mécanique (défaut de pompe à injection...) ou d'un manque d'entretien (filtre à air ou radiateur obstrué...) ⁴⁶. Par exemple, un choix de **pneumatiques adaptés** aux conditions de travail peut induire une diminution de consommation du tracteur de 30 %, et un bon **entretien** du tracteur (nettoyage des filtres, entretien mécanique, gonflage des pneus) peut permettre d'économiser 8 % de la consommation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Surconsommation évitée grâce à un passage au banc d'essai moteur pour une exploitation type grande culture (tracteurs utilisés 301 h/an sur 122 ha soit 2,5 h/ha)	- 7,2 L/ha ⁴⁶	- 9 EQF/ha soit 2 % des conso. totales d'énergie	+ 5 €/ha	Passage au banc d'essai : 140 à 200 €/tracteur	- 29 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES

⁴⁶ ALPA, Chambre régionale d'agriculture de Lorraine, "Agriculture et qualité de l'air", 2012.

Autres intérêts

- Levier facile à mettre en oeuvre
- Le banc d'essai moteur permet de diagnostiquer des problèmes sur les tracteurs agricoles jusqu'à une puissance de 500 chevaux maximum, et en identifiant les dysfonctionnements, de limiter les pannes
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Pratiquer l'éco-conduite et adapter la mécanisation aux besoins

Il s'agit de réduire la consommation énergétique des automoteurs de l'exploitation grâce à une meilleure adéquation tracteur (puissance)/outil, des réglages conformes au travail souhaité, un entretien et des contrôles réguliers, une conduite adaptée et, au besoin, l'utilisation d'un système d'autoguidage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Eco-conduite (ex : exploitation céréales et oléoprotéagineux, consommation médiane de 80 L de GNR/ha)	- 20 % ⁴⁷ soit - 16 L/ha	- 20 EQF/ha soit 3 à 4 % des conso. totales d'énergie	+ 11 €/ha	Formation 70€ si contributeurs VIVEA, sinon 300€ (formation CDA 51)	- 52 kg éq. CO₂/ha soit 2 % des émissions totales de GES
Adaptation de la puissance du tracteur à celle nécessaire au travail engagé* : Ex : passer d'un tracteur de 130 à 110 ch pour un semi combiné (largeur 3 m, débit de chantier 1,1 h/ha)	- 2 L/h ⁴⁸	- 2,5 EQF/an	+ 1,4 €/ha + 9000 € différence prix tracteur	0	- 6,5 kg éq. CO₂/an

* Plus de références dans la plaquette "Consommations de GNR pour les tracteurs utilisés en bâtiments d'élevage : évaluer et maîtriser ses consommations" de la chambre d'agriculture de la Manche et IDELE, 2011

⁴⁷ S. Pellerin, et al. "Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des GES ?", p.77, 2013.

⁴⁸ Simulation Systerre

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Lester à bon escient : exemple de l'influence du retrait d'une surcharge inutile d'1 tonne à 7 km/h. Tracteur utilisé 2,5 h/ha/an	- 1,5 L/h soit - 3,7 L/ha ⁴⁹	- 4,7 EQF/ha	+ 3 €/ha	0	- 12 kg équ. CO₂/ha
Auto-guidage RTK* sur l'ITK de la betterave	- 2 à 8 L/ha ⁵⁰	- 2,5 à 10 EQF/ha	+ 1,5 € à 6 €/ha	11000 à 28000 €	- 7 à 26 kg équ. CO₂/ha

Autres intérêts

- Formation à l'éco-conduite en partie prise en charge par fond Vivéa
- Éviter une surconsommation permet d'améliorer la qualité de l'air (moins de particules émises)

Limites

- Adaptation de la puissance du tracteur : on ne peut pas avoir un tracteur par outil ou par machine, il convient de raisonner au niveau d'un parc de machines pour un tracteur
- L'autoguidage nécessite un investissement et une maîtrise technique

*L'autoguidage RTK permet au chauffeur de se libérer de la conduite dans la parcelle et de repasser dans les mêmes traces d'une fois à l'autre.

⁴⁹ Chambre d'agriculture Nord-pas-de-Calais, "Référentiel consommation d'énergie dans les exploitations du Nord-pas-de-Calais", 2013.

⁵⁰ Couvreur, J-P. FDCuma53, FNCuma, "Fiche action type Dia'terre® : mécanisation adaptée aux besoins".

Rapprocher les parcelles de l'exploitation

La reprise d'îlots éloignés du siège de l'exploitation augmente la durée des trajets avec un impact économique et environnemental certain. Les échanges parcellaires permettent de limiter cette contrainte. Sont présentés les résultats d'un rapprochement de parcelles sur 5 km et sur 10 km.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Rapprochement d'une parcelle de blé					
- de 5 km	- 6 L/ha ⁵¹	- 7,5 EQF/ha	+ 4 €/ha	Frais de notaire si échange de propriété	- 19 kg éq. CO₂/ha
- de 10 km	- 12 L/ha ⁵¹	- 16 EQF/ha soit 0,2 % des conso. totales d'énergie	+ 9 €/ha		- 40 kg éq. CO₂/ha soit 0,1 % des émissions totales de GES

⁵¹ Chambre d'agriculture de la Manche, "Les échanges parcellaires, on a tous à y gagner", 2012.

Autres intérêts

- Gain de temps de trajet : par exemple de 6 h/an si 10 ha de blé rapproché de 5 km ou de 10 h/an si 10 ha de blé rapproché de 10 km

Limites

- Besoin d'accord entre agriculteurs et/ou propriétaires
- Prendre en compte les contraintes réglementaires et environnementales (PAC, plan d'épandage, etc.)

Diminuer le travail du sol

En grandes cultures, le principal poste de consommation de GNR correspond au travail du sol. Chaque système d'implantation a ses avantages et ses limites, et la multiplication des outils de travail du sol rend de plus en plus complexe le choix des techniques culturales à mettre en œuvre sur son exploitation. Types de sol, systèmes de cultures, contraintes environnementales et contraintes de temps de travail, coûts des interventions sont des facteurs impactant ce choix. Les chiffres suivants sont basés sur des simulations réalisées en sols argileux, limoneux et argilo-calcaires.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Passer d'un labour systématique à un labour occasionnel (100 % à 70 % de l'assolement)	- 5 L/ha ⁵²	- 6 EQF/ha soit 1 % des conso. totales d'énergie	+ 3,5 €/ha	0	- 16 kg éq. CO₂/ha soit 0,6 % des émissions totales de GES
Passer d'un travail du sol en technique culturale simplifiée (TCS) profond (2 déchaumages + décompacteur) à un TCS superficiel (1 déchaumage rapide)	- 9,5 L/ha ⁵²	- 12 EQF/ha	+ 6,7 €/ha		- 31 kg éq. CO₂/ha

⁵² Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Impact sur les charges 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer de TCS au semis-direct**	- 13 L/ha ⁵³	- 17 EQF/ha	GNR : + 9,1 €/ha Ch. méca : + 24 €/ha Ch. opé. : + 4 €/ha Soit + 37 €/ha	0	- 42 kg éq. CO₂/ha
Passer du labour au semis-direct**	- 25 L/ha ⁵³	- 32 EQF/ha de COP soit 5 à 7 % des conso. totales d'énergie	GNR : + 17,5 €/ha Ch. méca : + 41 €/ha Ch. opé. : + 6 €/ha Soit + 65 €/ha		- 81 kg éq. CO₂/ha soit 3 % des émissions totales de GES

* Attention, émissions de N₂O non prises en compte : elles sont très souvent plus importantes en TCS ou en semis-direct qu'en labour les premières années, puis la différence a tendance à s'atténuer avec le temps (Nicolardot et Germon, 2008).

** Résultats du réseau Semis Direct des Chambres d'Agriculture de Lorraine (2005 à 2008).

⁵³ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

Autres intérêts

- Diminution du temps de travail et augmentation de la surface maximale semée
- Parc matériel très restreint en semis direct
- Cultiver sans labour réduit l'érosion au sein des parcelles et potentiellement les transferts de produits phytosanitaires dans l'eau
- La biodiversité du sol est favorisée par les techniques sans labour (en particulier la flore microbienne de surface, les vers de terre, les arthropodes et leurs prédateurs)

Limites

- L'absence de travail du sol nécessite l'emploi quasi-systématique d'herbicides pour la destruction des couverts ou des repousses : attention à l'impact du salissement sur le long terme
- Le semis direct sous couvert est très pointu à gérer et susceptible de pénaliser la culture en cas de mauvaise implantation (mauvaise répartition des pailles, limaces, mulots...), en particulier sur le colza⁵⁴. Généralement, perte de rendement de 5 à 10 % observée les 5 premières années^{54,55,56}
- L'absence totale de travail du sol peut pénaliser les cultures en cas de tassement en particulier dans les terres où la vitesse de ressuyage est limitée (sauf si année sèche au début de l'arrêt du travail du sol : portance améliorée)

⁵⁴ Chambre d'agriculture de Lorraine "Choisir et dimensionner une chaîne d'outils pour son exploitation", 2009.

⁵⁵ CA67 - ARAA, Historique des rendements maïs grain essai de Hochfelden de 2002 à 2012.

⁵⁶ ARAA "Etablissement et validation d'un référentiel régional sur le travail du sol simplifié dans le Rhin supérieur", 2005.

Éléments de contexte impactant le levier

- Le changement climatique pourrait faire évoluer le nombre de jours disponibles pour semer et ainsi les types de systèmes d'implantation choisis par les agriculteurs
- Évolutions réglementaires concernant l'utilisation du glyphosate

Fertilisation azotée

		
1 unité d'azote, c'est :	1,51 EQF consommés	12,6 kg éq. CO ₂ émis dans l'atmosphère
A l'échelle d'une exploitation de 100 ha cultivés, 1 unité d'azote évitée représente :	151,6 EQF économisés	1,26 t éq. CO ₂ évités

En premier lieu, l'optimisation de la fertilisation consiste à bien prendre en compte **le précédent, les apports organiques, les couverts, le système de culture et le type de sol pour ajuster au mieux la dose** apportée et répondre aux besoins réels de la culture. Pour cela de nombreuses références existent en Grand Est : la méthode de fertilisation Lor'N, document de référence en Champagne-Ardenne et document de référence en Alsace.

Par exemple, une étude menée en Lorraine et en Alsace de 2012 à 2018 montre que si tous ces paramètres étaient bien pris en considération dans le calcul de dose, des économies de 15 à 30 unités d'azote seraient possibles, ce qui représente 23 à 45 EQF/ha économisés et 190 à 380 kg éq. CO₂/ha évités.

Les fiches suivantes précisent ainsi ce que peuvent apporter d'un point de vue énergétique et climatique une bonne valorisation des formes minérales et organiques d'azote ainsi que l'introduction de légumineuses dans la rotation.

Optimiser la valorisation de l'azote minéral par la plante

Ce levier consiste à limiter la volatilisation et la lixiviation (choix de la forme de l'engrais, enfouissement, conditions climatiques au moment à l'épandage et après l'épandage...), à localiser les engrais, fractionner les apports pour être au plus proche des besoins de la plante, par exemple avec des outils de pilotage en végétation type : N-tester, GNP-pilot, Héliotest, Jubil, systèmes de modulation de dose intra-parcellaire type N-sensor, etc.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Choix de la forme de l'engrais pour une dose moyenne de 100 uN/ha:					
- ammonitrate vs urée	- 17 à 37 kg N/ha ⁵⁷ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 70 à 100 EQF/ha* soit 14 à 22 % des conso. totales d'énergie en système COP ou avec cult. indust./spéciales non irriguées	- 3 à + 14 €/ha	0	- 215 à 470 kg éq. CO₂/ha* soit 6,5 à 14 % des émissions totales de GES en grandes cultures
- ammonitrate vs solution azotée	- 7 kg N/ha ⁵⁷ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 23 EQF/ha*	+ 2 €/ha		- 90 kg éq. CO₂/ha*

* Différence de coût énergétique et GES pour produire les deux formes d'engrais + pertes d'azote évitées

⁵⁷ Calculs de pertes par volatilisation réalisés à partir de ADEME (2012), OMINEA (2017).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Positionner l'apport au moment où il sera le mieux valorisé par la plante Ex : expérimentation méthode de pilotage selon l'INN du blé et la pluviométrie*, dose moyenne totale de 200 uN	- 30 à 40 kg N/ha de blé piloté	- 45 à 60 EQF/ha de blé piloté soit 4 à 6 % des conso. totales d'énergie en système COP	+ 26 à 35 €/ha	0	- 380 à 500 kg éq. CO₂/ha soit 6 à 8 % des émissions totales de GES en système COP
Enfouissement d'urée par binage sur maïs pour une dose de 100 uN (essai Artzenheim 2014)	- 24 kg N/ha de maïs (pertes d'azote potentielles évitées)	- 36 EQF/ha soit 0,8 % des conso. totales d'énergie en système COP ou avec cult./indust./spéciales irriguées	+ 21 €/ha	Bineuse : 5000 à 15000 €	- 300 kg éq. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES en système COP et 2 % en système avec cultu. indust./spéciales irriguées
Enfouissement localisé d'azote au semis de la betterave pour une dose de 100 uN	- 10 à 25 kg N/ha de betterave ⁵⁸ (pertes d'azote potentielles évitées)	- 15 à 38 EQF/ha de betterave soit 0,3 à 1 % des conso. totales d'énergie en système avec cult./indust./spéciales	+ 9 à 22 €/ha	Semoir équipé : 2500 à 20000 €	- 125 à 315 kg éq. CO₂/ha soit 0,6 à 2 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales

* Développement de méthodes de pilotage de l'azote basée sur l'indice de nutrition azotée du blé (INN) et sur ses capacités à supporter une carence azotée au stade tallage. Ce pilotage amène souvent à supprimer ou retarder le 1^{er} apport sans perte de rendement.

⁵⁸ Tauvel, P. Institut technique de la betterave, "Optimiser l'apport d'azote grâce à l'enfouissement localisé au semis" (en ligne).

Autres intérêts

- L'optimisation des apports peut dans certains cas améliorer le rendement
- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)

Limites

- Enfouissement au semis : équipement spécifique sur semoir
- Meilleure précision de l'apport en liquide qu'en solide
- Les formes d'azote les plus volatiles sont moins chères
- Difficile de combiner une condition optimale d'apport d'azote (pluie suffisante après l'apport) et un passage de bineuse pour lutter efficacement contre les adventices (sol ressuyé)

Éléments de contexte impactant le levier

- Changement climatique : incertitudes sur les périodes de forte probabilité de pluies pouvant valoriser les apports

Valoriser l'azote organique disponible localement

Ce levier consiste à limiter l'utilisation de l'azote minéral, en réalisant des échanges paille/fumier avec les éleveurs voisins, ou en valorisant les digestats issus de la méthanisation, les co-produits de l'agro-industrie locale, les vinasses, les boues d'épuration etc, et en prenant en compte ces apports dans le calcul de dose. Nous comparons ici des situations avec apports de matière organique exogène avant maïs et où la dose d'azote minéral est ajustée, à une situation où le maïs est fertilisé en totalité avec de l'azote minéral.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Apport 30 t/ha fumier pailleux bovins lait rapidement enfoui fin hiver avant du maïs ⁵⁹	+ 13 L GNR/ha - 25 kg N/ha	- 21 EQF/ha de maïs soit 0,5 % des conso. totales d'énergie en système COP ou avec cult. indust./spéciales irriguées	+ 13 €/ha	Eventuellement coût analyse NPK des effluents (80 €)	+ 910 kg équ. CO₂/ha**
Apport 30 m ³ /ha lisier bovin lait (référence Corpen) fin hiver avant du maïs ⁵⁹	+ 11 L GNR/ha - 24 kg N/ha	- 22 EQF/ha de maïs	+ 13 €/ha		+ 630 kg équ. CO₂/ha**

* GNR (émissions de CO₂) et N₂O émis à partir de la matière organique moins l'azote minéral économisé (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote). Simulé sur Dia'terre

** Dans une situation avec apport d'effluents organiques par rapport à une situation sans effluent, les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac sont souvent plus importantes sur l'exploitation. Cependant, si l'on prend en compte le fait que ces émissions seraient de toute façon émises dans l'exploitation d'où proviennent les effluents, les émissions totales sont finalement plus faibles grâce à l'économie d'azote minéral.

⁵⁹ Chambre d'agriculture de Lorraine, Réglette Lor'N, 2008.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Apport 25 m ³ /ha digestat brut liquide avant semis maïs avec enfouissement	+ 11 L GNR/ha - 70 kg N/ha ⁶⁰	- 92 EQF/ha de maïs soit 2 % des conso. totales d'énergie en système COP ou avec cult. indust./spéciales irriguées	+ 53 €/ha	Éventuellement coût analyse NPK des effluents (80 €)	- 1 kg éq. CO₂/ha**
Apport 13 t/ha de compost de boues avant maïs	+ 13 L GNR/ha - 36 kg N/ha ⁶¹	- 38 EQF/ha de maïs soit 0,8 % des conso. totales d'énergie en système COP ou avec cult. indust./spéciales irriguées	+ 22 €/ha		+ 830 kg éq. CO₂/ha**

À ces économies s'ajoutent les arrières-effets de l'azote sur les cultures suivantes, et les apports de phosphore et de potassium : environ 87 kg P₂O₅/ha et 255 kg K₂O/ha pour 30 t/ha de fumier pailleux bovin lait (Réglette Lor'N), 50 kg P₂O₅/ha et 130 kg K₂O /ha pour 25 m³/ha de digestat brut liquide⁶⁰, 240 kg P₂O₅/ha et 110 kg K₂O /ha pour 13 t/ha de boues d'épuration compostées⁶¹. La production d'une unité de phosphore consomme 0,3 EQF et émet 0,57 kg éq. CO₂, et d'une unité de potassium 0,2 EQF et 0,44 kg éq. CO₂.

* GNR (émissions de CO₂) et N₂O émis à partir de la matière organique moins l'azote minéral économisé (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote). Simulé sur Dia'terre®

** Dans une situation avec apport d'effluents organiques par rapport à une situation sans effluent, les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac sont souvent plus importantes sur l'exploitation. Cependant, si l'on prend en compte le fait que ces émissions seraient de toute façon émises dans l'exploitation d'où proviennent les effluents, les émissions totales sont finalement plus faibles grâce à l'économie d'azote minéral.

⁶⁰ Chambre d'agriculture de Lorraine, "Techniques digestats de méthanisation", mai 2019.

⁶¹ Fiches dispositif PROspective sur les MAFOR "Tabou(e) story", juin 2018 et juin 2019.

Autres intérêts

- Amélioration du système sol (structure, matière organique, stockage de carbone, infiltration, vie biologique...)
- Valorisation des déchets organiques

Limites

- Approvisionnement (opportunité d'échange paille-fumier pour les zones sans élevage)



Optimiser la valorisation de l'azote organique par la plante

Ce levier consiste à choisir des cultures valorisant le mieux la matière organique et des périodes où le risque de fuite de nitrates est le plus faible, ou à enfouir rapidement pour limiter la volatilisation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
À l' automne , apport de 20 m ³ /ha de digestat brut liquide avant implantation du colza plutôt qu'avant une céréale d'hiver	- 27 kg N/ha	- 40 EQF/ha de colza soit 2 % des conso. totales d'énergie en système COP et 1 % en système avec cult. indust./spéciales non irriguées	+ 23 €/ha	Matériel d'épandage adapté	- 340 kg éq. CO₂/ha soit 3 % des émissions totales de GES en système COP et 1,6 % en système avec cult. indust./spéciales non irriguées
Sur blé tendre d'hiver , apport au printemps plutôt qu'à l'automne : - de 30 à 40 m ³ /ha de lisier bovin lait	- 30 à 40 kg N/ha	- 45 à 60 EQF/ha de blé soit 4 à 6 % des conso. totales d'énergie en système COP	+ 26 à 35 €/ha		- 380 à 500 kg éq. CO₂/ha soit 6 à 8 % des émissions totales de GES en système COP
- de 25 m ³ digestat brut liquide	- 22 kg N/ha	- 33 EQF/ha de blé	+ 19 €/ha		- 280 kg éq. CO₂/ha

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Enfourir son effluent solide par un travail du sol adéquat sous 12 h au lieu d'enfourir plus de 24 h après l'épandage (ex 30 t/ha de fumier frais) ⁶²	- 10 kg N/ha	- 15 EQF/ha épandu	+ 9 €/ha		- 130 kg éq. CO₂/ha
Apport 30 m ³ /ha de lisier : - avec un pendillard	- 25 kg N/ha	- 38 EQF/ha épandu	+ 22 €/ha	Matériel d'épandage adapté	- 315 kg éq. CO₂/ha
- avec un enfouisseur (par rapport à la buse palette) ⁶²	- 33 kg N/ha	- 50 EQF/ha épandu soit 3 % des conso. totales d'énergie en système COP si épandage sur 1/3 de la SAU	+ 29 €/ha		- 415 kg éq. CO₂/ha soit 4 % des émissions totales de GES en système COP si épandage sur 1/3 de la SAU

* Azote minéral qui serait apporté pour compenser les pertes par volatilisation ou lessivage (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote). Simulé sur Dia'terre®

⁶² Calculs de pertes réalisées à partir de l'ADEME (2012), OMINEA (2017).

Autres intérêts

- L'apport de matière organique avant implantation de colza permet son développement rapide et une meilleure résistance aux ravageurs
- Le bon enfouissement permet de réduire les odeurs et d'améliorer la qualité de l'air (moins d'émissions de NH_3)
- Le bon positionnement par rapport aux besoins des cultures diminue les fuites de nitrates et améliore la qualité de l'eau

Limites

- Calendrier des chantiers pour réaliser les apports aux périodes où les différents types de matières organiques seront les mieux valorisés par rapport aux besoins des cultures

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides financières ponctuellement disponibles pour l'achat de matériel type pendillard ou enfouisseur



Intégrer des cultures légumineuses ou peu exigeantes en azote dans la rotation

Les légumineuses (pois, soja, lentille, pois chiche, lupin, luzerne...) sont capables de s'autoalimenter en azote et peuvent restituer de l'azote aux cultures suivantes dans la rotation. Les cultures peu exigeantes en azote comme le tournesol, le chanvre, l'avoine permettent aussi de diminuer les consommations d'azote minéral.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : pois p - colza - blé - tournesol - blé (couverts avant les cultures de printemps) par rapport à un système colza - blé - orge h (essai système PIC-2 Haroué 2012-2016)	- 60 kg N/ha + 11 L/GNR/ha ⁶³ (semis couverts intermédiaires et augmentation du travail du sol)	- 77 EQF/ha soit 16 % des conso. totales d'énergie en système COP	+ 45 €/ha	Equipement barre de coupe tournesol	- 660 kg éq. CO₂/ha soit 25 % des émissions totales de GES en système COP

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

⁶³ Calculé avec Systerre

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 2 : luz (2 ans) - orge p - betterave - blé - chanvre - blé - tournesol - orge h par rapport à un système luz (2 ans) - blé - orge p - betterave - blé - colza - blé - orge h (essai système Auto'N Terralab)	- 41 kg N/ha + 6 L GNR/ha ⁶⁴	- 55 EQF/ha soit 12 % des conso. totales d'énergie en système avec cult. indust./spéciales non irriguées	+ 31 €/ha	Prestation récolte chanvre + équipement barre de coupe tournesol	- 230 kg éq. CO ₂ /ha soit 9 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales non irriguées
Ex 3 : rotation CIPAN, maïs - soja - blé par rapport à un système maïs grain (4 ans) - orge h sans CIPAN (essai système Rouffach 2013-2018 et Muntzenheim 2010-2014)	- 96 kg d'N/ha - 5,1 GJ/ha gaz séchage ⁶⁵ - 183 L GNR/ha (méca + irrigation) ⁶⁵	- 520 EQF/ha soit 46 % des conso. totales d'énergie en système avec maïs irrigué et séché	+ 410 à 480 €/ha	0	- 2100 kg éq. CO ₂ /ha soit 56 % des émissions totales de GES en système avec maïs irrigué et séché

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

⁶⁴ Calculé avec Systerre

⁶⁵ Calculé avec CRITER 5.4

Autres intérêts

- Diversification des cultures : meilleure résilience climatique et économique
- Allongement des rotations et alternance des cycles hiver, printemps et été = levier agronomique important pour la gestion des adventices et des ravageurs
- Étalement du temps de travail dans l'année
- Plus de biodiversité
- Amélioration de la qualité de l'air à l'échelle de la rotation, moins d'émissions de NH₃

Limites

- Technicité gestion de nouvelles cultures et rentabilité de ces dernières qui peut être en-deçà des cultures classiques
- Rentabilité économique à évaluer au cas par cas

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides couplées PAC pour le soja, le pois, la féverole, le lupin, les légumineuses fourragères destinées à la déshydratation, les semences de légumes fourragères
- Disposer de débouchés pour les cultures de diversification



Implanter des couverts intermédiaires et les restituer au sol

Les couverts d'interculture absorbent l'azote minéral présent à la récolte du précédent et celui provenant de la minéralisation de l'arrière-saison. Après la destruction, l'azote mobilisé peut être remis à disposition à court terme pour la culture qui suit ou à moyen/long terme par réorganisation d'une partie de l'azote qui viendra intégrer le cycle de la matière organique du sol.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : avoine + pois + tournesol à 2,6 tMS/ha avant orge p. ou maïs grain comparé à une situation sans couvert (référence Lorraine)	- 35 kg N/ha + 8 L GNR/ha ⁶⁶ (semis)	- 43 EQF/ha	+ 25 €/ha	17 €/ha (si semences autoproduites)	Avant orge p. : - 300 kg éq. CO₂/ha Avant maïs grain : - 370 kg éq. CO₂/ha

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

⁶⁶ Calculé avec Systemre

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 2 : Radis + vesce à 4,3 tMS/ha avant betterave comparé à une situation sans couvert (exemple en terre de craie)	- 65 kg N/ha** + 8 L GNR/ha (semis)	- 88 EQF/ha de betterave soit 2,4 % des conso. totales d'énergie en système avec cult. indust./spéciales non irriguées	+ 50 €/ha	67 €/ha	- 230 kg équ. CO₂/ha soit 1 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales non irriguées
Ex 3 : CIPAN avant maïs grain (tournesol + vesce + phacélie à 2,9 tMS/ha) comparé à une situation sans couvert (essai Rouffach 2009-2015)	- 35 kg N/ha + 8 L GNR/ha (semis)	- 43 EQF/ha de maïs soit 1 % des conso. totales d'énergie en système avec cult. indust./spéciales irriguées	+ 25 €/ha	46 €/ha	- 200 kg équ. CO₂/ha soit 1,3 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales irriguées

* GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

** Chiffrage réalisé à partir de la méthode MERCI développée par la CRA Poitou-Charentes.

Autres intérêts

- Amélioration de la qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates et de produits phytosanitaires)
- Amélioration de la qualité de l'air (moins d'émissions de NH₃)
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, stockage de carbone, infiltration, vie biologique)

Limites

- Réussite dépendante des conditions météorologiques (pluviométrie à l'implantation et pendant l'interculture)
- Prix des semences
- Augmentation du temps de travail et disponibilité de la main d'œuvre au moment de l'implantation (fin juillet/début août pour atteindre une biomasse suffisante)
- Technicité gestion de l'interculture (choix des espèces, date d'implantation et de destruction...)

Éléments de contexte impactant le levier

- Mise en œuvre obligatoire en zone vulnérable nitrate du 15/08 au 15/10
- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PACAE) pour l'équipement
- Aides PAC sur les surfaces d'intérêt écologique (SIE)
- Changement climatique potentiellement impactant sur le développement des couverts (date de mise en place et de destruction) et la réserve utile en eau des sols



Intégrer des légumineuses en culture associée

Ce levier consiste à cultiver dans une même parcelle et pendant un même cycle cultural une culture (céréale, colza, tournesol...) et une ou plusieurs légumineuse(s) en association. Le semis peut être simultané ou décalé. L'exemple le plus connu est le colza associé à des légumineuses.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Colza associé à lentille + féverole	- 10 à 30 kg N/ha	- 15 à 46 EQF/ha de colza soit 0,8 à 2,4 % des conso. totales d'énergie en système COP et 0,4 à 1,2 % en système avec cult. indust./spéciales non irriguées	+ 9 à 26 €/ha	45 €/ha semences + éventuellement semoir double trémie	- 125 à 380 kg éq. CO ₂ /ha soit 1,1 à 3,5 % des émissions totales de GES en système COP et 0,6 à 1,7 % en système avec cult. indust./spéciales non irriguées

Hypothèse : pas de surconsommation de GNR lié au semis si l'agriculteur est équipé d'un semoir double trémie.

* Emissions de CO₂ à la fabrication et au transport de l'azote + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote. Simulé sur Dia'terre®

Autres intérêts

- Régulation des adventices et des bio-agresseurs (- 10 à 30 % d'attaques de grosses altises et charançons du bourgeon terminal avec un colza associé)
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, infiltration, vie biologique...)
- Amélioration de la biodisponibilité de certains nutriments (phosphore)
- Technique éprouvée sur colza, et sur mélanges pois ou féverole/graminées dans les systèmes bio

Limites

- Désherbage d'automne anti-dicotylédones à adapter
- Attention à *Aphanomyces* dans le choix des légumineuses à associer si la rotation présente des cultures sensibles
- Une implantation précoce et réussie est indispensable pour profiter des avantages et rentabiliser la pratique
- Technicité pour l'implantation par rapport à un colza seul

Éléments de contexte impactant le levier

- Augmentation de la résistance des charançons du bourgeon terminal et altises aux insecticides
- Multiplication de l'offre de semoirs adaptés (double-trémie)

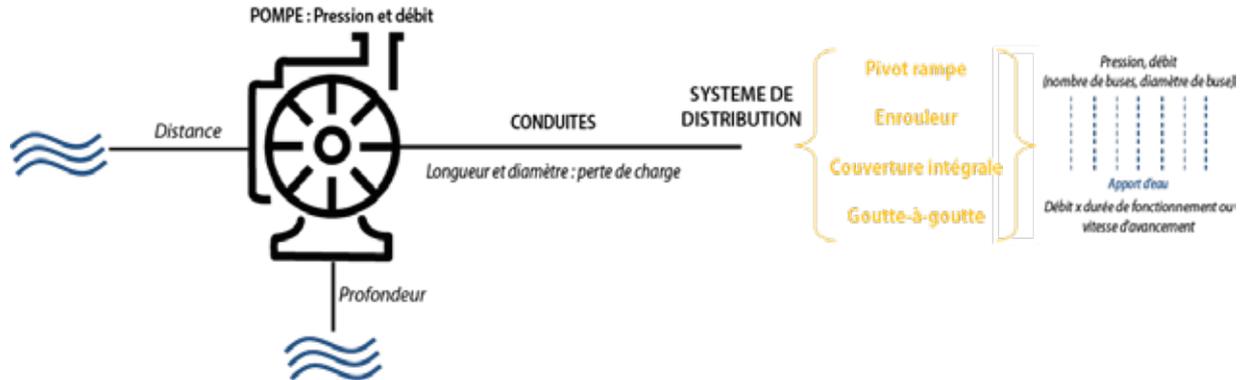


Irrigation

Deux niveaux de leviers peuvent être actionnés pour faire baisser les consommations énergétiques, par ordre d'importance :

- Le système d'irrigation (matériel)
- La consommation d'eau

Pour l'apport d'une certaine quantité d'eau lors d'un « tour d'eau » (ex 30 mm), les consommations énergétiques peuvent être très variables et impliquent 2 paramètres : la pression et le débit tout au long du système.



De nombreux paramètres influent sur la consommation énergétique d'un système d'irrigation. La pression et le débit sont les plus importants avec la limitation des pertes de charge dans les conduites d'amenée d'eau à la parcelle. Le choix de ces paramètres déterminera la puissance de la pompe et sa durée de fonctionnement et donc la consommation d'énergie. La puissance de la pompe sera également fonction de la profondeur de la nappe ou de la distance par rapport à la rivière, son débit, etc.

Dans le cas de l'enrouleur, 82 % de l'énergie est consommée pour amener l'eau au canon et 18 % pour l'application. Pour le pivot, 58 % de l'énergie est consommée pour l'amené d'eau et 42 % pour l'application.

Choisir son matériel d'irrigation

Chaque système de distribution d'irrigation nécessite une pression spécifique en entrée pour fonctionner correctement. La consommation énergétique est fonction, entre autres, de cette pression. En effet, en augmentant la pression à la pompe, la consommation d'énergie augmente également. Choisir un matériel nécessitant une plus faible pression induit donc une baisse de consommation d'énergie.

		
Un enrouleur avec une pression 12 bars, c'est :	0,75 kWh/m³ consommé	Pour un enrouleur électrique : 135 à 160 €/ha d'investissement + 0,75 €/mm Pour un enrouleur GNR : 65 à 90 €/ha d'investissement + 1 €/mm (GNR 1 €/L)
Un pivot/rampe basse pression (4 à 5 bars), c'est :	0,30 kWh/m³ consommé	Pour un pivot/rampe BP électrique : 160 €/ha d'investissement + 0,45 €/mm Pour un pivot/rampe BP GNR : 115 €/ha d'investissement + 0,7 €/mm
Une aspersion par couverture intégrale avec une pression de 4 à 5 bars, c'est :	0,37 kWh/m³ consommé	Couverture intégrale : NC
Un matériel d'irrigation goutte à goutte avec une pression de 0,5 à 1,5 bar, c'est :	0,25 kWh/m³ consommé	Goutte-à-goutte : NC

Les données de consommations d'énergie sont issues d'expérimentations en Alsace (2014).

Limites

- Le choix du matériel va être défini en fonction du type de cultures, du parcellaire, des obstacles...
- Critères à prendre en compte dans le cas d'un système avec enrouleur : mobilité, souplesse d'utilisation, coût, l'enrouleur correspond à un type de parcelle
- Critères à prendre en compte dans le cas d'un système rampe/pivot : taille de la parcelle, temps de main d'œuvre, pluviométrie
- Les systèmes de gouttes à gouttes ne sont pas adaptés à toutes les cultures et demandent beaucoup de main d'œuvre, ils sont sensibles au colmatage, etc.
- La couverture intégrale nécessite également beaucoup de main d'œuvre à l'installation et la désinstallation chaque année

Éléments de contexte impactant le levier

- De nombreux critères entrent en compte dans le choix du matériel d'irrigation : adaptation au contexte local (parcelles, cultures, flexibilité,...) et aux contraintes de l'exploitant agricole (temps de travail, investissement, accessibilité de l'eau,...). L'objectif est de trouver la combinaison entre les différents éléments optimisant la consommation énergétique.

Faire varier le débit en baissant le diamètre des buses

Le débit est caractérisé par la section de sortie de l'eau (la buse). Des diamètres de buses plus petits permettent de baisser la consommation énergétique toutes valeurs égales par ailleurs et si le système le permet. La taille de la buse se pose surtout avec les enrouleurs. Pour apporter 30 mm, il est possible d'utiliser une buse de 26, 28, 30, 32. Mais dans un même enrouleur (ex 110/400), prendre une taille supplémentaire va se traduire par une plus grande vitesse d'avancement (plus de débit), mais une perte de charge plus importante.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer d'un diamètre de buse de 32,5 à 27,5 pour un diamètre de conduite de 140/500	- 5 L GNR /ha irrigué*	- 6 EQF/ha irrigué soit 0,3 % des conso. totales d'énergie en système irrigué	+ 3,5 €/ha irrigué	Pour un enrouleur la buse plastique est à 5 €	- 16 kg éq. CO₂/ha irrigué soit 0,2 % des émissions totales de GES en système irrigué
Passer d'un diamètre de buse de 32,5 à 27,5 pour un diamètre de conduite de 110/400	- 13 L GNR/ha irrigué*	- 17 EQF/ha irrigué soit 0,7 % des conso. totales d'énergie en système irrigué	+ 9,1€/ha irrigué		- 42 kg éq. CO₂/ha irrigué soit 0,5 % des émissions totales de GES en système irrigué

*Pour un apport d'eau de 30 mm.

Autres intérêts

- Grande facilité de mise en œuvre

Limites

- Le diamètre des buses ne peut pas être réduit indéfiniment : il faut, notamment pour l'enrouleur, un débit minimum pour enrouler la machine et éviter l'aplatissement du tuyau en polyéthylène

Adapter les conduites selon le choix de pression et de débit

Les conduites sont soumises à des pertes de charge qui sont fonction du diamètre et de la longueur. La longueur des conduites est difficilement modifiable.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Passer d'un diamètre de conduite de 110/400 à 140/500 - pour un diamètre de buse de 27,5	- 8 L GNR/ha irrigué	- 11 EQF/ha irrigué soit 0,5 % des conso. totales d'énergie en système irrigué	+ 5,6 €/ha irrigué		- 26 kg éq. CO₂/ha irrigué soit 0,3 % des émissions totales de GES en système irrigué
- pour un diamètre de buse de 32,5	- 18 L GNR/ha irrigué	- 23 EQF/ha irrigué soit 1 % des conso. totales d'énergie en système irrigué	+ 12,6 €/ha irrigué		- 60 kg éq. CO₂/ha irrigué soit 0,7 % des émissions totales de GES en système irrigué

Éléments de contexte impactant le levier

- Si la conduite est enterrée, cela engendre des coûts supplémentaires lors du remplacement, si même matière. Par contre, le PVC est moins cher que l'aluminium à un même diamètre.

Choisir la pompe selon les paramètres du système

Le choix de la pompe se fera dès lors que les autres critères ont été définis. La révision, voire le renouvellement peut également jouer sur la consommation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Révision ou changement de la pompe pour gagner en performance et adaptation Ex: changement de pompe chez un agriculteur entre 2 campagnes de suivi ⁶⁷	- 0,29 kwh/m ³ soit - 9903 kwh pour une consommation totale en eau de 34 220 m ³	- 2876,5 EQF soit 4,5 % des conso. totales d'énergie en système irrigué	+ 990 €	Coût de la révision ou du changement de la pompe : 15 000 € en thermique	- 495 kg éq. CO₂ soit 0,2 % des émissions totales de GES en système irrigué

⁶⁷ ARVALIS- Institut du végétal et Chambre d'agriculture d'Alsace, " Optimiser sa consommation énergétique en irrigation pour réduire son coût", étude 2013.

Limites

- Si la pompe est encore récente, il n'y a pas d'intérêt de la changer. Attention, si l'eau est abrasive (présence de sable), il est nécessaire de savoir vérifier l'état de la pompe. Pompe usée = une altération des caractéristiques

Éléments de contexte impactant le levier

- Lorsque le système d'irrigation évolue, vérifier l'adéquation de la pompe au nouveau système

Economiser l'eau par pilotage de l'irrigation

Les systèmes de pilotage permettent d'enclencher l'irrigation en fonction des paramètres météorologiques, pédologiques et des besoins de la culture. Ces pilotages peuvent être individuels avec la mise en place de systèmes de mesure localisés dans la parcelle ou collectifs, gérés par des organismes (par exemple la Chambre d'agriculture) avec un réseau de mesures.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Pilotage de l'irrigation	- 1 à 25 % d'eau ⁶⁸	Absence de données	/	Coût du pilotage De 300 € à 1500 €	Absence de données

⁶⁸ ARVALIS- Institut du végétal et Chambre d'agriculture d'Alsace, " Optimiser sa consommation énergétique en irrigation pour réduire son coût", étude 2013.

Autres intérêts

- Préservation de la ressource en eau

Éléments de contexte impactant le levier

- Réseau collectif ou individuel de relevés de données : des données représentatives de la parcelle permettent d'adapter au mieux l'irrigation aux besoins de la plante
- Les relevés permettent de donner des indications aux irrigants quant au déclenchement de l'irrigation selon les prévisions météorologiques et le stade de développement de la plante. Le réseau collectif donnera des indications moyennes publiées, par exemple, dans le Flash irrigation de la Chambre d'agriculture Alsace

Sécher le maïs grain en cribs

Le séchage du maïs grain irrigué représente 25 à 30 % des consommations d'énergie directe totale liée à la culture. Utilisant l'énergie gratuite et renouvelable du vent et du soleil, la technique du séchage en crib est une alternative économique et écologique aux séchoirs à gaz. Le technique consiste à récolter le maïs avec un corn-picker pour récupérer les épis entiers et à les stocker à l'air libre dans des séchoirs appelés cribs, grandes cages grillagées encadrées de poteaux télégraphiques. Après un séchage tout l'hiver, les épis sont battus et livrés en coopérative au début du printemps.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Séchage en crib d'1 ha de maïs grain VS séchage au gaz naturel d'1 ha de maïs grain à 25 % d'humidité (rendement 14 t/ha sec dans les deux cas)	- 6,5 GJ/ha gaz séchage* + 3,4 L/ha de GNR (récolte et transport au lieu de séchage)	- 177 EQF/ha	- 250 à 334 €/ha	Environ 1200 €/ha	- 460 kg éq. CO₂/ha

* Hypothèse séchoir collectif datant d'après 1984 fonctionnant par dryeration (refroidissement lent différé) au gaz naturel. Simulé sur Dia'terre®.

Autres intérêts

- Selon les conditions climatiques pendant la saison de croissance, la technique peut améliorer la qualité du grain (poids spécifique supérieur)
- La technique permet de valoriser les rafles : avec un pouvoir calorifique de 15 GJ/t. Elles peuvent être utilisées comme combustible, ou bien transformées en isolant, en litière pour le bétail, en matériaux de sablage, etc.
- Récolte plus précoce, plus de souplesse en saison

Limites

- Plus de temps de travail et éventuellement de main d'œuvre
- Nécessite une technicité plus importante qu'un séchage classique (choix de variétés, % d'humidité à la récolte) pour limiter les pertes par égrenage notamment
- Nécessite matériel spécifique : corn-picker et élévateur pour le remplissage du crib
- Immobilisation du capital jusqu'au printemps
- Plus de risques de moisissures/levures et bactéries, risque d'accumulation de mycotoxines et exposition aux insectes et rongeurs

Éléments de contexte impactant le levier

- Volatilité du prix du gaz

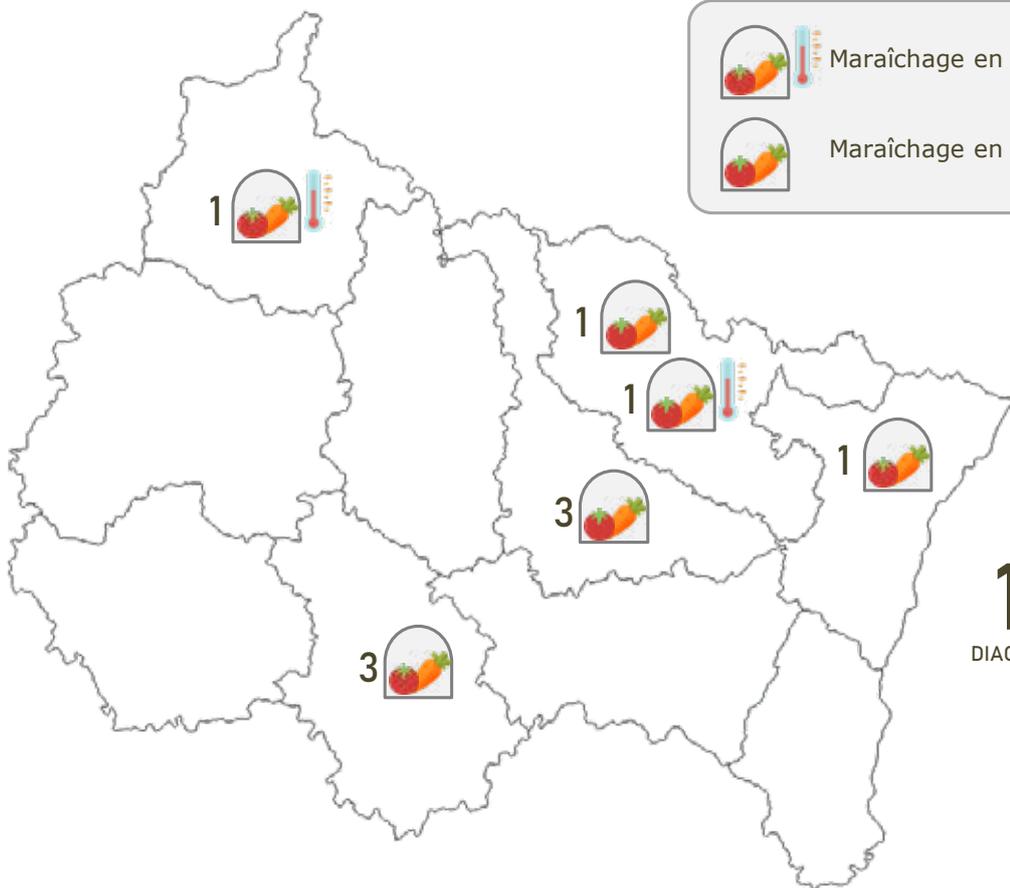


Maraîchage



Repères

RÉPARTITION DES DIAGNOSTICS MARAÎCHAGE DANS LE GRAND EST



10
DIAGNOSTICS



MARAÎCHAGE/HORTICULTURE SERRES NON CHAUFFÉES



8 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2017

Critères

- Serres non chauffées
- Surface serre supérieure à 1000 m² ou représentant plus de 2 % de la SAU ou au moins 5 légumes différents produits par an
- Pas d'élevage

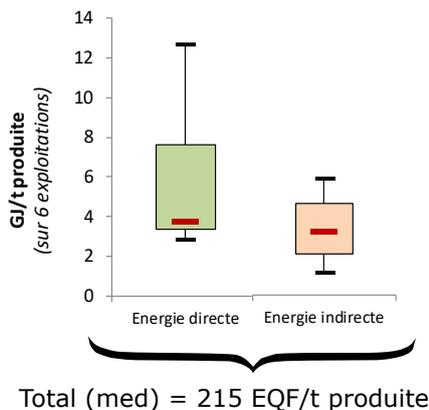
Exploitation médiane

- 1,8 ha de SAU dont 1,5 ha de 9 légumes différents
- 37 t de légumes et cult. industrielles produits par an*

Parmi les 8 exploitations :

- 1 en horticulture, 3 en AB, 4 avec systèmes d'irrigation

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		GJ/t produite (sur 6 exploitations*)			GJ/ha/an		
		Q1	Med	Q3	Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,2	0,4	1,5	2,0	3,5	14,8
	Electricité	2,8	3,6	6,2	2,7	37	69
INDIRECTE	Engrais	0,2	0,5	0,8	0,6	3,6	5,4
	Matériels	0,9	1,2	1,4	2,0	5,5	12,6
	Bâtiments	0,4	0,9	1,3	3,9	4,9	6,6
	Autres intrants	0,1	0,3	0,5	7,7	9,8	11,0
Total		6,1	7,7	12,6	63	113	151

La consommation d'énergie directe est plus importante que la consommation d'énergie indirecte. Les principaux postes sont l'électricité pour l'énergie directe, la fabrication du matériel et des serres pour l'énergie indirecte.

* 2 exploitations n'ont pas renseigné leurs productions

ÉMISSIONS BRUTES DE GES

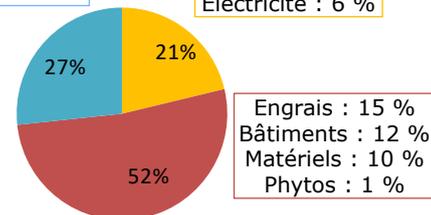
Médiane des émissions : **0,3 t éq. CO₂/t produite*** ou
2,6 t éq. CO₂/ha/an

50 % émettent entre 0,17 et 0,51 t éq. CO₂/t produite*

Le quart des émissions sont issus des engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 24 % des émissions totales. Les postes secondaires correspondent à la fabrication du matériel, des serres et au GNR.

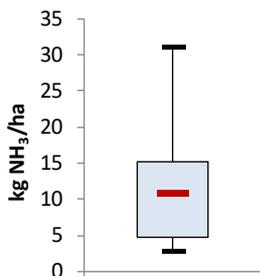
Epandage engrais : 9 %
Ruissellement/lessivage : 5 %
NH₃ transformé en N₂O : 2 %
Résidus de cultures : 2 %

GNR : 10 %
Electricité : 6 %



- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Sols agricoles

QUALITE DE L'AIR : EMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **10,8 kg NH₃/ha/an**

50 % des exploitations émettent entre 5 et 15 kg NH₃/ha/an

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation azotée et des épandages de matière organique.

* 2 exploitations n'ont pas renseigné leurs productions



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précautions

> Voir leviers Stockage chambre froide, Irrigation (leviers grandes cultures), Bâtiments/Serres et Fertilisation azotée

MARAÎCHAGE/HORTICULTURE SERRES CHAUFFÉES



2 DIAGNOSTICS
de 2009 à 2017

Critères

- Serres chauffées
- Surface serre supérieure à 1000 m² ou représentant plus de 2 % de la SAU ou au moins 5 légumes différents produits par an
- Pas d'élevage

Exploitation médiane

- Expl.1. 2 ha d'horticulture sous serre non irriguée, 10 000 plants produits par an
- Expl.2. 0,5 ha de concombre hors-sol 150 t produites par an

**Total (med) =
17 EQJ/m² de serre**

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

Poste		Expl. 1 (horticulture)		Expl. 2 (concombre)	
		GJ/1000 plants	MJ/m ² de serre	GJ/t	MJ/m ² de serre
DIRECTE	Fioul	71	355	0,02	0,5
	Electricité	12,5	62	1,7	52
	Autres produits pétroliers	18,0	90	18,8	563
	Total énergie directe	102	507	21	615
INDIRECTE	Engrais	0,3	1,3	0,01	0,3
	Matériels	2,5	13	0,05	0,8
	Bâtiments/Serres	4,3	22	1,2	36
	Autres intrants	1,7	8,6	0,06	1,7
	Total énergie indirecte	8,9	44	1,3	39
Total		110	552	22	654

La consommation d'énergie directe est au moins dix fois plus importante que la consommation d'énergie indirecte. Les principaux postes sont le GNR ou le gaz pour l'énergie directe (selon l'énergie de chauffage utilisée) et la fabrication des serres pour l'énergie indirecte.

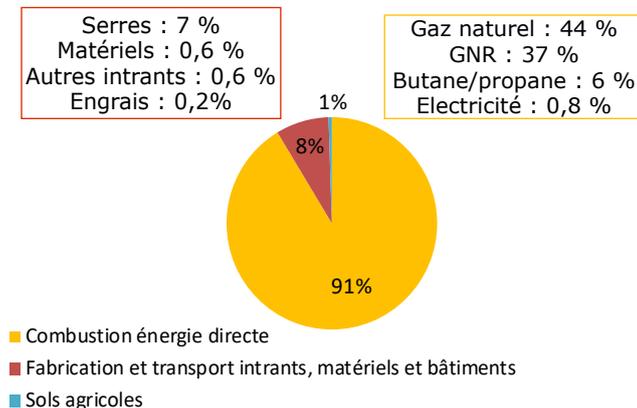
ÉMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions **31 kg éq. CO₂/m² de serre/an**

Expl. 1 (horticulture) : **6 t éq. CO₂/1000 plants**

Expl. 2 (concombre) : **1 t éq. CO₂/t**

La grande majorité des émissions sont issues des énergies directes utilisées pour le chauffage des serres (gaz naturel et GNR principalement). Le poste secondaire correspond à la fabrication des serres.



QUALITÉ DE L'AIR : ÉMISSIONS DE NH₃

Dans ce type d'exploitation, **la pollution par l'ammoniac est minime** car les engrais minéraux sont apportés *via* le réseau d'irrigation en goutte-à-goutte et donc directement incorporés au substrat.

Cependant la combustion d'énergie directe pour le chauffage des serres est une source d'émission de **particules fines**.



Les valeurs correspondent à des exemples, elles ne doivent pas être considérées comme des références mais plutôt comme des points de repères

> Voir leviers Chauffage des serres, Stockage chambre froide et Bâtiments / Serres

L'ESSENTIEL MARAÎCHAGE

Indicateurs médians	Maraîchage/horticulture serre non chauffée		Maraîchage/horticulture serre chauffée	
	/t (sur 6 exploit.)	/ha	/t /1000 plants	/m ² de serre
SAU (ha)		1,8		0,4
Surface serre (m ²)		1350		3500
Surface serre/SAU (%)		6		90
Nombre de légumes différents produits par an		9		1 sur l'exploit. maraîchage 0 sur l'exploit. horticulture
Production légumes et cult. industrielles (t/an)		36,5		150 sur l'exploit. maraîchage 10000 plants sur l'exploit. horticulture
Azote minéral épandu (kg/ha)		47		116,9
GNR consommé (L/ha)		76		31197
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	7,7	113	21,8 110	0,6
Emissions brutes GES (t éq. CO₂)	0,3	2,6	1,0 6,2	0,03
Emissions NH₃ (kg NH₃)	1,5	10,8	/	/

Coûts énergétiques et émissions de GES liés à la production et à l'acheminement de quelques intrants

	Energie primaire (MJ)	GES (kg éq. CO ₂) *
Energie fossile		
1 L GNR	45,6	3,25
1 kWh électricité	10,4	0,05
1 m ³ gaz naturel	48,8	2,3
Engrais		
1 kg d'azote (solution azotée)	59	5,2

Type de serre	Coefficient énergétique pour la fabrication (MJ/m ²)	Facteur d'émission GES pour la fabrication (kg éq. CO ₂ /m ²)	Coefficient de transmission thermique de la paroi (W/m ² .°C)
Serre verre	33	2,17	5,8
Serre multichapelle plastique double paroi gonflable	30,7	1,53	3,5
Tunnel plastique	18,1	0,87	8
Tunnel maraîchage simple paroi	13,5	0,63	8
Tunnel maraîchage double paroi	20,8	0,87	3,5

Matériel d'irrigation	Coefficient énergétique** (kWh/m ³ d'eau)
Aspersion rampe ou couverture totale intégrale	0,5
Aspersion basse tension	0,5
Goutte à goutte	0,3

*Les émissions de GES intègrent la combustion du GNR à la ferme.

**Données Dia'terre®

Leviers

Chauffage des serres

		
Tomate, concombre, poivron, aubergine	300 à 350 kWh/m ² /an de consommation de chaleur soit 87 à 102 EQF/m ² /an d'énergie primaire	15 à 17,5 kg éq. CO ₂ /m ²
Production léguminière diversifiée	50 à 300 kWh/m ² /an de consommation de chaleur soit 15 à 87 EQF/m ² /an d'énergie primaire	2,5 à 15 kg éq. CO ₂ /m ²

Pour ces structures coûteuses et parfois hautement technologiques, les leviers mobilisables pour réduire les dépenses énergétiques seront fortement dépendants des objectifs de producteur, de sa capacité d'investissement, et du niveau technologique de sa serre.

Dans les fiches suivantes, 4 niveaux sont étudiés :

- La limitation des déperditions thermiques du bâtiment et des conduites
- L'optimisation du pilotage des paramètres climatiques et environnementaux de la serre
- L'installation de nouveaux dispositifs pour le chauffage, le stockage et le transport de la chaleur dans la serre
- Mobiliser des sources d'énergie alternatives

Source : Avis d'experts CTFIL, 2018.

Abaisser la température de consigne

Plus la température de consigne moyenne sur 24 h est élevée, plus les consommations d'énergie sont importantes.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Passage de 20 à 19°C en moyenne sur 24 h pour 1 ha de culture de tomate hors-sol sous serre en verre (de février à octobre) Dimensionnement PLANETE Légumes - Alsace	- 333 MWh/ha soit - 29 730 m³/ha de gaz naturel	- 40560 EQF/ha soit - 13 % de l'énergie de chauffage	+ 20 992 €/ha	0	- 70 kg éq. CO₂/ha

Autres intérêts

- Très facile à mettre en place sur ordinateur climatique
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NOx, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Réduction de la vitesse de développement de la plante et donc du rendement

Éléments de contexte impactant le levier

- Aide plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour l'équipement

Renforcer l'isolation de la serre

Une isolation renforcée permet de limiter les déperditions thermiques par les parois, la toiture, les canalisations d'eau chaude. La puissance thermique de la chaudière peut être revue à la baisse.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Installation d'une serre en polyéthylène (PE) double paroi gonflable plutôt qu'en verre pour une culture de tomate hors-sol de 1 ha	- 60 MWh/ha ⁶⁹ soit - 5357 m ³ /ha de gaz naturel - 1 ha serre verre + 1 ha serre PE	- 7951 EQF/ha soit - 4 % des conso. totales d'énergie en maraîchage serre chauffée	+ 3 754 €/ha + différence de coût entre paroi verre et PE	30 - 40 €/m ² serre PE contre 80 - 90 €/m ² serre verre (structure nue). Durée de vie de 5-8 ans pour le PE contre 25 ans pour le verre	- 19 t éq. CO₂/ha soit environ 6 % des émissions totales de GES en maraîchage serre chauffée

* Comprend les économies de gaz naturel et la différence d'énergie indirecte entre les deux types de serre, simulés sur Dia'terre®

⁶⁹ Dimensionnement PLANETE Légumes - Alsace

Autres intérêts

- Coût beaucoup moins important de la double paroi gonflable comparé au verre
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NOx, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Jusqu'à 18% de perte de luminosité et potentiellement de rendement et de précocité
- Augmentation de l'hygrométrie et donc risque de condensation et de développement de maladies

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour les serres
- Certificats d'économie d'énergie AGRI-EQ-104 pour les écrans thermiques latéraux

Installer des écrans thermiques

Les écrans thermiques sont des toiles constituées de matériaux divers (PE, polyester, acrylique), en film, à mailles, tissé ou non, plus ou moins métallisés. Ils permettent de réduire les pertes thermiques de la serre au moment où elles sont les plus importantes, c'est-à-dire la nuit. Ils apportent une bonne isolation thermique en associant une limitation des échanges convectifs (écran bien fermé et étanche) et radiatifs (matériaux réfléchissants et à faible émissivité). L'installation de doubles écrans permet de coupler les propriétés de différents matériaux (réduction des pertes thermiques et ombrages).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie* 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Installation de simple écran	- 15 à 25 % de l'énergie de chauffage ⁷⁰ (exemple sur expl. 2 concombres : - 17280 à 28800 m ³ /ha de gaz naturel)	- 23 570 à 39 280 EQF/ha soit 13 à 22 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	+ 12 000 à 20 300 €/ha sur le chauffage	7 €/m ² Retour sur investissement 3 - 4 ans	- 40 à 67 t éq. CO₂/ha soit 13 à 22 % des émissions totales de GES de l'exploitation
Installation de double écran	- 27 à 37 % de l'énergie de chauffage ⁷⁰ (ex. sur expl. 2 concombres : - 31 100 à 42 620 m ³ /ha de gaz naturel)	- 42 423 à 58 136 EQF/ha soit 23 à 32 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	+ 21 900 à 30 000 €/ha sur le chauffage	10 - 11 €/m ² Retour sur investissement : 4 ans	- 73 à 100 t éq. CO₂/ha soit 24 à 33 % des émissions totales de GES de l'exploitation

* L'énergie et les émissions de GES indirectes liées à la fabrication des écrans thermiques n'est ici pas prise en compte, elle dépend du matériau choisi.

⁷⁰ Formation CTIFL Energie et gestion du climat en abris chauffés 2017.

Autres intérêts

- Protection contre le blanchiment de la serre et les fortes chaleurs en été dans le cas d'un écran thermique couplé à un écran d'ombrage
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NOx, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Maintien de l'humidité et de la condensation sous l'écran
- Perte de luminosité lorsque l'écran est déployé en journée
- Pilotage de l'ouverture et fermeture de l'écran avec l'ordinateur climatique de la serre pour éviter les chutes d'air froid sur les plantes

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCEAE) pour les serres
- Certificats d'économie d'énergie AGRI-EQ-102

Utiliser un logiciel pour gérer les conditions climatiques

Le logiciel de l'ordinateur climatique assisté de capteurs permet de piloter : lumière, température, hygrométrie, pilotage des écrans thermiques, injection de CO₂... Lorsque les espèces cultivées le permettent, il est possible d'utiliser un logiciel d'intégration de température basé sur la capacité des plantes à tolérer des températures de jour supérieures à la température de consigne et des températures de nuit plus faibles, pour profiter du rayonnement solaire.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Utilisation d'un système informatique centralisé pour la gestion du climat avec option logiciel d'intégration de température	- 5 à 15 % de l'énergie de chauffage ⁷¹ (ex. sur expl. 2 concombres : - 5 760 à 17 280 m ³ /ha de gaz naturel)	- 7 856 à 23 570 EQF/ha soit 4 à 13 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	+ 4 000 à 12 200 €/ha	50 000 €, rentable si serre > 7 000 m ² Varie de 1500 € à 65 000 € selon options ⁷¹ Retour sur investissement : 3 ans sans subvention	- 14 à 40 t éq. CO₂/ha soit 4,5 à 13 % des émissions totales de GES de l'exploitation

⁷¹ Formation CTIFL Energie et gestion du climat en abris chauffés 2017.

Autres intérêts

- Simplicité de gestion pour l'exploitant et diminution des besoins en main d'œuvre
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NO_x, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Onéreux
- Vigilance pour les phases de relance matinale avec le logiciel d'intégration de température : nécessité d'avoir un minimum de rayonnement pour ne pas pénaliser la consigne de température moyenne 24h

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour les serres
- Certificat d'économie d'énergie AGRi-EQ-101 pour le logiciel d'intégration de température

Installer un ballon d'eau chaude

Les besoins de chaleur dans les serres étant principalement nocturnes, une optimisation du système consiste à conserver l'énergie dans un dispositif de stockage d'eau chaude produite par la chaudière durant la journée et de valoriser cette énergie disponible lors des besoins de chauffage de nuit. Le dispositif permet de répartir la production de chaleur grâce à un fonctionnement à régime constant du brûleur de la chaudière qui évite les pics de consommation de combustible.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installer un ballon d'eau chaude type open buffer (capacité 250-350 m ³ /ha)	- 5 % de l'énergie de chauffage ⁷² (ex. sur expl. 2 concombres : - 5 760 m ³ /ha de gaz naturel)	- 7 856 EQF/ha soit 4 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	4 000 €/ha	Prix moyen 380 € HT/m ³	- 13,5 t éq. CO₂/ha soit 4,5 % des émissions totales de GES de l'exploitation

⁷² Formation CTIFL Energie et gestion du climat en abris chauffés 2017.

Autres intérêts

- Réduction de la puissance de la chaudière avec un ballon d'eau chaude de type open buffer
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NOx, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Pilotage par ordinateur climatique pour un ballon d'eau chaude de type open buffer

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour les serres
- Certificat d'économie d'énergie AGRi-TH-101 et 102

Utiliser un déshumidificateur

La déshumidification double flux ou par ventilation active permet de se passer du procédé qui consiste à chauffer et aérer en même temps pour déshumidifier la serre. Dans le cas d'un système avec déshumidificateur double flux, l'échange avec l'air extérieur se fait par une simple ventilation à travers une structure alvéolaire et l'air sec est ensuite distribué sous les gouttières de culture.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation d'un déshumidificateur thermodynamique (double-flux)	- 650 MWh/ha chauffage soit 58 036 m ³ /ha de gaz naturel + 75 MWh/ha d'électricité	- 75 417 EQF/ha	+ 33 450 €/ha	Retour sur investissement sur 5 ans	- 132 t éq. CO₂/ha
Installation d'une déshumidification par ventilation active (AVS)	- 100 MWh/ha chauffage soit 8 929 m ³ /ha de gaz naturel + 42 MWh/ha d'électricité	+ 20 EQF/ha	+ 2 100 €/ha	10 à 20 €/m ² avec gaines de distribution d'air + abonnement électrique 1 €/m ² /an	- 18,8 t éq. CO₂/ha

Autres intérêts

- Limitation du risque de condensation et du développement de maladies (ex : Botrytis)
- Gestion séparée de température et hygrométrie
- Utilisation plus intensive de l'écran thermique
- Légère contribution au chauffage de la serre (10 W/m²) pour le déshumidificateur thermodynamique
- Aucune installation de gaines d'air pour le déshumidificateur thermodynamique
- Émissions de la chaudière gaz naturel réduites (NOx, SO₂, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Consommation électrique plus importante
- Installation des gaines de distribution d'air pour l'AVS
- Légère perte de rendement possible (plante trop végétative), pour l'AVS
- Economie d'énergie plus importante en fonctionnement double flux pour l'AVS

Éléments de contexte impactant le levier

- Certificat d'économie d'énergie AGRi-TH-117 pour le déshumidificateur thermodynamique

Remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Chauffage d'une serre de 1600 m ² de légumes diversifiés avec la chaleur récupérée d'un méthaniseur ⁷³	- 100 % énergie chauffage soit 3 300 MWh/ha (ou 294 643 m ³ /ha gaz naturel)	- 401 923 EQF/ha	+ 207 900 €/ha (Si chaleur gratuite)	1,75 M€ en moyenne pour l'unité de méthanisation et raccordement à la serre (environ 1 000 €/m de réseau)	- 689 t éq. CO₂/ha
Chauffage d'une serre 1,8 ha de concombre, tomate, poivron, aubergine hors-sol par pompe à chaleur (réchauffe l'eau des aquifères superficiels) ⁷⁴	- 617,2 MWh/ha chauffage (soit 55 107 m ³ /ha gaz naturel) + 176,1 MWh/ha d'électricité	- 24 050 EQF/ha soit 13 % des conso. totales d'énergie (expl. 2 concombres)	+ 21 300 €/ha	Jusqu'à 700 000 € pour de grandes puissances de pompes	- 120 t éq. CO₂/ha soit 40 % des émissions totales de GES (expl. 2 concombres)
Chauffage d'une serre de 3 ha de concombre hors-sol par chaufferie paille ⁷⁴	- 100 % énergie chauffage soit 4000 MWh/ha (ou 357 143 m ³ /ha gaz naturel)	- 487 178 EQF/ha	+ 3 €/m ² (chauffage paille 6 €/m ² , chauffage GNR lourd ou propane 9 €/m ²)	Etude de faisabilité : 12 500 € Chaufferie : 877 000 € Paille : 180 000 €/an Retour sur investissement : 5 à 10 ans avec subventions	- 836 t éq. CO₂/ha

⁷³ Etude de cas Lorraine

⁷⁴ Etudes de cas Champagne-Ardenne

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Chauffage d'une serre d'1 ha de concombre hors-sol avec la chaleur fatale d'un incinérateur de déchets ⁷⁵	- 100 % énergie chauffage soit 4000 MWh/ha (ou 357 143 m ³ /ha gaz naturel)	- 487 178 EQF/ha	+ 192 000 €/ha (récupération chaleur fatale : 15 €/MWh)	Equipements permettant de récupérer la chaleur (échangeurs, aérocondenseurs...)	- 836 t éq. CO₂/ha
Chauffage d'une serre d'1 ha de tomate-salade de pleine terre avec la chaleur récupérée de la géothermie profonde ⁷⁶	- 100 % énergie chauffage soit 2959 MWh/ha (ou 264 196 m ³ /ha gaz naturel)	- 360 400 EQF/ha	Dépend du prix de vente de la chaleur récupérée	Equipements permettant de récupérer la chaleur (échangeurs, aérocondenseurs...) et réseau de chaleur	- 618 t éq. CO₂/ha
Chauffage d'une serre avec une unité de solaire thermique ⁷⁷	- 10 à 30 % énergie chauffage (exemple sur expl. 2 concombre : - 11 519 à 34557 m ³ /ha de gaz naturel)	- 15 713 à 47 139 EQF/ha soit 9 à 26 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	+ 8 130 à 24 400 €/ha	30 à 60 €/m ² de serre (avant aides) et coût d'entretien 0,60 €/m ² . Moins de 10 ans de retour sur investissement (avec aides)	- 27 à 81 t éq. CO₂/ha soit 9 à 27 % des émissions totales de GES de l'exploitation

⁷⁵ Etude de cas Lorraine

⁷⁶ Etude de cas Alsace

⁷⁷ Etude de faisabilité par le solaire thermique, Infos CTIFL, décembre 2018.

Autres intérêts

- Coût de la chaleur inférieur aux énergies fossiles et stable dans le temps (contrats sur 20 - 25 ans), ressources locales, diversification d'activités
- Source de revenu complémentaire pour le méthaniseur
- Pompe à chaleur : coefficient de performance élevé (4 - 5)
- Si installation de serre semi-fermée pour valoriser la chaleur basse température : gain de rendement, meilleure gestion climatique et sanitaire, refroidissement
- Mise à disposition de foncier à proximité
- Avec l'utilisation d'une pompe à chaleur, de chaleur fatale, de la la géothermie profonde ou du solaire thermique, réduction des émissions de la chaudière gaz naturel (NOx, SO2, poussières) : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Implantation de la serre au plus près de la source de chaleur
- Disponibilité et compétitivité de la biomasse
- Méthanisation : couplage des besoins, méthanisation portée par un autre exploitant
- Pompe à chaleur : consommation d'électricité et utilisation de fluide frigorigène, eau réchauffée proche de 50°C, peut nécessiter un chauffage d'appoint, pas de récupération de CO₂
- Chaufferie paille : prévoir zone de stockage pour autonomie de 4 - 5 jours, entretien important, chaudière d'appoint conseillée, traitement des fumées (ajouter un filtre à manche pour réduire les poussières)
- Long développement de projets (3 - 4 ans)
- Lourd investissement

Limites (suite)

- Géothermie profonde, chaleur fatale : chaleur récupérée à basse température (30 - 40°C) nécessite des équipements innovants pour valoriser la chaleur (serre semi-fermée), contrainte sur température de retour, chauffage d'appoint souvent nécessaire
- Solaire thermique : Surface de la centrale solaire de 7 à 15 % de la surface de la serre, stockage à prévoir, eau chaude produite à 75°C maximum, nécessite un chauffage secondaire, couplage des besoins

Éléments de contexte impactant le levier

- Appels à projet méthanisation ADEME-Région
- Dispositif Climaxion ADEME-Région, Fonds Chaleur ADEME
- Certificat d'économie d'énergie AGRI-TH-108 ou Fonds Chaleur ADEME pour les pompes à chaleur
- Certificat d'économie d'énergie AGRI-TH-116 pour la récupération de chaleur fatale



Stockage froid

La conservation au froid des légumes comme les carottes, oignons et pommes de terre est souvent nécessaire afin de pouvoir continuer à vendre ses produits plusieurs mois après la récolte sans perte de qualité, notamment en l'absence d'anti-germinatifs. L'installation d'une chambre froide peut alors représenter le premier poste de dépenses énergétiques de l'exploitation maraîchère.

Les leviers listés dans cette fiche visent à :

- Limiter la surconsommation du groupe froid, en améliorant les conditions d'entrée et de stockage des produits, et en optimisant l'entretien du groupe froid
- Mieux contrôler les échanges thermiques avec l'extérieur, soit en permettant l'entrée d'air froid, soit en isolant le bâtiment
- Valoriser la chaleur libérée
- Réduire l'impact énergie/GES indirect lié à la construction du bâtiment de stockage et à l'utilisation de matériaux plastiques

Entretenir et utiliser sa chambre froide

Des équipements mal entretenus ou mal utilisés entraînent une surconsommation d'électricité qui peut être évitée en adoptant certaines pratiques.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Réduction du nombre d'ouvertures de la chambre froide de 2 à 1 fois par jour durant 5 min sur un stockage de 160 t de pommes de terre sur 1 an	- 157 kWh ⁷⁸	- 46 EQF	+ 16 €	0	- 8 kg éq. CO₂
Diminuer l'éclairage de 2 à 1 h par jour sur un stockage de 160 t de pommes de terre sur 1 an	- 29 kWh ⁷⁸	- 8 EQF	+ 3 €		- 1,5 kg éq. CO₂

⁷⁸ Dimensionnement PLANETE Légumes - Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Amélioration de la qualité de conservation de chaque légume
- Maintien de l'état sanitaire correct de la chambre froide
- Pas de stockage des légumes sensibles ensemble (éthylène, odeurs...)
- Facile à mettre en œuvre

Limites

- Coût des équipements frigorifiques
- Variations des écarts de température avec les conditions extérieures

Rehausser la température de consigne

La température de consigne est choisie afin d'optimiser la conservation des produits et limiter leur respiration. Un rehaussement de la température peut être techniquement justifié dans certains cas, permettant de moins solliciter le groupe froid.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Ex : Rehausser la température de consigne de 4 à 5°C sur un stockage de 160 t de pommes de terre sur 1 an	- 5 % électricité de la chambre froide soit - 482 kWh ⁷⁹	- 140 EQF	+ 48 €	0	- 24 kg éq. CO₂

⁷⁹ Dimensionnement PLANETE Légumes - Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Limitation des phénomènes de sucrage en stockage de pomme de terre, notamment pour les variétés « spécial frites »
- Possibilité d'élargir la gamme d'espèces ou de variétés pouvant être stockées dans les mêmes conditions

Limites

- Réduction possible de la durée de conservation
- Augmentation du risque de développement de maladies
- Augmentation de la respiration des légumes

Adapter les conditions de récolte

Récolter les produits très tôt le matin ou tard le soir permet réduire l'écart de température avec la température de consigne de la chambre froide et donc de consommer moins d'électricité pour refroidir les produits.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Ex : Rabaisser la température de récolte des carottes de 15 à 10°C (température consigne = 1°C sur 1 an de stockage)	- 14 % électricité de la chambre froide soit - 937 kWh ⁸⁰	- 272 EQF	+ 94 €	0	- 47 kg éq. CO₂

⁸⁰ Dimensionnement PLANETE Légumes - Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Maintien de la qualité des produits
- Refroidissement plus lent de produits plus frais qui limite les phénomènes de sucrage pour les pommes de terre

Limites

- Adaptation de la récolte en fonction du planning de l'exploitation et des salariés (travail de nuit possible)

Refroidir sans groupe froid

Sous certaines conditions et pour certains légumes, il est possible de refroidir les produits uniquement en ventilant avec l'air extérieur. Le groupe froid n'est alors pas nécessaire. La seule consommation électrique provient des ventilateurs.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Ex : Stockage de 80 t de pommes de terre en auto construction sans groupe froid sur 1 an	- 100 % électricité de la chambre froide soit - 6085 kWh + 1217 kWh électricité ventilation ⁸¹	- 1 414 EQF	+ 487 €/an	150 €/an d'électricité pour les ventilateurs + coût des matériaux de construction et d'isolation et des ventilateurs	- 243 kg éq. CO2

⁸¹ Dimensionnement PLANETE Légumes - Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Utilisation de matériaux isolants biosourcés d'origine végétale permettant le stockage du carbone
- Utilisation de matériaux locaux disponibles sur l'exploitation (ex : paille)
- Construction écologique : argument de vente supplémentaire auprès des consommateurs
- Économique si la chambre froide est construite par l'agriculteur

Limites

- Durée de conservation raccourcie
- Conditions de récolte adaptées pour ne pas rentrer de produits chauds (récolter plus tardivement, de nuit)
- Impossibilité de refroidir sous la température de nuit
- Solutions pour refroidir : utiliser des matériaux isolants et apportant de l'inertie, utiliser une ventilation efficace, choisir les bonnes périodes de l'année, faire évaporer de l'eau dans les parois, utiliser la végétation

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour le groupe froid et l'isolation

Renforcer l'isolation de la chambre froide

Une isolation renforcée permet de limiter les déperditions thermiques par les parois, la toiture ou le sol. La puissance frigorifique du groupe froid peut être revue à la baisse.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Calorifugeage du circuit de fluide frigorigène	- 5 à 10 % ⁸² électricité de la chambre froide soit - 487 à 974 kWh	- 141 à 283 EQF	+ 49 à 97 €	0	+ Mauvais bilan carbone des isolants synthétiques
Isoler la dalle du sol avec 50 mm de polystyrène expansé pour un stockage de 160 t de pommes de terre sur 1 an	- 5 % électricité de la chambre froide soit - 487 kWh ⁸³	- 141 EQF	+ 49 €	5 - 7 € TTC/m ² de polystyrène expansé (hors montage)	(ex : panneaux sandwich polyuréthane = 16 kg éq. CO₂/UF , avec 1 UF : 1 m ² d'isolant qui apporte une résistance thermique de 5 m².K/W)
Passer de 100mm à 120mm d'épaisseur de panneaux sandwich pour un stockage de 160 t de pommes de terre sur 1 an	- 3 % électricité de la chambre froide soit - 271 kWh ⁸³	- 79 EQF	+ 27€	Surcoût + 10 à 15 % sur l'isolation	

⁸² ADEME, "Froid : optimisez vos consommations d'énergie, Fiche industrie", 2010.

⁸³ Dimensionnement PLANETE Légumes - Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Utilisation de matériaux biosourcés
- Plutôt facile à mettre en œuvre : installation possible par l'exploitant lui-même

Limites

- Impact sur l'environnement si utilisation d'isolants synthétiques (émissions indirectes de GES)
- Réduction de l'inertie de la chambre froide qui se refroidit plus vite mais se réchauffe plus vite également

Éléments de contexte impactant le levier

- Aides plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE) pour le groupe froid et l'isolation

Récupérer la chaleur du groupe froid

Le groupe froid évacue de la chaleur au niveau du condenseur et à la désurchauffe. Cette chaleur est généralement perdue dans l'atmosphère mais peut être récupérée pour des besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de réchauffement des pommes de terre.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Récupération de chaleur aux condenseurs d'une centrale frigorifique de 50 kW pour des besoins en eau chaude sanitaire de 300-400 L/j ⁸⁴	- 70 kW d'eau chaude sanitaire	/	Coût du chauffage de 300 - 400 L d'eau chaude sanitaire par jour	25 000 € pour le système de récupération de chaleur Surcoût de 30 %	Chauffage de l'eau chaude sanitaire, réchauffement atmosphérique évité

⁸⁴ Projet magasin de producteurs en Moselle (57)

Limites

- Nécessité d'avoir des besoins en eau chaude ou en chauffage qui correspondent au fonctionnement du groupe froid (légère autonomie possible avec ballon d'eau chaude)

Éléments de contexte impactant le levier

- Certificats d'économie d'énergie BAT-TH-139 (12 % de l'investissement) ou AGRI-TH-104

Produire sa propre électricité par l'installation de panneaux photovoltaïques en autoconsommation

L'installation de panneaux photovoltaïques sur les toits des bâtiments de stockage pour autoconsommer une partie de ses besoins en électricité permet de s'affranchir des contraintes liées aux énergies fossiles.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation de 172,8 kWc de panneaux photovoltaïques pour l'autoconsommation de l'électricité du bâtiment d'élevage porcin, 2 frigos de stockage de légumes (300 et 400 palox), 200 ha de légumes irrigués (2 pompes irrigation 80 et 200 m ³ /h) ⁸⁵	- 188,7 MWh/an soit 24 % des besoins totaux	- 54 812 EQF/an	+ 18 870 €/an Temps de retour brut : environ 10 ans	188 236 €	- 9,4 t éq. CO₂/an mais bilan carbone panneaux VOLTEC Solar TARKA : + 69 t éq. CO₂ Le bilan devient positif à partir de 8 ans

⁸⁵ Etude de cas Alsace

Autres intérêts

- Indépendance en partie de l'augmentation du coût des énergies fossiles
- L'investissement dans les panneaux solaires est plus abordable : 6000 €/kWc à 1000€/kWc en environ 10 ans
- Énergie verte : argument de vente supplémentaire auprès des consommateurs

Limites

- Adéquation de la production solaire avec les besoins en électricité : difficile avec uniquement des chambres froides d'auto-consommer toute sa production
- Plages de consommation d'électricité adaptées à la production solaire : fonctionnement des réfrigérateurs de préférence entre 10h et 17h
- Réalisation d'un diagnostic énergétique détaillé pour connaître son talon de consommation
- Investissement lourd

Éléments de contexte impactant le levier

- Aide Région/ADEME dispositif Climaxion : 27 233 € soit 14 % de l'investissement

Isoler sa chambre froide avec des isolants biosourcés

Les chambres froides standard sont généralement constituées de panneaux sandwich en polyuréthane, isolant synthétique dont la fabrication est énergivore, matériau polluant et difficilement recyclable. L'utilisation d'isolants biosourcés (d'origine végétale, animale ou issus du recyclage) permet d'éviter cette consommation d'énergie.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation de botte de paille au lieu de panneau sandwich polyuréthane	- 110 kWh ep/UF* liée à la fabrication et au transport du matériau ⁸⁶	- 11 EQF/UF	Botte de paille standard : 1 à 1,2 € environ contre 60 €/m ² de panneau polyuréthane 100 mm montage inclus ⁸⁵	0	- 42 kg éq. CO₂/UF⁸⁵

Autres intérêts

- Utilisation de ressources locales, peu chères

Limites

- Chronophage si réalisation par l'exploitant lui-même

*ep : Energie primaire / UF (Unité fonctionnelle) : 1 m² d'isolant qui apporte une résistance thermique de 5 m² K/W

⁸⁶ Association Arcanne, Parc Eco Habitat, "Comparatif global des isolants", 2011.

Recycler un container maritime frigorifique d'occasion

Reconvertir un container maritime en chambre froide permet d'économiser l'énergie indirecte nécessaire à la fabrication d'une chambre froide standard.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Ex : container de 15 m ² par rapport à un bâtiment de stockage en bardage acier double peau de 15 m ²	Matériaux de construction du bâtiment en acier non consommés	- 73 EQF	/	5 000 € (8 000 € pour un container de 30 m ²)	- 160 kg éq CO₂

Limites

- Espace réduit, peu optimisé
- Consommation électrique élevée car placé en extérieur et généralement peu isolé





Fertilisation azotée

En maraîchage, la fertilisation azotée se raisonne principalement grâce à la méthode PILazo®, impliquant des analyses de reliquats azotés du sol en sortie d'hiver et l'estimation de l'état azoté de la culture. Si cette méthode permet une optimisation de la dose d'engrais à apporter, d'autres leviers peuvent être mobilisés afin de réduire les émissions de GES liées à la fertilisation.

Les leviers cités dans cette fiche doivent permettre de :

- Réduire l'utilisation d'engrais minéraux par un pilotage fin de la fertilisation et la mobilisation d'engrais organiques
- Diminuer l'apport d'engrais exogène grâce à l'implantation de couverts d'interculture
- Optimiser la ferti-irrigation en système hors-sol sous abri

Optimiser les apports d'azote

L'analyse des reliquats azotés en sortie d'hiver des parcelles et la méthode du bilan permettent d'optimiser la dose d'azote à apporter en fonction du potentiel pédoclimatique et de la demande en azote des cultures. En fonction du type d'engrais choisi, il est également possible de réduire la dose d'azote.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Analyse de reliquats azotés en sortie d'hiver sur courgette	- 11 kg N/ha de courgette ⁸⁷	- 17 EQF/ha	+ 10 €/ha	Analyse reliquats : 15 € TTC/horizon/5 ha	- 140 kg éq CO₂
Fertilisation avec engrais encapsulé à libération lente d'azote (base sulfate de potasse) sur chou à choucroute	- 60 kg N/ha de chou à choucroute ⁸⁸	- 91 EQF/ha	+ 55 €/ha	0	- 760 kg éq. CO₂/ha
Localisation de l'azote au semis sur betterave tous précédents avec apports organiques, tous types de sols	- 16 kg N/ha de betterave ⁸⁹	- 24 EQF/ha	+ 14 €/ha	Localisateur	- 200 kg éq. CO₂/ha

⁸⁷ Conseil fertilisation PLANETE Légumes

⁸⁸ Essai PLANETE Légumes 2018

⁸⁹ Référentiel GREN Zones Vulnérables Picardie, 2013.

Autres intérêts

- Amélioration qualité de l'eau et de l'air (moins de lessivage des nitrates et d'émissions d'ammoniac)
- Réduction du nombre de passages sur la parcelle et rendement légèrement supérieur avec engrais encapsulé

Limites

- Enfouissement au semis : équipement spécifique sur semoir

Valoriser l'azote organique et adapter la fertilisation

Valorisation des effluents d'élevage, compost de déchets verts, vinasses, etc., en adaptant la fertilisation minérale à l'aide d'analyses NPK de ces matières organiques.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : Apport 10 t/ha fumier bovin compact sur chou à choucroute avant implantation (automne)	- 5 kg N/ha ⁹⁰	- 8 EQF/ha	+ 4 €/ha	Eventuellement coût analyse NPK des effluents (80 €) + Matériel d'épandage adapté	+ 200 kg éq. CO₂/ha**
Ex 2 : Apport 20 t/ha fumier de cheval sur courgettes avant implantation (printemps)	- 50 kg N/ha ⁹⁰	- 75 EQF/ha	+ 44 €/ha		+ 180 kg éq. CO₂/ha**

*N₂O émis à partir de la matière organique moins l'azote minéral économisé (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote).

** Dans une situation avec apport d'effluents organiques par rapport à une situation sans effluent, les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac sont souvent plus importantes sur l'exploitation. Cependant, si l'on prend en compte le fait que ces émissions seraient de toute façon émises dans l'exploitation d'où proviennent les effluents, les émissions totales sont finalement plus faibles grâce à l'économie d'azote minéral.

⁹⁰ Référentiel GREN, conseiller fertilisation PLANETE Légumes

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 3 : Apport 1 t/ha de fientes de volailles séchées sur courgettes avant implantation (printemps)	- 17 kg N/ha ⁹¹	- 26 EQF/ha	+ 15 €/ha	Eventuellement coût analyse NPK des effluents (80 €) + Matériel d'épandage adapté	- 25 kg éq. CO₂/ha**
Ex 4 : Enfouissement des résidus de culture de carotte	- 20 kg N/ha ⁹²	- 30 EQF/ha	+ 17 €/ha	Rotavator	- 250 kg éq. CO₂/ha

* N₂O émis à partir de la matière organique moins l'azote minéral économisé (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champ lié aux apports d'azote). Pour l'exemple 4, azote minéral économisé (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champ lié aux apports d'azote)

** Dans une situation avec apport d'effluents organiques par rapport à une situation sans effluent, les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac sont souvent plus importantes sur l'exploitation. Cependant, si l'on prend en compte le fait que ces émissions seraient de toute façon émises dans l'exploitation d'où proviennent les effluents, les émissions totales sont finalement plus faibles grâce à l'économie d'azote minéral.

⁹¹ Référentiel GREN, conseiller fertilisation PLANETE Légumes

⁹² Référentiel GREN Champagne-Ardenne

Autres intérêts

- Amélioration du système sol (structure, matière organique, infiltration, vie biologique...)
- Valorisation de déchets organiques
- Limitation de l'érosion et restauration de la porosité sur les premiers centimètres de sol avec enfouissement des résidus
- Augmentation du stockage de carbone
- L'enfouissement des résidus de culture permet de limiter la volatilisation d'ammoniac : amélioration de la qualité de l'air

Limites

- Épandre avec du matériel adapté et enfouir ses effluents solides le plus rapidement possible pour limiter la volatilisation et pour une meilleure valorisation de ces matières organiques
- Risque de transmission de maladies à la culture suivante et augmentation du risque de lixiviation avec enfouissement des résidus

Éléments de contexte impactant le levier

- Restrictions réglementaires sur le type de matières organiques à épandre (digestat, boues de stations d'épuration)



Implanter des couverts intermédiaires et les restituer au sol

Les couverts d'interculture absorbent l'azote minéral présent à la récolte du précédent et celui provenant de la minéralisation de l'arrière-saison. Après la destruction, l'azote mobilisé peut être remis à disposition à court terme pour la culture qui suit ou à moyen/long terme par réorganisation d'une partie de l'azote qui viendra intégrer le cycle de la matière organique du sol.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Ex 1 : féverole (hiver & printemps) à 8,1 tMS/ha (taux d'azote de 3,2% rapport C/N 13) avant chou pommé ⁹³	- 82,5 kg N/ha + 8 L GNR/ha (semis)	- 115 EQF/ha	+ 61 €/ha	25 €/ha	- 160 kg éq CO₂/ha
Ex 2 : sorgho fourrager (été) à 6,3 tMS/ha (taux d'azote de 3 %, rapport C/N 14) avant laitue ⁹⁴	- 25 kg N/ha + 8 L GNR/ha (semis)	- 28 EQF/ha	+ 16 €/ha	45 €/ha	- 170 kg éq CO₂/ha

Ces chiffrages ont pu être réalisés à partir de la méthode MERCI développée par la CRA Poitou-Charentes.

*GNR (émissions de CO₂), azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport + formation de N₂O au champs lié aux apports d'azote), et N₂O issu de la dégradation des résidus de culture. Simulé sur Dia'terre®

⁹³ Essai PLANETE Légumes 2016 engrais vert - Alsace

⁹⁴ Essai PLANETE Légumes 2018 engrais vert sous serre - Alsace

Autres intérêts

- Amélioration qualité de l'eau (moins de fuites de nitrates et de produits phytosanitaires).
- Lutte contre les adventices et les bio agresseurs.
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, infiltration, vie biologique...)
- Augmentation du stockage de carbone

Limites

- Technicité gestion de l'interculture (choix des espèces, dates d'implantation et de destruction, densité de semis, irrigation), Ex : la moutarde fait partie de la famille des brassicacées, très cultivée en maraîchage (choux, radis, roquette), à éviter.
- Prix des semences

Éléments de contexte impactant le levier

- Le Moha, le Nyger et le Sorgho sont des espèces adaptées à de fortes chaleurs, donc également valorisables sous serre en été.
- Influence du changement climatique sur le développement des couverts et impact sur la réserve utile en eau

Recycler la solution nutritive

En culture légumière hors-sol, la solution nutritive (ferti-irrigation) est généralement introduite en excès de 20 %. Le recyclage de ces eaux de drainage permet une réduction de consommation d'engrais.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES* 
Mise en place d'un système de recyclage (gouttière de récupération, système de collecte, bacs intermédiaires et de stockage, système de désinfection, adaptation de la station de fertilisation) ⁹⁵	- 0,39 kg N/m ² - 320 L d'eau/m ² - 1,5 kWh/m ²	- 1 EQF/m²	+ 15 €/m ²	10 € HT/m ² 6 à 7 ans de retour sur investissement sans subvention	- 2 kg éq CO₂/m²

* Electricité et azote (émissions de CO₂ à la fabrication et au transport de l'azote). Simulé sur Dia'terre®

⁹⁵ Martinez, S. Morard, P. "Recyclage des solutions nutritives en culture hors sol", 2000.

Autres intérêts

- Réduction de la consommation d'eau
- Limite la pollution engendrée par les rejets de la solution nutritive dans l'environnement direct de la serre
- Aucune perte de rendement ni de qualité

A large flock of brown chickens is shown in a grassy field. In the background, there is a white barn with a dark roof. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day. The chickens are of various breeds, including some with white necks and tails. A semi-transparent orange banner is overlaid across the middle of the image, containing the text 'Monogastriques' in white.

Monogastriques

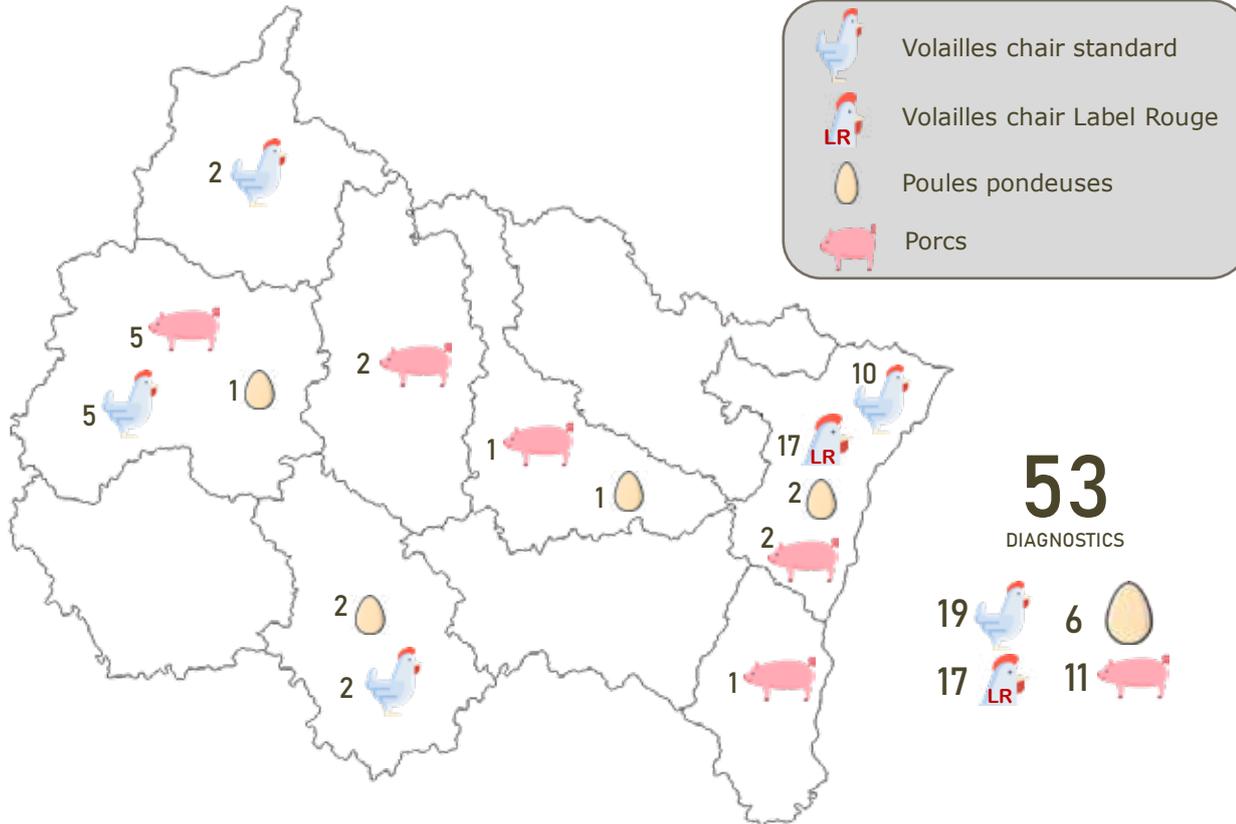


Repères



L'ESSENTIEL DE L'ÉLEVAGE MONOGASTRIQUE

Répartition des diagnostics dans le Grand Est



VOLAILLES CHAIR STANDARD



19 DIAGNOSTICS
de 2008 à 2015

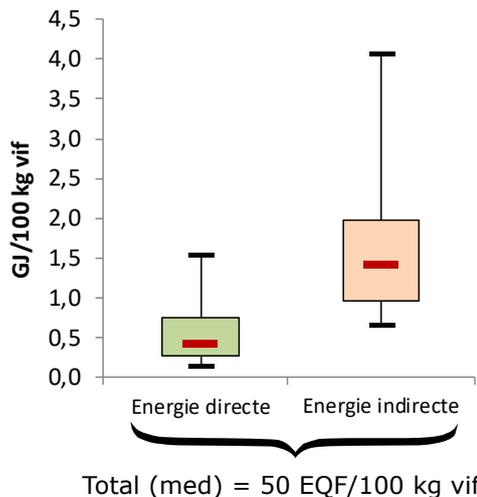
Critères

- Présence d'un atelier volailles chair
- Exclusion des exploitations avec autres ateliers d'élevage

Exploitation médiane

- 60 ha de SAU dont 50 ha de COP
- 1400 m² de bâtiments pour 150 000 volailles/an
- Productions : 330 000 kg vif/an et 4662 q/an de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



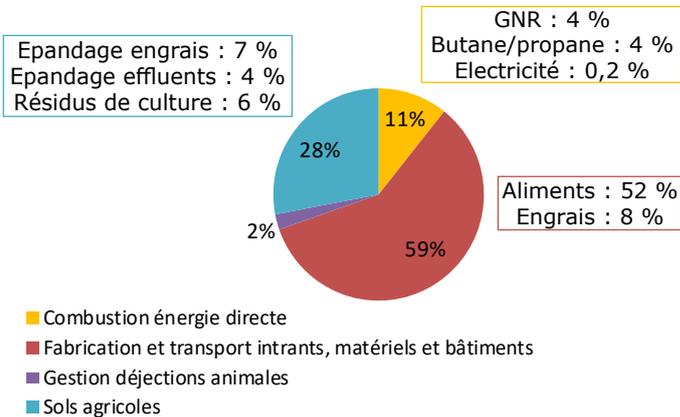
		GJ/100 kg vif		
		Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,01	0,14	0,31
	Electricité	0,02	0,12	0,14
	Autres produits pétroliers	0,14	0,16	0,29
INDIRECTE	Achats aliments	0,6	1,2	1,4
	Engrais	0	0,2	0,4
	Matériels	0	0,03	0,05
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,10	0,14	0,19
Total		1,3	1,8	3,0

La consommation d'énergie indirecte est trois fois plus importante que la consommation d'énergie directe.
Le principal poste correspond aux achats d'aliments.

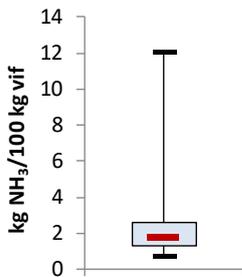
ÉMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **0,23 t éq. CO₂/100 kg vif**
 50 % émettent entre 0,15 et 0,32 t éq. CO₂/100 kg vif

La moitié des émissions sont issues des achats d'aliments. Les postes secondaires correspondent aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 15 % des émissions totales, puis à la combustion des énergies directes.



QUALITE DE L'AIR : ÉMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **1,8 kg NH₃/100 kg vif**
 50 % des exploitations émettent entre 1,3 et 2,6 kg NH₃/100 kg vif

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation et des épandages (d'effluents ou d'autres matières organiques) sur les cultures, et des déjections en bâtiment.



Les consommations et émissions incluent les cultures de vente

VOLAILLES CHAIR LABEL ROUGE



17 DIAGNOSTICS
de 2008 à 2013

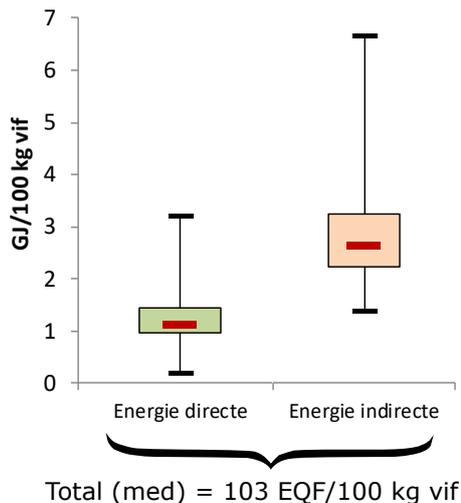
「 Critères 」

- Présence d'un atelier volailles chair Label Rouge
- Exclusion des exploitations avec autres ateliers d'élevage

「 Exploitation médiane 」

- 56 ha de SAU dont 35 ha de COP et 4,3 ha de SFP
- 800 m² de bâtiments pour 27 500 volailles/an
- Productions : 61 325 kg vif/an, 3800 q/an de COP (vendus ou consommés sur la ferme) et 8,7 tMS/an de fourrages

「 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE 」



		GJ/100 kg vif		
		Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0,3	0,6	0,9
	Electricité	0,07	0,08	0,11
	Autres produits pétroliers	0,4	0,5	0,6
INDIRECTE	Achats aliments	1,7	1,9	2,0
	Engrais	0,4	0,6	0,9
	Matériels	0,05	0,1	0,2
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,17	0,19	0,26
Total		3,3	3,7	4,8

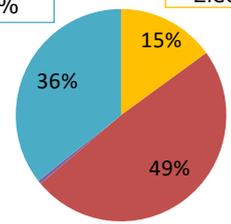
La consommation d'énergie indirecte est plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes correspondent au GNR pour l'énergie directe et aux achats d'aliments pour l'énergie indirecte.

ÉMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **0,5 t éq. CO₂/100 kg vif**
 50 % émettent entre 0,4 et 0,6 t éq. CO₂/100 kg vif

N restitué aux parcours : 10 %
 Ruissellement/lessivage : 8 %
 Epandage engrais : 7 %
 Résidus de culture : 5 %

GNR : 8 %
 Butane/propane : 6 %
 Electricité : 0,1 %

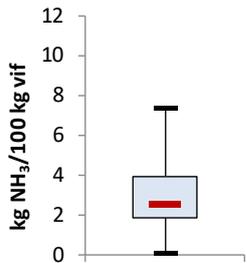


Aliments : 39 %
 Engrais : 9 %

- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

Plus du tiers des émissions sont issues des achats d'aliments. Les postes secondaires correspondent aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 16 % des émissions totales.

QUALITE DE L'AIR : ÉMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **2,6 kg NH₃/100 kg vif**
 50 % des exploitations émettent entre 1,9 et 3,9 kg NH₃/100 kg vif

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation et des épandages (d'effluents ou d'autres matières organiques) sur les cultures, et des déjections en bâtiment et à l'extérieur.



Les consommations et émissions incluent les cultures de vente

> Voir leviers Chauffage des bâtiments

POULES PONDEUSES



6 DIAGNOSTICS*
de 2009 à 2012

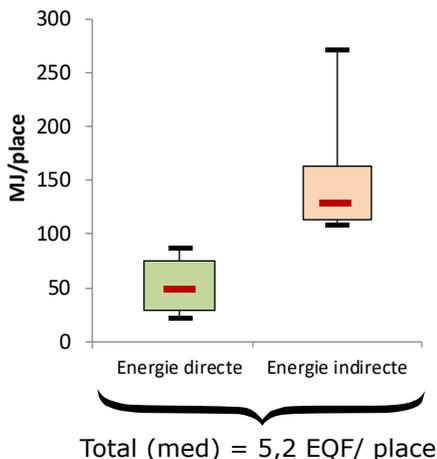
Critères

- Présence d'un atelier poules pondeuses
- Exclusion des exploitations avec autres ateliers d'élevage

Exploitation médiane

- 46 ha de SAU dont 43 ha de COP
- 1850 m² de bâtiments pour 33 600 places
- Productions : 9 802 700 œufs/an, 105 700 kg vif/an de volaille de réforme, 2570 q/an de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



		MJ/place		
Poste		Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	2,7	4,2	10,7
	Electricité	19	31	45
	Autres produits pétroliers	0,2	10	22
INDIRECTE	Achats aliments	90	102	131
	Engrais	0	1,3	3,2
	Matériels	1,3	1,4	1,8
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	12	24	31
Total		166	187	236

La consommation d'énergie indirecte est au moins deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes correspondent à l'électricité pour l'énergie directe et aux achats d'aliments pour l'énergie indirecte.

* 2 exploitations de l'échantillon sont en AB

ÉMISSIONS BRUTES DE GES

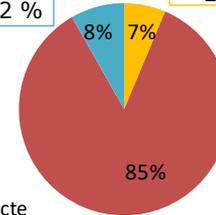
Médiane des émissions : **24 kg éq. CO₂/place**

50% émettent entre 14 et 29 kg éq. CO₂/place

Deux tiers des émissions sont issues des achats d'aliments. Les postes secondaires correspondent aux engrais minéraux qui représentent, par leur fabrication et leur épandage, 5 % des émissions totales, aux épandages d'effluents et aux énergies directes (GNR et gaz).

Epandage effluents : 4 %
Epandage engrais : 2 %
Résidus de culture : 2 %

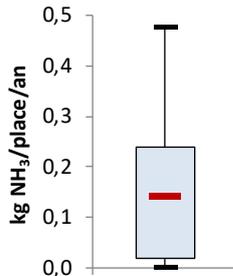
Butane/propane : 3 %
GNR : 2 %
Electricité : 0,6 %



Aliments : 63 %
Engrais : 3 %

- Combustion énergie directe
- Fabrication et transport intrants, matériels et bâtiments
- Gestion déjections animales
- Sols agricoles

QUALITE DE L'AIR : ÉMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **0,14 kg de NH₃/place/an**

50 % des exploitations émettent entre 0,02 et 0,24 kg NH₃/place/an

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation et des épandages (d'effluents ou d'autres matières organiques) sur les cultures, et des déjections en bâtiment.



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution. Les consommations et émissions incluent les cultures de vente

PORCS NAISSEUR-ENGRAISSEUR



11 DIAGNOSTICS
de 2011 à 2017

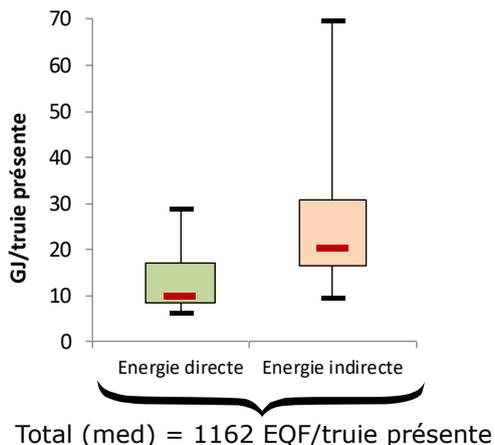
「 Critères 」

- Présence de plus de 56 truies productives en maternité et d'un atelier engraissement
- Exclusion des exploitations avec autres ateliers d'élevage

「 Exploitation médiane 」

- 10 ha de SAU en COP
- 244 truies, 1 440 places porcs engraissement
- Productions : 308 670 kg carcasse/an, 800 q/an de COP (vendus ou consommés sur la ferme)

「 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE 」



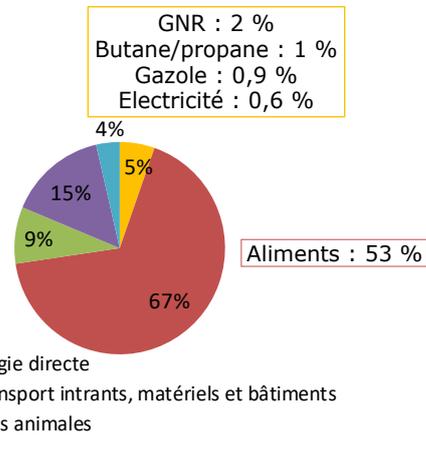
		GJ/truie présente/an		
Poste		Q1	Med	Q3
DIRECTE	Fioul	0	0,1	2,9
	Electricité	6,3	7,5	10,1
	Autres produits pétroliers	0	3,2	4,3
INDIRECTE	Achats aliments	11,5	19,2	24,2
	Engrais	0	0	2,7
	Matériels	0	0,2	0,7
	Autres intrants, bâtiments, achats d'animaux	0,5	1,1	1,9
Total		26	42	51

La consommation d'énergie indirecte est deux fois plus importante que la consommation d'énergie directe. Les principaux postes correspondent à l'électricité pour l'énergie directe (consommation qui s'explique par les systèmes de chauffage indispensables en élevage porcin ainsi que par la fabrication d'aliments à la ferme, relativement fréquente dans les élevages porcins du Grand Est) et aux achats d'aliments pour l'énergie indirecte.

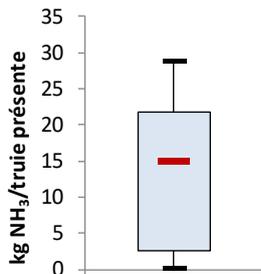
ÉMISSIONS BRUTES DE GES

Médiane des émissions : **6,7 t éq. CO₂/truite présente/an**
 50 % émettent entre 4,2 et 7,5 t éq. CO₂/truite présente/an

La moitié des émissions sont issues des achats d'aliments. Le poste secondaire correspond à la gestion des déjections.



QUALITE DE L'AIR : ÉMISSIONS DE NH₃



Médiane des émissions : **15 kg de NH₃/truite présente/an**
 50 % des exploitations émettent entre 2,5 et 21,7 kg NH₃/truite présente/an

Les émissions d'ammoniac proviennent de la fertilisation et des épandages (d'effluents ou d'autres matières organiques) sur les cultures, et des déjections en bâtiment.



Au vu du faible nombre d'exploitations de l'échantillon, les valeurs sont indicatives et à prendre avec précaution.

L'ESSENTIEL DE L'ÉLEVAGE MONOGASTRIQUE

VOLAILLES CHAIR

Indicateurs médians	Volailles chair standard		Volailles chair Label Rouge	
SAU (ha)	60		56	
Surface en COP (ha)	50		35	
Nombre volailles de chair	150 000		27 500	
Surface bâtiments	1400		800	
Production viande de volaille (kg vif)	330 000		61 325	
Production COP (q/an)	4662		3800	
Aliments achetés (kg MS/kg vif produit)	1,9		3,3	
	/100 kg vif	/ha	/100 kg vif	/ha
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	1,8	67	3,7	55
Emissions brutes GES (t éq. CO₂)	0,2	8	0,5	7
Emissions NH₃ (kgNH₃)	1,8	118	2,6	32

POULES PONDEUSES

Indicateurs médians	Poules pondeuses
SAU (ha)	46
Surface en COP (ha)	43
Nombre de places poules	33 600
Nombre d'oeufs produits	9 802 700
Vente des réformes (kg vif)	105 700
Production COP (q/an)	2570
Surface bâtiments (m²)	1850
Aliments achetés (kg MS/place poule)	30

	place	/ha
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	0,2	281
Emissions brutes GES (t équ. CO₂)	0,02	31
Emissions NH₃ (kgNH₃)	0,1	71

PORCS NAISSEURS ENGRAISSEURS

Indicateurs médians	Porcs
SAU (ha)	10
Surface en COP (ha)	10
Nombre de truies présentes	244
Nombre de places porc engraissement	1440
Production porc (kg carcasse)	308 670
Production végétale (q/an)	800
Aliments achetés (kg MS/100 kg carcasse produite)	376

	/truie présente	/ha
Consommation d'énergie primaire totale (GJ)	42	936
Emissions brutes GES (t équ. CO₂)	6,7	119
Emissions NH₃ (kgNH₃)	15	73

Coûts énergétiques et émissions de GES liés à la production et à l'acheminement de quelques intrants

	Energie primaire (MJ)	GES (kg éq. CO ₂)*
Energie fossile		
1 L GNR	45,6	3,25
1 kWh électricité	10,4	0,05
1 kg gaz butane-propane	55,7	1,73
Aliments		
1 t aliment poule pondeuse (farine)	5900	577
1 t aliment volaille de chair (granulés)	7233	677
1 t granulés pour truie gestante	3307	393
1 t granulés pour porc croissance	3728	510
1 t farine pour porc croissance	3279	507
1 t farine de maïs grain	2775	296

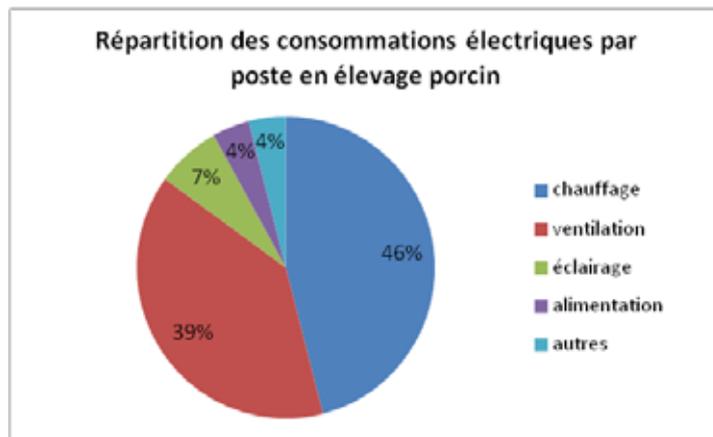
*Les émissions de GES intègrent la combustion du GNR à la ferme.

Leviers

Chauffage des bâtiments

Le chauffage et la ventilation sont les postes les plus consommateurs d'énergie directe en élevage de monogastriques, sauf en volailles Label où les bâtiments ne sont pas équipés de systèmes de ventilation. Les performances techniques de ces élevages dépendant fortement des paramètres liés à l'ambiance des bâtiments, il est parfois délicat de trouver un compromis entre la diminution des consommations d'énergie et le maintien des bons paramètres d'ambiance dans les bâtiments.

La difficulté peut être d'autant plus grande que dans une même salle on peut avoir des animaux à des stades physiologiques différents et dont les besoins ne sont pas les mêmes. Il existe cependant des leviers simples à mettre en place pour optimiser la gestion du chauffage.



Conduire le post-sevrage avec un démarrage en double densité

Le but est d'optimiser le chauffage lors du sevrage des porcs en utilisant une seule salle de PS (post-sevrage). En doublant ainsi ponctuellement la densité (tout en respectant les normes de bien-être), on réduit le volume d'air à chauffer par animal et on augmente la quantité globale de chaleur fournie par les animaux.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Passer en double densité en post-sevrage (situation initiale de consommation de chauffage de 60,28 kWh/place en post-sevrage)	- 51,45 kWh/place soit - 85 % ⁹⁶	- 14,95 EQF/place	5,1 €/place soit pour 2 salles PS de 200 places : 2178 €	0	- 2,6 kg éq. CO₂/place

⁹⁶ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Limites

- Un transfert supplémentaire nécessaire (mais pas de nettoyage en plus à prévoir)
- Attention : ce type de conduite implique un nombre de salles suffisant

Éléments de contexte impactant le levier

- Possible seulement si le bâtiment est conçu avec le nombre de salles de PS suffisant et si les salles correspondent à la capacité d'une demi-bande en fin de période

Optimiser le couple ventilation chauffage

Pour limiter le gaspillage de chaleur, il n'est pas souhaitable de continuer à chauffer lorsque le ventilateur accélère. Il faut donc appliquer une consigne de chauffage identique ou légèrement supérieure (de 0,5°C) à celle de la ventilation. Ainsi, le ventilateur commence à accélérer une fois le chauffage coupé.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
En élevage porcin : consigne de chauffage en salle post-sevrage (PS) à 0,5°C de plus que celle de la ventilation par rapport à une situation où la consigne chauffage est de 1°C supérieure à celle de la ventilation (PS avec une conso de 76,34 kWh)	- 16,06 kWh/place soit réduction de 21 % ⁹⁷	- 4,7 EQF/place	1,6 €/place soit pour 2 salles PS de 200 places : 640 €	0	- 0,8 kg éq. CO₂/place

⁹⁷ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Autres intérêts

- Levier facile à mettre en œuvre

Éléments de contexte impactant le levier

- Les consignes de chauffage et ventilation doivent être vérifiées à chaque fois que la salle accueille une nouvelle bande

Installer un échangeur à chaleur

Un échangeur à chaleur permet de récupérer la chaleur de l'air vicié du bâtiment pour la réutiliser. Dans le cas d'un échangeur air-air centralisé, le système permet ainsi de redistribuer les calories des stades physiologiques fortement excédentaires (engraissement) aux stades déficitaires (Post-Sevrage).

Dans le cas où une Pompe à Chaleur (PAC) est également installée, il est intéressant d'installer un échangeur de type air-eau.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Salle post-sevrage (PS) de porcs avec échangeur salle/salle	- 16,11 kWh/place* soit réduction de 27 % ⁹⁸	- 4,5 EQF/ place	+ 1,6 €/place soit + 644 € pour 2 salles de PS de 200 places	30 €/place	- 0,8 kg éq. CO₂/place
Salle PS de porcs avec échangeur centralisé	- 36,02 kWh/place* soit réduction de 60% ⁹⁸	- 10,5 EQF/ place	+ 3,6 €/place soit + 1440 € pour 2 salles de PS de 200 places		- 1,8 kg éq. CO₂/place

* Situation initiale : PS avec une conso chauffage de 60,28 kWh

⁹⁸ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Limites

- Sans aide, le retour sur investissement est largement supérieure à 10 ans (investissement très coûteux)

Éléments de contexte impactant le levier

- Intéressant si il y a de l'engraissement dans l'élevage

「 Limiter les volumes à chauffer pour les jeunes animaux 」

En limitant l'espace à chauffer pour les stades physiologiques qui ont besoin de beaucoup de chaleur, on peut fortement réduire les pertes de chaleur et donc les consommations d'énergie. En élevage porcin, l'installation de niches à porcelets en maternité et/ou dans les salles de post-sevrage (PS) répond par exemple à cet objectif. En élevage avicole, on peut également réduire les volumes à chauffer, notamment en installant une bâche pour réduire l'espace de logement des poussins au démarrage.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation de niches en PS	- 22,58 kWh/place* soit réduction de 37 % ⁹⁹	- 6,6 EQF/place	+ 2,3 €/place soit + 1806 € pour 2 salles PS de 400 places	40 €/place	- 1,1 kg éq. CO₂/place
Installation de niches avec régulation infra-rouge en PS	- 45,21 kWh/place* soit réduction de 75 % ⁹⁹	- 13,1 EQF / place	+ 4,5 €/place soit + 3617 € pour 2 salles PS de 400 places	100 €/place	- 2,3 kg éq. CO₂/place

* Situation initiale : PS avec une conso chauffage de 60,28 kWh

⁹⁹ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installation de niches en maternité	- 303,75 kWh/place* soit réduction de 42 % ¹⁰⁰	- 88,2 EQF/place	+ 30,4 €/place soit + 1944 € pour 2 maternités de 32 places	150 €/place	- 15 kg éq. CO₂/place
Installation de niches avec régulation infrarouge en maternité	- 473,85 kWh/place* soit réduction de 65 % ¹⁰⁰	- 137,6 EQF/place	+ 47,4 €/place soit + 3032 € pour 2 maternités de 32 places	250 €/place	- 24 kg éq. CO₂/place

Autres intérêts

- En élevage porcin, les niches en maternité permettent de limiter les écrasements et améliorent l'ambiance de la salle pour les truies qui ont besoin d'une température ambiante plus basse que leurs porcelets

Limites

- Les niches rendent les opérations de nettoyage plus délicates (surtout en PS) et peuvent dégrader la qualité de la surveillance.
- Augmentation du temps de travail (lavage, castration, etc.)

* Situation initiale : Maternité avec une conso chauffage de 729 kWh (conso de référence)

¹⁰⁰ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Installer une pompe à chaleur

La pompe à chaleur (PAC) permet de récupérer les calories dans un milieu (sol, eau, air, lisier ...) et de les transférer aux espaces à chauffer (essentiellement post-sevrage et maternité en élevage porcin) grâce à un chauffage centralisé à l'eau chaude. Elle permet de réduire la consommation de chauffage de 60 % à 70 % selon le type (PAC sur eaux de lavage d'air, PAC géothermales, PAC sur lisier, PAC air-eau).

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Installer une pompe à chaleur	en maternité : - 473,85 kWh/place soit réduction de 65 % ¹⁰¹	- 137,6 EQF/ place	2 Maternité de 32 places : + 3033 €	50 €/place	- 24 kg éq. CO₂/ place
	en PS : - 39,18 kWh/place* soit réduction de 65 % ¹⁰¹	- 11,4 EQF/ place	2 PS à 200 places : + 1567 €		- 2 kg éq. CO₂/ place

* Situation initiale : PS avec une conso chauffage de 60,28 kWh

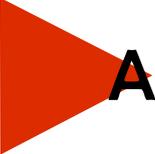
¹⁰¹ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Limites

- Investissement et travaux

Éléments de contexte impactant le levier

- Intéressant si nouveau bâtiment



Alimentation

En élevage de monogastriques, l'alimentation représente une part importante des consommations d'énergies, notamment indirectes. En effet, la formulation des aliments, la production et le transport de céréales et protéagineux consomment de l'énergie et sont sources d'émissions de CO₂.

En élevages de volailles et de porcs, la dépendance à l'achat de céréales et protéagineux est forte. Les quantités en questions sont souvent très conséquentes et la capacité à produire une partie des matières premières de la ration est réduite. C'est d'autant plus le cas qu'on ne retrouve pas systématiquement ces ateliers sur des exploitations avec une SAU importante.

D'autre part, l'intégration de la filière volaille et la complexité de la formulation des aliments (porc et volaille) rendent difficile la marge de manœuvre pour réduire les consommations d'énergies liées à ce poste.

Optimiser le système de distribution de l'aliment

Dans le cas d'une alimentation humide, seule la variation de fréquence peut avoir un intérêt dans le cadre de la réduction des consommations. Pour l'alimentation sèche, l'utilisation de spires de plus grand diamètre permet de distribuer plus d'aliments avec moins d'énergie.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Soupière avec variateur de fréquence par rapport à une soupe classique*	- 0,19 kWh/porc engraissement ¹⁰⁴	- 0,06 EQF/porc engraissement	+ 0,02 €/porc soit 95 € pour 5000 porcs engraissement	Dépend du système en place	- 0,01 kg éq. CO₂/porc engraissement
Alimentation en sec : Vis / grande spirale par rapport à une vis / spirale classique**	- 0,11 kWh/porc engraissement ¹⁰⁴	- 0,03 EQF/porc engraissement	+ 0,01 €/porc soit 55 € pour 5000 porcs engraissement		- 0,006 kg éq. CO₂/porc engraissement

Limites

- La mise en place peut être très compliquée en fonction des installations déjà présentes

* soupe classique : 0,64 kWh / porc engraissement

** système vis / spirale classique : 0,53 kWh / porc engraissement

¹⁰⁴ IFIP, "Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive", 2013

Passer en système d'alimentation en sec

La fabrication des aliments nécessite plus d'énergie s'ils sont sous forme de granulés que s'ils sont sous forme de farine. Ainsi, passer de la soupe à la farine permet de réduire de façon importante les consommations d'énergie et les émissions de GES liées à l'alimentation.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Passer de la soupe à la farine pour les aliments gestante et maternité ¹⁰²	Changer la forme des aliments (granulés à farine) sans modifier la quantité apportée	- 14,4 EQF/ truie présente/ an	Variable en fonction du fournisseur et des productions céréalières de l'éleveur pour équilibrer les rations	Adaptation du système de distribution de l'aliment	- 0,46 kg éq. CO₂/truie présente/an
Passer de la soupe à la farine pour les aliments 1 ^{er} âge et 2 ^{ème} âge ¹⁰²		- 0,5 EQF/ porcelet			- 0,13 kg éq. CO₂/porcelet
Passer de la soupe à la farine pour les aliments croissance et finition ¹⁰²		- 2,5 EQF/ porc charcutier			- 0,6 kg éq. CO₂/porc charcutier

¹⁰² Pour des besoins moyens de 977 kg d'aliments gestante/truie/an et 245 kg d'aliments maternité/truie/an ; 8 kg d'aliments 1^{er} âge/porcelet (donnés entre la naissance et 12 kg) et 34 kg d'aliments 2^{ème} âge/porcelet (donnés entre 12 et 25 kg) ; 78 kg d'aliments croissance/porc charcutier (donnés entre 25 et 60 kg) et 122 kg d'aliments finition/porc charcutier (donnés entre 60 et 115 kg). Source : GTE nationale 2018, Tables de l'Alimentation porcine INRA, 2002.

	Consommation d'intrants 	Consommation d'énergie 	Gains (+) ou pertes (-) économiques 	Investissement 	Emissions de GES 
Sur la totalité d'un élevage naisseur-engraisseur moyen avec 244 places de truies ¹⁰³	Changer la forme des aliments (granulés à farine) sans modifier la quantité apportée	- 21 450 EQF/an soit 8 % des conso. totales d'énergie de l'exploitation	Variable en fonction du fournisseur et des productions céréalières de l'éleveur pour équilibrer les rations	Adaptation du système de distribution de l'aliment	- 5,5 t éq. CO₂/an soit 7 % des émissions totales de GES de l'exploitation

Limites

- Performances techniques réduites (indice de croissance, qualité de la viande, ...)
- Si un système soupe est déjà en place, les modifications peuvent être très lourdes

Éléments de contexte impactant le levier

- Construction d'un nouveau bâtiment

¹⁰³ En partant de la moyenne nationale de 23,4 porcs charcutiers / truie présente et un taux de perte sevrage-sortie de 5 %.





RESPONSABLE DE RÉDACTION

Laetitia PREVOST (CRAGE)

COMITÉ DE RÉDACTION

Mathilde ARESI (CA Alsace), Mylène BAZARD (CRAGE), Fatima BECHARD (CDA 08), Marie DELAUNE (CRAGE), Cassandre GAUDNIK (CDA 51), Maëva GUILLIER (CRAGE), Mélanie KRAUTH (PLANETE Légumes), Thierry PREVOST (CDA 88), Claire SINIGAGLIA (CRAGE), Céline VEIT (CA Alsace), Pierre Elie WAGLER (CDA 55)

ADRESSE SIÈGE SOCIAL

Complexe agricole du Mont Bernard, route de Suippes, 51009 Châlons-en-Champagne
Tel : 03 26 64 08 13

PLUS D'INFORMATIONS

<https://grandest.chambre-agriculture.fr/>

CRÉDITS PHOTOS

APCA
Petit J.C / Chambre d'agriculture de l'Hérault
Saidou.C / Ministère de l'agriculture
Terrasolis
Vachon D. ; Kelhetter T. / Chambre d'agriculture d'Alsace



Dix-huit fiches repères et soixante-treize fiches leviers sur les consommations d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, le stockage de carbone des sols et les émissions d'ammoniac de différents systèmes agricoles du Grand Est.

Dix-huit systèmes agricoles ont été étudiés dans le Grand Est, classés en cinq grands types (élevage bovin lait, bovin viande et monogastrique, grandes cultures et maraîchage), et déclinés dans une collection de fiches, qui peuvent être utilisées individuellement ou dans leur ensemble. En préambule, les informations nécessaires à la compréhension des notions abordées sont fournies, ainsi que la méthodologie utilisée et la typologie des systèmes agricoles du Grand Est. Pour compléter utilement ce travail, les leviers techniques d'atténuation de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont identifiés dans ces systèmes.

Des repères et des leviers d'actions pour accompagner les conseillers agricoles du Grand Est sur les thématiques Air, Climat, Sol et Energie.



Avec le soutien de

climaxion
anticiper • économiser • valoriser

