

4.2.3. Flux indirects	Intrants des cultures	
--------------------------	-----------------------	---

Rédacteurs : Aurélie Tailleur (Arvalis - Institut du Végétal), Sylvie Dauguet (Terres Inovia), Dominique Grasselly (CTIFL)

Lien vers d'autres fiches :

- [4.1.3. Flux direct - Emission par les sols](#)
- [4.3.6. Données d'activité - Pratiques culturales](#)

Contenu

1. Les engrais	2
1.1. Processus en jeu	2
1.2. Données de flux et d'impacts	2
1.2.1. Références pour les engrais simples	2
1.2.2. Références pour les engrais binaires et ternaires	6
2. Les amendements minéraux et organiques	7
2.1. Processus en jeu	7
2.2. Données de flux et d'impacts	7
3. Les semences et plants	10
3.1. Processus en jeu	10
3.2. Données de flux et d'impacts	10
4. Les produits phytosanitaires	13
4.1. Processus en jeu	13
4.2. Données de flux et d'impacts	14
5. Références bibliographiques	15
ANNEXE : Origines des engrais utilisés en France, données mises à jour selon statistiques de 2018 (UNIFA)	16

Cette fiche aborde les principaux intrants des cultures qui peuvent rentrer sur les exploitations agricoles, à savoir : les engrais de synthèse, les amendements minéraux et organiques, les semences

et les produits phytosanitaires. Bien que situés en amont de l'exploitation, il convient de les intégrer dans l'évaluation des impacts des activités agricoles car ils sont associés à des impacts indirects, avec des émissions gazeuses, des consommations d'énergie et d'autres flux environnementaux lors de leurs étapes de production et de leur approvisionnement.

D'autres intrants comme les oligo-éléments, les inoculums ne sont pas considérés et quantifiés, parce qu'ils représentent des volumes beaucoup plus restreints et également par manque d'information.

1. Les engrais

1.1. Processus en jeu

Les phases de production des engrais minéraux nécessitent l'extraction de minerais et roches sédimentaires (roches phosphatées sédimentaires, apatites, potasse, soufre), l'utilisation de ressources énergétiques fossiles au cours de plusieurs phases de transformation en usine et du transport international. Concernant les engrais azotés minéraux, les procédés de fabrication sont plus particulièrement impactants du fait :

- de l'utilisation de gaz naturel comme matière première lors de la fabrication de l'ammoniac,
- des émissions de N_2O lors de la production d'acide nitrique.

Le secteur de la fertilisation est soumis en Europe aux obligations d'échanges de quotas européens depuis 2013. Il est ainsi amené à réduire ces émissions, notamment avec la mise en œuvre de nouveaux procédés de catalyse réduisant le N_2O issu de la production d'acide nitrique en N_2 , neutre pour l'atmosphère.

1.2. Données de flux et d'impacts

Les valeurs présentées incluent la fabrication des engrais dans leurs différentes origines, le transport du pays de production jusqu'à la France et le transport jusqu'à la ferme.

1.2.1. Références pour les engrais simples

Deux types de références sont proposés :

- Des références moyennes représentatives de l'approvisionnement français, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** : elles ont été obtenues à partir des références de la WFLDB 3.3 sur les procédés de transformation et des hypothèses sur les approvisionnements et les distances parcourues issues des statistiques de l'UNIFA de 2018 (cf ANNEXE : Origines des engrais utilisés en France, données mises à jour selon statistiques de 2018).
- Des références moyennes différenciant les engrais produits en Europe des engrais produits dans d'autres régions du monde dans le Tableau 2 (références obtenues à partir des références de la WFLDB 3.3 sur les procédés de transformation et des hypothèses sur les distances parcourues, cf. ANNEXE : Origines des engrais utilisés en France, données mises à jour selon statistiques de 2018).

Ces références de la WFLDB 3.3 (World Food Life cycle assessment Data Base) sont les plus à jour actuellement disponibles : elles proviennent des données de Fertilizers Europe, fournies en 2014, et représentant la technologie de production européenne de l'année 2011.

Les données qui étaient utilisées précédemment à cette mise à jour pour les engrais minéraux n'étaient plus représentatives des procédés de production actuels :

- Source Ecoinvent[®] : elles étaient représentatives de la technologie de production européenne des années 90,
- Source GES'TIM, 2010 : elles se basaient sur des données sur la technologie de production européenne de 2006.

Or, incitées par les réglementations européennes visant à réduire les émissions industrielles, les industries européennes de la fertilisation ont largement amélioré leurs technologies afin de réduire leurs émissions et consommation d'énergie.

Comment utiliser les données des Erreur ! Source du renvoi introuvable. **et Tableau 2 :**

Exemple de calculs

Si on apporte 300 kg d'ammonitrate sur un hectare de culture, on apporte $300 \times 0.335 = 100,5$ kg de N. Les impacts de cet engrais, pour 1 ha cultivé, seront alors de 100,5 multipliés par les valeurs du tableau 1 pour l'ammonitrate (valeurs des impacts exprimées par kg d'élément nutritif, dans cet exemple kg de N).

Si on apporte 100 kg de MAP (monoammonium phosphate) sur un hectare de culture, on apporte $100 \times 0.54 = 54$ kg de P_2O_5 . Les impacts de cet engrais, pour 1 ha cultivé, seront alors de 54 multipliés par les valeurs du tableau 1 pour le MAP. Il ne faudra pas ajouter d'impact par rapport à la dose d'azote également contenue dans le MAP.

Tableau 1 : Impacts des engrais minéraux liés à la fabrication des engrais, de leurs matières premières et à leur transport, pour un approvisionnement moyen France, références produites sur la base des données de la WFLDB 3.3 et des statistiques de l'UNIFA

Type d'engrais	Composition	Elément nutritif considéré pour exprimer la dose apportée	Impact changement climatique 100ans - GIEC 2013 (kg CO ₂ eq)	Emissions de CO ₂ (kg/kg élément nutritif)	Emissions de N ₂ O (kg/kg élément nutritif)	Emissions de CH ₄ (kg/kg élément nutritif)	Consommation d'énergie primaire (MJ/kg élément nutritif)	Emissions de NH ₃ (kg/kg élément nutritif)	Emissions de NOx (kg/kg élément nutritif)	Emissions de SO ₂ (kg/kg élément nutritif)
Ammonitrate	33.5% N	kg N	3.97	3.37	1.51E-03	1.05E-04	64.7	0.0059	0.0051	0.005
Ammonitrate calcaire	27% N	kg N	4.18	3.56	1.48E-03	1.34E-04	68.1	0.0057	0.0061	0.0059
Solution azotée *	30% N	kg N	4.99	3.60	4.24E-03	8.41E-05	73.9	0.0037	0.0061	0.0068
Urée *	46% N	kg N	4.54	4.24	4.02E-05	7.25E-05	76.9	0.0013	0.0051	0.0065
Engrais azoté moyen		kg N	4.51	3.67	2.24E-03	9.40E-05	71.3	0.0041	0.0056	0.0061
Triple superphosphate	46% P ₂ O ₅	kg P ₂ O ₅	1.45	1.34	2.89E-05	6.33E-05	35.3	0.0002	0.003	0.0142
Monoammonium phosphate	11% N + 54% P ₂ O ₅	kg P ₂ O ₅	1.82	1.71	3.81E-05	9.38E-05	28.2	0.0009	0.0031	0.0042
Diammonium phosphate	18% N + 46% P ₂ O ₅	kg P ₂ O ₅	3.02	2.79	4.68E-05	1.19E-04	66.6	0.0008	0.0045	0.0204
Engrais phosphaté moyen		kg P ₂ O ₅	1.45	1.34	2.89E-05	6.33E-05	35.3	0.0002	0.0030	0.0142
Chlorure de potasse	60% K ₂ O	kg K ₂ O	0.71	0.67	2.71E-05	3.31E-05	10.5	0.0001	0.0017	0.0019
Nitrate de potassium	44% K ₂ O + 14% N	kg K ₂ O	2.74	2.34	9.93E-04	7.18E-05	42.7	0.0035	0.0039	0.0038
Nitrate de potasse	44% K ₂ O + 14% N	kg K ₂ O	2.74	2.34	9.93E-04	7.18E-05	42.7	0.0035	0.0039	0.0038
Engrais potassique moyen		kg K ₂ O	0.71	0.67	2.71E-05	3.31E-05	10.5	0.0001	0.0017	0.0019

* la production d'urée CO(NH₂)₂ capture une molécule de CO₂. Cela réduit l'émission au stade industriel, mais cette molécule est libérée au moment de l'hydrolyse de l'urée apportée au sol. Cette captation temporaire ayant lieu lors de la fabrication n'a ici pas été intégrée. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter des émissions au champ pour estimer l'impact total de ces engrais. Par rapport aux références intégrant la réduction au stade industriel, l'écart ici est de : +1.593 kg CO₂/ kg de N de l'urée, +0.797 kg de CO₂/kg de N de la solution azotée (50% du N sous forme urée).

Hypothèses retenues pour les engrais moyens :

- Engrais azoté moyen : dans la situation où le type d'engrais azoté utilisé n'est pas connu, il est possible d'avoir recours à un « engrais azoté moyen » français, qui se base sur la répartition des engrais azotés utilisés en France. Les références utilisées sont les statistiques UNIFA 2018-2019 : urée : 21.12%, ammonitrate haut dosage : 26.6%, solution azotée : 38.4%, ammonitrate moyen-bas dosage CAN : 13.8%, autres simples azotés (sulfate d'ammoniac, mélange urée+sulfate d'ammoniac) : négligé
- Engrais phosphaté moyen : 100% de triple superphosphate
- Engrais potassique moyen : 100% de chlorure de potassium

Tableau 2 : Impacts des engrais minéraux liés à la fabrication des engrais, de leurs matières premières et à leur transport, selon leur provenance

Type d'engrais	Elément nutritif considéré		Impact changement climatique 100ans - GIEC 2013 (kg CO2 eq)	Emissions de CO ₂ (kg/kg élément nutritif)	Emissions de N ₂ O (kg/kg élément nutritif)	Emissions de CH ₄ (kg/kg élément nutritif)	Consommation d'énergie primaire (MJ/kg élément nutritif)	Emissions de NH ₃ (kg/kg élément nutritif)	Emissions de Nox (kg/kg élément nutritif)	Emissions de SO ₂ (kg/kg élément nutritif)
Ammonitrate haut dosage	N	Europe	3.97	3.37	0.0015	0.00010	64.7	0.0059	0.0051	0.0050
		Hors Europe			0.0114-	0.00006-		0.0058-	0.0064-	0.0065-
		Europe	6.86-11.53	3.61-6.6	0.0156	0.00008	66.7-73.5	0.0059	0.0152	0.0207
Ammonitrate moyen dosage de type ammonitrate calcaire	N	Europe	4.18	3.56	0.0015	0.00013	68.1	0.0057	0.0061	0.0059
		Hors Europe			0.0111-	0.00008-		0.0056-	0.0076-	0.0078-
		Europe	7.05-11.7	3.84-6.85	0.0153	0.00009	70.4-74.4	0.0056	0.0171	0.0224
Urée*	N	Europe	4.07	3.84	0.000039	0.00009	71.5	0.0014	0.0046	0.0055
		Hors Europe			0.000038-	0.000059-		0.0012-	0.0054-	
		Europe	4.4-7.91	4.11-7.07	0.000066	0.000063	73.7-79.5	0.0013	0.0133	0.007-0.0206
Solution azotée*	N	Europe	3.76	3.33	0.00081	0.00011	71.0	0.0038	0.0053	0.0056
		Hors Europe			0.00595-	0.00007-		0.0036-	0.0062-	0.0071-
		Europe	5.47-9.76	3.63-6.75	0.00818	0.00008	73.5-78.9	0.0037	0.0161	0.0224
MAP	P ₂ O ₅	Europe	1.66	1.57	0.000036	0.000105	27.1	0.00097	0.0028	0.0038
		Hors Europe			0.000037-	0.000066-		0.00084-	0.0035-	0.0046-
		Europe	1.87-2.73	1.76-2.47	0.000045	0.000085	28.7-30.8	0.00085	0.0072	0.0088
DAP	P ₂ O ₅	Europe	2.91	2.70	0.000048	0.000127	65.6	0.00084	0.0047	0.0205
		Hors Europe			0.000046-	0.000111-		0.00077-	0.0048-	0.0208-
		Europe	3.02-4.51	2.8-4.06	0.00006	0.000113	66.4-68.9	0.00081	0.0097	0.0276

*Urée et solution azotée : la production d'urée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ capture une molécule de CO_2 . Cela réduit l'émission au stade industriel, mais cette molécule est libérée au moment de l'hydrolyse de l'urée apportée au sol. Cette captation temporaire ayant lieu lors de la fabrication n'a ici pas été intégrée. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter des émissions au champ pour estimer l'impact total de ces engrais. Par rapport aux références intégrant la réduction au stade industriel, l'écart ici est de : +1.593 kg CO₂/ kg de N de l'urée, +0.797 kg de CO₂/kg de N de la solution azotée (50% du N sous forme urée).

1.2.2. Références pour les engrais binaires et ternaires

Pour les engrais binaires et ternaires, des références par élément fertilisant (Tableau 3) ont été estimées sur la base des impacts de leur précurseur (cf Tableau 2, hypothèse d'une production européenne) et le poids de chacun d'eux dans leur fabrication (Tableau 3).

Pour calculer leur impact, il faut additionner les impacts de chaque élément.

Exemple : impact d'un apport de X kg d'engrais ternaire 15-15-15 = X *(0.15*impact N-NPK (Tableau 3, ligne 1) + 0.15*impact P-NPK (Tableau 3, ligne 2) + 0.15*impact K-NPK (Tableau 3, ligne 3))

Tableau 3 : Impacts des engrais binaires et ternaires mis à jour dans GES'TIM+ et part des principales formes d'engrais simples dont proviennent les engrais composés

Type d'engrais	Élément fertilisant	Précurseurs de l'élément fertilisant	Impact changement climatique 100ans - GIEC 2013 (kg CO2 eq/kg élément nutritif)	Emissions de CO2 (kg/kg élément nutritif)	Emissions de N2O (kg/kg élément nutritif)	Emissions de CH4 (kg/kg élément nutritif)	Consommation d'énergie primaire (MJ/kg élément nutritif)	Emissions de NH3 (kg/kg élément nutritif)	Emissions de NOx (kg/kg élément nutritif)	Emissions de SO2 (kg/kg élément nutritif)
NPK	N	97% AN, 3% MAP, Source : WFLDB 3.3	3.97	3.37	1.51E-03	1.05E-04	64.7	0.0059	0.0051	0.0050
NPK	P2O5	100% MAP Source : WFLDB 3.3	1.83	1.72	3.83E-05	9.39E-05	28.4	0.0009	0.0032	0.0043
NPK	K2O	100% chlorure de potassium Source : WFLDB 3.3	0.71	0.67	2.71E-05	3.31E-05	10.5	0.0001	0.0017	0.0019
PK	P2O5	100% triple superphosphate Source : GES'TIM, 2010	1.45	1.34	2.89E-05	6.33E-05	35.3	0.0002	0.003	0.0142
PK ou NK	K2O	100% chlorure de potassium Source : GES'TIM, 2010	0.71	0.67	2.71E-05	3.31E-05	10.5	0.0001	0.0017	0.0019
NK	N	100% nitrate de potassium (N issu NH3) Source : GES'TIM, 2010	2.74	2.34	9.93E-04	7.18E-05	42.7	0.0035	0.0039	0.0038

2. Les amendements minéraux et organiques

2.1. Processus en jeu

Les amendements minéraux basiques, également appelés amendements calcaires jouent un rôle dans la fertilité des sols permettant de lutter contre l'acidification des sols (naturelle liée à la roche mère, et sous l'action du climat, des micro-organismes et de la mise en culture). Ils apportent aussi du calcium et/ou du magnésium. Ils se distinguent en deux groupes principaux, les chaux (amendements cuits) et les carbonates (amendements crus) selon qu'ils passent respectivement par une étape de cuisson à haute température (900°C) ou de séchage à une température plus basse (110°C). Les chaux vives représentent 20% du marché des amendements minéraux basiques exprimés en valeur neutralisante (statistiques UNIFA 2018/2019) et les amendements crus (carbonate de calcium étant prédominant dans cette catégorie, les dolomies étant peu présentes) représentent 49% du marché. Il existe également une autre catégorie d'amendements minéraux basiques, les écumes de sucreries, qui sont également très utilisées en France (31%, statistiques UNIFA 2018/2019), mais nous ne disposons pas de données d'inventaire pour ce type. Concernant chaux, carbonates de calcium et dolomie, classés en amendements minéraux basiques, les ressources sont locales à partir d'une cinquantaine de carrières sur la France. On peut estimer la distance moyenne de transport de 100 km entre le lieu de production et la parcelle où a lieu l'apport.

Les amendements organiques sont de plusieurs natures : (i) déjections animales produites à la ferme ou sur une exploitation voisine, (ii) des engrais organiques fabriqués et commercialisés. Pour la première catégorie, les impacts liés à leur fabrication sont considérés comme nuls (impacts intégrés à l'atelier élevage dont ils sont issus, les déjections étant considérées comme des déchets auxquels ne sont attribués aucun impact). Pour la deuxième catégorie, des impacts sont pris en compte pour leur fabrication (procédés d'obtention) et leur transport.

2.2. Données de flux et d'impacts

Amendements minéraux basiques, données disponibles :

- Chaux vive (Quicklime, milled, loose, production), provenant de la base de données Ecoinvent3. Sont pris en compte l'énergie, les équipements et la consommation d'eau nécessaires pour la production de la chaux vive. Une estimation de distance parcourue entre lieu de fabrication et lieu d'utilisation (parcelle agricole) est de 100 km en camion.
- Carbonate de calcium (Soil pH raising agent, as CaCO₃ {GLO}| lime to generic market for soil pH raising agent | Cut-off, S), provenant de la base de données Ecoinvent3, datée de 2015, les données d'arrière-plan faisant référence à un carbonate créé en 2010.
- Ecumes de sucrerie (Lime fertilizer, from sugar production/FR) : cette donnée n'étant pas disponible dans les bases Agribalyse ni Ecoinvent, il s'agit ici d'une donnée provenant de la base AgriFootPrint.

Les impacts des amendements minéraux basiques sont présentés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Amendements organiques :

Les données de références d'inventaire de cycle de vie sur les engrais organiques sont disponibles à partir du projet ACV MAFOR (Avadí *et al.*, 2020, Avadí 2020) et représentent un inventaire exhaustif de l'ensemble des amendements organiques fabriqués ou provenant des élevages, et disponibles pour la fertilisation organique des productions végétales en France. Ces données sont intégrées dans la base Agribalyse 3.0 qui sera publiée en juin 2020. Au total, sont disponibles 10 composts, 15 digestats, 14 effluents animaux et 17 boues d'épuration. Les frontières du système modélisé pour ces données incluent : la génération des matières premières (cas des coproduits avec une valeur commerciale ; pour les intrants considérés comme des déchets, tels des déjections animales, pas de prise en compte de leur fabrication, seulement de leur transport et stockage), les transports entre lieu de génération de la matière première et lieu de traitement, procédés de traitement, stockage, émissions au cours de ces étapes de traitement et stockage. Le Tableau 5 présente seulement une partie des amendements organiques issus du projet MAFOR. Attention, **ces données non publiées sont susceptibles d'être modifiées** et les valeurs du Tableau 5 de ce Guide GES'TIM+ pourraient nécessiter une rapide mise à jour.

Ils sont présentés **sans prendre en compte un transport** du lieu de production de ces engrais organiques à la parcelle agricole.

Tableau 4 : Impacts des amendements calcaires, exprimé en kg de Valeur Neutralisante (VN)

Type d'engrais	unité	Impact changement climatique 100ans - GIEC 2013 (kg CO ₂ eq)	Emissions de CO ₂ (kg/kg VN)	Emissions de N ₂ O (kg/ kg VN)	Emissions de CH ₄ (kg/ kg VN)	Consommation d'énergie primaire (MJ/ kg VN)	Emissions de NH ₃ (kg/ kg VN)	Emissions de NO _x (kg/ kg VN)	Emissions de SO ₂ (kg/ kg VN)
Ecumes de sucrerie	Kg VN	0.31125283	0.24267003	2.04E-04	4.69E-04	4.35256629	5.79E-04	9.65E-04	2.11E-04
Chaux vive	Kg VN	1.25721874	1.24532884	7.3386E-06	3.16E-04	6.53516084	1.87E-05	8.56E-04	8.81E-04
Carbonate de calcium	Kg VN	0.10013922	0.09342813	3.1716E-06	1.88E-04	1.42297898	1.33E-05	4.08E-04	2.47E-04

Valeurs neutralisantes (VN = % CaO + 1,4 x % MgO) :

Amendements cuits (chaux vive) : 0.94 - Amendements crus (carbonate de calcium, dolomie) : 0.55 - Autres amendements (écumes de sucrerie) : 0.35

Tableau 5 : Impacts des amendements organiques (exprimé en tonne de produit)

Type d'engrais	unité	Impact changement climatique 100ans - GIEC 2013 (kg CO ₂ eq/t)	Emissions de CO ₂ (kg CO ₂ /t)	Emissions de N ₂ O (kg N ₂ O/t)	Emissions de CH ₄ (kg CH ₄ /t)	Consommation d'énergie primaire (MJ/t)	Emissions de NH ₃ (kg NH ₃ /t)	Emissions de NO _x (kg NO _x /t)	Emissions de SO ₂ (kg SO ₂ /t)
Compost moyen (déchets verts, boues, déjections animales)	t	652.5	252.4	1.292	2.013	6918.7	5.897	2.227	0.434
Digestat moyen (d'effluents animaux et ensilage maïs)	t	70.2	35.8	0.094	0.333	699.8	0.855	0.272	0.090
Digestat moyen (de fumier et lisier)	t	33.5	15.3	0.006	0.591	573.5	0.200	0.038	0.043
Fumier de bovins stocké sur surface ou fosse en béton	t	11.1	0.1	0.024	0.170	0.6	0.346	0.0003	0.0001
Lisier moyen stocké en fosse béton	t	27.0	0.1	0.008	0.891	2.3	0.324	0.001	0.000
Boues épaissies	t	24.6	21.8	0.002	0.056	2871.0	0.013	0.056	0.071
Boues épaissies et déshydratées	t	411.1	364.6	0.022	1.182	28635.7	4.161	0.861	1.095

3. Les semences et plants

3.1. Processus en jeu

L'utilisation de semences ne conduit pas directement à des émissions directes. Cependant plusieurs étapes de la production des semences et plants sont en revanche responsables d'émissions indirectes. Les semences utilisées comme intrants des cultures peuvent provenir :

- d'une production dédiée : on parle de production de semences, avec des pratiques culturales spécifiques, des rendements au champ qui peuvent être différent de la culture, et des étapes de triage post-récolte spécifiques
- de la récolte de l'année précédente : on parle de « semence de ferme », une partie de la récolte précédente est conservée en vue de servir en tant que semences. Il n'y a pas de pratique culturale spécifique dans ce cas.

Tableau 6 : Impacts des semences et plantsLa construction des inventaires de ces productions de semences avait été détaillée dans le guide GES'TIM 2010 (Gac et al., 2010), puis ces règles ont été intégrées dans la méthodologie d'Agribalyse.

Pour les semences de ferme, il convient de prendre les données d'impact de la culture elle-même, sans autre modification.

Tableau 6 : Impacts des semences et plants

Type d'engrais	unité	Impact changement climatique 100 ans - GIEC 2013 (kg CO ₂ eq)	Emissions de CO ₂ (kg/kg semence ou plant)	Emissions de N ₂ O (kg/kg semence ou plant)	Emissions de CH ₄ (kg/kg semence ou plant)	Consommation d'énergie primaire (MJ/kg semence ou plant)	Emissions de NH ₃ (kg/kg semence ou plant)	Emissions de NO _x (kg/kg semence ou plant)	Emissions de SO ₂ (kg/kg semence ou plant)
Semences blé dur	kg	0.827	0.403	1.53E-03	6.03E-04	7.69	3.93E-03	3.36E-03	7.97E-04
Semences maïs grain	kg	1.249	0.632	2.21E-03	1.02E-03	16.63	9.26E-03	5.07E-03	1.47E-03
Semences blé tendre	kg	0.694	0.336	1.29E-03	5.13E-04	6.44	4.21E-03	2.76E-03	7.12E-04
Semences sorgho	kg	0.691	0.387	1.08E-03	5.81E-04	7.97	2.73E-03	3.06E-03	1.15E-03
Semences orge de printemps	kg	0.607	0.308	1.07E-03	4.44E-04	5.91	3.60E-03	2.57E-03	6.55E-04
Semences triticale	kg	0.725	0.339	1.40E-03	4.89E-04	6.44	2.82E-03	3.21E-03	5.44E-04
Semences orge d'hiver	kg	0.612	0.309	1.09E-03	4.50E-04	5.92	3.54E-03	2.57E-03	6.59E-04
Plants pomme de terre féculé	kg	0.177	0.135	1.37E-04	1.60E-04	2.89	3.66E-04	9.78E-04	3.37E-04
Semences betterave	kg	13.671	7.093	2.35E-02	1.08E-02	165.78	6.30E-02	5.61E-02	1.73E-02
Plants pomme de terre consommation	kg	0.175	0.134	1.36E-04	1.58E-04	2.45	3.69E-04	9.75E-04	3.38E-04
Semences colza	kg	1.841	0.823	3.70E-03	1.21E-03	15.10	1.43E-02	7.86E-03	1.76E-03
Semences tournesol	kg	1.199	0.658	1.95E-03	7.65E-04	15.42	4.86E-03	6.37E-03	1.32E-03
Semences pois de printemps	kg	0.370	0.248	4.25E-04	2.81E-04	4.75	5.05E-05	2.04E-03	6.56E-04
Semences pois d'hiver	kg	0.335	0.228	3.72E-04	2.56E-04	4.39	4.82E-05	1.86E-03	6.11E-04
Semences soja	kg	0.261	0.131	4.66E-04	1.70E-04	5.34	6.15E-04	1.17E-03	4.13E-04
Semences féverole	kg	0.187	0.102	3.06E-04	1.28E-04	1.86	2.95E-04	8.60E-04	2.76E-04
Semences blé dur	kg	0.827	0.403	1.53E-03	6.03E-04	7.69	3.93E-03	3.36E-03	7.97E-04
Semences carotte	kg	16.997	12.396	1.46E-02	2.20E-02	434.36	3.85E-02	5.46E-02	8.27E-02
Semences chou-fleur	kg	51.382	43.360	1.10E-02	1.65E-01	1079.29	9.86E-02	1.48E-01	1.25E-01
Semences chicorée/endive	kg	27.994	19.000	3.06E-02	2.65E-02	662.94	3.60E-02	1.51E-01	5.44E-02
Semences poireau	kg	16.917	14.103	4.50E-03	5.21E-02	371.94	2.96E-02	5.55E-02	3.60E-02
Semences laitue	kg	226.960	167.974	1.43E-01	6.86E-01	4677.73	7.79E-01	6.50E-01	4.78E-01
Semences melon	kg	44.928	36.648	1.51E-02	1.39E-01	959.32	1.13E-01	1.43E-01	9.14E-02
Semences oignon	kg	25.961	17.907	2.66E-02	2.99E-02	605.19	3.53E-02	1.27E-01	7.18E-02
Semences courgette	kg	28.609	20.571	2.34E-02	5.85E-02	577.87	5.18E-02	1.01E-01	5.37E-02

Plant de poireau pour culture d'automne	1 plant	0.002	0.001	1.22E-06	3.28E-06	0.03	2.10E-06	8.27E-06	2.52E-06
Plant de chou-fleur pour culture d'été	1 plant	0.003	0.002	2.01E-07	8.48E-06	0.15	1.32E-06	5.89E-06	5.13E-06
Plant de chou-fleur pour culture d'hiver conventionnelle	1 plant	0.002	0.001	1.82E-07	6.01E-06	0.13	1.01E-06	4.12E-06	3.35E-06
Plant de chou-fleur pour culture d'hiver biologique	1 plant	0.001	0.001	1.03E-07	5.24E-06	0.12	7.82E-07	3.29E-06	2.45E-06
Plant de poireau pour culture primeur	1 plant	0.000	0.000	4.99E-08	2.54E-06	0.05	1.56E-07	8.87E-07	8.33E-07
Plant de laitue pour culture d'automne	1 plant	0.001	0.001	3.16E-07	7.94E-06	0.23	1.51E-06	3.64E-06	2.80E-06
Plant de laitue pour culture d'hiver	1 plant	0.002	0.001	3.30E-07	9.04E-06	0.25	1.77E-06	4.70E-06	4.08E-06
Plant de melon pour culture sous chenille	1 plant	0.044	0.039	2.42E-06	1.18E-04	2.68	9.30E-06	5.30E-05	3.59E-05
Plant de melon pour culture de plein champ	1 plant	0.033	0.029	2.39E-06	9.69E-05	2.49	9.29E-06	4.55E-05	3.31E-05
Plant de melon pour culture sous tunnel	1 plant	0.078	0.069	6.22E-06	2.20E-04	4.62	2.93E-05	1.03E-04	6.02E-05
Plant de melon pour culture de plein champ biologique	1 plant	0.032	0.028	2.90E-06	9.58E-05	2.48	1.24E-05	4.54E-05	3.12E-05
Plant de courgette pour culture d'automne sous tunnel	1 plant	0.012	0.009	5.34E-06	6.46E-05	2.29	1.27E-05	3.93E-05	2.71E-05
Plant de courgette pour culture de printemps sous tunnel	1 plant	0.053	0.047	5.60E-06	1.42E-04	3.18	1.35E-05	6.99E-05	4.24E-05
Plant de courgette pour culture de printemps sous tunnel biologique	1 plant	0.052	0.047	4.95E-06	1.40E-04	3.17	1.35E-05	6.79E-05	3.99E-05
Plant motte de fraisier pour culture plein champ	1 plant	0.019	0.016	4.68E-06	6.57E-05	0.72	1.97E-05	5.27E-05	1.18E-04
Stolon de fraisier	1 plant	0.006	0.005	2.13E-06	1.56E-05	0.17	4.66E-06	2.39E-05	9.01E-05
Trayplant de fraisier pour culture hors sol antigel	1 plant	0.088	0.074	1.82E-05	3.12E-04	3.15	9.91E-05	2.02E-04	2.70E-04
Trayplant de fraisier pour culture hors sol non chauffée	1 plant	0.088	0.074	1.81E-05	3.11E-04	3.06	9.90E-05	2.02E-04	2.69E-04
Trayplant de fraisier pour culture hors sol chauffée	1 plant	0.090	0.076	1.84E-05	3.16E-04	3.56	9.98E-05	2.07E-04	2.77E-04
Plant de tomate pour culture hors sol chauffée	1 plant	0.413	0.379	1.57E-05	9.58E-04	9.26	7.72E-05	4.58E-04	5.08E-04

Greffon de pommier poirier	1 greffon	0.004	0.003	1.71E-06	3.70E-06	0.06	3.47E-06	2.90E-05	9.42E-06
Porte-greffe de pommier poirier	1 porte greffe	0.007	0.005	6.43E-06	8.18E-06	0.13	1.07E-05	4.66E-05	1.80E-05
Plant de pommier poirier	1 plant	0.314	0.250	1.92E-04	4.14E-04	5.06	3.48E-04	1.92E-03	8.39E-04
Plant de pêcher	1 plant	0.289	0.231	1.80E-04	3.05E-04	4.65	9.71E-04	2.02E-03	5.60E-04
Greffon de noyer	1 greffon	0.095	0.036	1.96E-04	2.57E-04	0.94	9.18E-04	3.69E-04	6.23E-05
Porte-greffe de noyer	1 porte greffe	0.095	0.069	8.55E-05	7.79E-05	1.35	1.33E-04	6.74E-04	1.56E-04
Semences de noyer	kg	1.117	0.691	1.49E-03	9.95E-04	14.66	2.11E-03	6.25E-03	2.28E-03
Plant de noyer	1 plant	0.296	0.165	4.35E-04	5.33E-04	3.53	1.70E-03	1.66E-03	3.24E-04

4. Les produits phytosanitaires

4.1. Processus en jeu

La fabrication de produits phytosanitaires a des impacts. La base de données Ecoinvent propose des impacts pour un nombre important de matières actives (données éditées initialement en 2011). Dans ce guide, le choix a été fait de présenter uniquement une valeur générique « Pesticide unspecified » (une valeur moyenne de l'ensemble des substances phytosanitaires). En effet, sur les impacts changement climatique, consommation d'énergie et émissions considérées dans ce guide, la contribution des produits phytosanitaires est marginale.

Un impact lié au transport des produits phytosanitaires a été également considéré, entre le lieu d'approvisionnement et le champ. Les distances considérées : 15 km tracteur + remorque (tonnage : 300 tkm), avec l'hypothèse d'une teneur moyenne des produits phytosanitaires en substance active de 50% pour estimer le poids du produit phytosanitaire à partir de la quantité de substance active appliquée.

4.2. Données de flux et d'impacts

Le Tableau 7 présente les impacts considérés pour les produits phytosanitaires.

Tableau 7 : Impacts des produits phytosanitaires

Type d'engrais	unité	Impact changement climatique 100 ans - GIEC 2013 (kg CO2 eq)	Emissions de CO ₂ (kg/kg matière active)	Emissions de N ₂ O (kg/kg matière active)	Emissions de CH ₄ (kg/kg matière active)	Consommation d'énergie primaire (MJ/kg matière active)	Emissions de NH ₃ (kg/kg matière active)	Emissions de NO _x (kg/kg matière active)	Emissions de SO ₂ (kg/kg matière active)
Produit phytosanitaire non spécifié	Kg matière active	9.855	8.339	1.66E-03	3.27E-02	171.00	1.68E-03	2.60E-02	6.44E-02
Transport de matière active	Kg matière active	0.005	0.005	1.75E-07	4.16E-06	0.09	1.45E-07	5.41E-05	8.76E-06
Produit phyto + transport	Kg matière active	9.861	8.344	1.66E-03	3.27E-02	171.09	1.68E-03	2.61E-02	6.44E-02

5. Références bibliographiques

Avadí A., Aissani L., Pradel M., Wilfart A., 2020. Life cycle inventory data on French organic waste treatments yielding organic amendments and fertilisers. Data in Brief, Elsevier, 28, p. 7. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105000>

Avadí, A, 2020. Screening LCA of French organic amendments and fertilisers. *Int J Life Cycle Assess* **25**, 698–718. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01732-w>

Gac A., Deltour L., Cariolle M., Dollé J-B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A., 2010. GES'TIM, Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Version 1.2. 156 p. Institut de l'Élevage, Paris. Diffusion via le site internet de l'Institut de l'Élevage : Version 1.2 juin 2010.

ANNEXE : Origines des engrais utilisés en France, données mises à jour selon statistiques de 2018 (UNIFA)

Provenance des engrais consommés en France (MAJ GES'TIM+)	Distances parcourues			Forme d'engrais							
	camion (km)	bateau (km)	fluvial (km)	Urée	Ammo nitrate 33.5%	Ammo nitrate calcaire 27%	Solution azotée	MAP et DAP	TSP	Chlorure de Potasse	Nitrate de Potasse
France (production 2018) (RER)	150	0	0	0%	50%	20%	8%	0%	10%	0%	0%
UE 15 (RER)	200	0	400	24%	25%	60%	18%	18%	26%	81%	100%
Nouveaux EM Baltique (RER)	200	2000	0	8%	25%	20%	8%	26%	0%	0%	0%
Russie (RoW)	200	2000	0	13%	0%	0%	23%	20%	0%	8%	0%
Nouveaux EM Mer Noire, Ukraine	200	5000	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Afrique du Nord, Egypte (RoW)	200	2500	0	52%	0%	0%	0.4%	35.6 %	62.8 %	0.0%	0%
Arabie (RoW)	200	3500	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4.1%	0%
Amérique centrale et du Nord (RNA)	200	4000	0	0%	0%	0%	42%	0%	1%	6%	0%
Chili	200	6500	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Qatar, Iran	200	6000	0	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chine, Australie	200	11000	0	0%	0%	0%	0%	0.4%	0%	0%	0%

Distances parcourues calculées, pour 1 kg d'élément nutritif, exprimées en tonne.km pour les engrais moyens rendus France en prenant en compte la répartition des provenances

	Urée	Ammo nitrate 33.5%	Ammonit rate calcaire 27%	Solution azotée	MAP	DAP	TSP	Chlorure de Potasse	Nitrate de Potasse
Élément considéré pour exprimer le transport	N	N	N	N	P2O5	P2O5	P2O5	K2O	K2O
% de l'élément nutritif retenu dans produit complet	46%	33.5%	27%	30%	54%	46%	46%	60%	44%
t.km camion moyen du produit complet	0,435	0.522	0.704	0.653	0.370	0.435	0.424	0.333	0.455
t.km bateau océan moyen du produit complet	4.048	1.493	1.481	7.763	3.427	4.023	3.521	1.009	0
t.km bateau fluvial moyen du produit complet	0.213	0.299	0.889	0.241	0.134	0.158	0.224	0.541	0.909

Explication du calcul : 1 kg de N contenu dans l'urée parcourant 200 km, sachant que l'urée contient 46% de N, c'est en réalité $200\text{km} \times 1\text{kg} / 0.46 = 435 \text{ kg.km}$ de produit complet qui est transporté (soit 0.435 t.km).

Aussi il est important de ne compter qu'une seule fois un engrais (selon son élément nutritif majoritaire) puisque tous les impacts de fabrication et de transport sont pris en compte dans les valeurs proposées par kg de l'élément nutritif retenu. Si on apporte du DAP, il faut prendre ses impacts à partir de la dose de P2O5 apportée, et surtout ne pas rajouter d'impacts à partir de la dose de N apportée.

Les inventaires d'arrière-plan utilisés pour les transports sont issus d'Ecoinvent® v3.5 :

- Transport camion : Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, S
- Transport bateau : Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}| processing | Cut-off, S
- Transport fluvial : Transport, freight, inland waterways, barge {RER}| processing | Cut-off, S