

Étude prospective sur l'estimation des besoins actuels et futurs de l'agriculture biologique en fertilisants organiques et recommandations en vue de son développement

Rapport final

Août 2022

AND International

10 Boulevard Bonne Nouvelle – 75010 Paris, FRANCE

Tel: + 33 1 45 23 18 81

Fax: +33 1 48 00 01 45

secretariat@and-international.com

www.and-international.com



International

Table des matières

GLOSSAIRE	3
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
1.1 RAPPEL DU CONTEXTE	5
1.1.1 <i>Des politiques nationales et européennes favorables au développement des surfaces biologiques.....</i>	5
1.1.2 <i>Un règlement européen qui fixe les conditions d'utilisation des matières fertilisantes en agriculture biologique.....</i>	5
1.1.3 <i>Incertitudes sur la notion d'élevage industriel.....</i>	5
1.1.4 <i>Des réglementations pouvant impacter le gisement de matières fertilisantes utilisables en AB</i>	6
1.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE	6
1.3 APPROCHE GENERALE	7
1.4 PERIMETRE	7
1.5 APPROCHE SIMPLIFIEE DU BILAN DE FERTILISATION	8
2. PHASE 1 : ESTIMATION DU GISEMENT ACTUEL DE MATIÈRES FERTILISANTES ÉLIGIBLES EN AB « DE QUOI DISPOSONS NOUS ? »	9
2.1 OBJECTIFS DE LA PHASE 1	9
2.2 METHODOLOGIE DE LA PHASE 1	9
2.2.1 <i>Tâche 1 : Inventaire du gisement de matières fertilisantes organiques utilisables en AB</i>	10
2.2.2 <i>Tâche 2 : Analyse quantitative et cartographie du gisement utilisable en AB en éléments NPK</i>	10
2.3 RESULTATS DE LA PHASE 1	11
2.3.1 <i>Identification des gisements de MAFOR UAB.....</i>	11
2.3.2 <i>MAFOR d'origine agricole.....</i>	13
2.3.1 <i>Importations de MAFOR.....</i>	22
2.3.2 <i>MAFOR d'origine forestière</i>	24
2.3.3 <i>MAFOR d'origine industrielle</i>	25
2.3.4 <i>MAFOR d'origine urbaine</i>	30
2.3.5 <i>Autres MAFOR.....</i>	35
2.4 SYNTHÈSE DU GISEMENT DE MAFOR MOBILISABLE ET UTILISABLE EN AB	37
2.5 CARTOGRAPHIE DES GISEMENTS DE NPK UTILISABLE EN AB	41
2.5.1 <i>Cartographie du gisement d'azote utilisable en AB en métropole.....</i>	41
2.5.1 <i>Cartographie du gisement de phosphore utilisable en AB en métropole</i>	43
2.5.2 <i>Cartographie du gisement de potassium utilisable en AB en métropole.....</i>	44
3. PHASE 2 : ETUDE DES BESOINS NUTRITIFS DES CULTURES CONDUITES EN AB : « DE QUOI AVONS-NOUS BESOIN » ?	45
3.1 OBJECTIFS DE LA PHASE 2	45
3.2 METHODOLOGIE DE LA PHASE 2	45
3.2.1 <i>Tâche 3 : Estimation des besoins en éléments NPK des cultures conduites en AB.....</i>	45
3.2.2 <i>Tâche 4 : Bilan de fertilisation gisements en NPK et besoins des cultures biologiques .</i>	46
3.3 RESULTATS DE LA PHASE 2	46
3.3.1 <i>Rappel du raisonnement de la fertilisation N et PK.....</i>	46
3.3.2 <i>Identification des cultures en agriculture biologique 2020.....</i>	47
3.3.3 <i>Besoins en NPK en grandes cultures.....</i>	48
3.3.4 <i>Besoins en NPK en cultures fourragères</i>	52
3.3.5 <i>Besoins en NPK en maraîchage et en plantes aromatiques, médicinales et à parfum ..</i>	54
3.3.6 <i>Besoins en NPK en cultures permanentes.....</i>	57
3.3.7 <i>Estimations des pertes</i>	60
3.3.8 <i>Estimation des autres apports</i>	61
3.4 SYNTHÈSE DES BESOINS NUTRITIFS DES CULTURES CONDUITES EN AB	66
3.4.1 <i>Synthèse des besoins NPK par type de couvert</i>	66
3.4.2 <i>Synthèse des besoins NPK par région.....</i>	66
3.5 CARTOGRAPHIE DES BESOINS EN ELEMENTS NUTRITIFS	68
3.6 BILAN DE FERTILISATION	68
3.6.1 <i>Bilan de fertilisation France</i>	69
3.6.1 <i>Bilan de fertilisation France – hypothèse autosuffisance AB</i>	69

3.6.2	<i>Bilan de fertilisation NPK par région</i>	70
3.7	CONCLUSIONS	72
3.8	LIMITES	73
4.	PHASE 3 : ANALYSE COMPARATIVE OFFRE ET DEMANDE A HORIZON 2030 : « DE QUOI DISPOSERONS NOUS ? »	75
4.1	OBJECTIFS DE LA PHASE 3	75
4.2	METHODOLOGIE DE LA PHASE 3	75
4.3	RESULTATS DE LA PHASE 3	76
4.3.1	<i>Identification des variables clefs et des variables de synthèse</i>	76
4.3.2	<i>Définition des hypothèses d'évolution (micro-scénarios)</i>	78
4.3.3	<i>Scénario 1 tendanciel</i>	80
4.3.4	<i>Scénario 2 : développement intensif en MAFOR</i>	83
4.3.5	<i>Scénario 3 : développement autonome de l'AB</i>	86
4.3.6	<i>Scénario 4 : consolidation frugale en MAFOR</i>	90
4.4	CONCLUSIONS	94
5.	RECOMMANDATIONS	97
6.	ANNEXES	103
6.1	ANNEXE 1 : LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	103
6.2	ANNEXE 2 : ESTIMATION DES VOLUMES D'EFFLUENTS TOTAUX ANNEE 2020 EN FRANCE METROPOLITAINE EN TMB 106	
6.3	ANNEXE 3 : CARACTERISATION DES MAFOR UTILISES DANS LA BASE DE DONNEES	107
6.4	ANNEXE 4 : INVENTAIRE DES SOURCES RECENTES D'EVALUATION DE LA RESSOURCE EN DECHETS VERTS :	108
6.5	ANNEXE 5 : EVALUATION DU GISEMENT DE DECHETS VERTS BRUTS AVANT TRANSFORMATION ET RATIOS DE PRODUCTION DE DECHETS VERTS PAR HABITANT UTILISES POUR LA REPARTITION REGIONALE DU GISEMENT	108
6.6	ANNEXE 6 : GISEMENT MOBILISABLE ET UAB EN TONNES (TMS ET TMB).....	110
6.7	ANNEXE 7 : RATIO EFFLUENTS D'ELEVAGE PAR TETE	112
6.8	ANNEXE 8: TENEURS SEUILS EN PHOSPHORE ET POTASSIUM RETENUES POUR LES DIFFERENTES REGIONS FRANÇAISES	113
6.9	ANNEXE 9 : ANALYSE QUALITATIVE DU GISEMENT DU SOL EN NPK.....	114
6.10	ANNEXE 10 : VARIABLES	121

GLOSSAIRE

AB	Agriculture Biologique
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFAIA	Syndicat professionnel qui représente des fabricants ou metteurs en marché d'intrants agricoles
ARVALIS - Institut du végétal	Organisme de recherche appliquée, produit des références technico-économiques et agronomiques directement applicables dans les systèmes de production
CEDEN	Cabinet d'Etude sur les Déchets et l'ENergie
CEVA	Centre d'Etude et de Valorisation des Algues
CGA	Corps Gras Animaux
CGAAER	Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux
CGEDD	Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
CIBE	Comité Interprofessionnel du Bois-Energie
CIRAD	Organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes
CNAB	Comité National de l'Agriculture Biologique
COMIFER	Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
DOM	Départements d'Outre-Mer
EGTOP	Groupe d'experts appelé à formuler des avis techniques sur la production biologique auprès des institutions européennes
ELBA	EvaLUation des ressources en Biomasse Agricole
ESCO	Expertise scientifique collective
Gaïago	Entreprise qui élabore des produits naturels pour revitaliser les sols et les agrosystèmes
GIS Sol	Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols
GMS	Grandes et Moyennes Surfaces
IAA	Industrie Agro-Alimentaire
I Care & Consult	Entreprise française indépendante de conseil pour la transition environnementale
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IDELE	Institut de l'Elevage
Directive IED	Directive sur les émissions industrielles
IFIP	Institut technique de la filière porcine
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INAO	Institut national de l'origine et de la qualité
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
ITAVI	Institut technique de l'aviculture
ITOM	Installation de Traitement des Ordures Ménagères
KeqN	Rapport obtenu entre la quantité d'azote apporté par un engrais minéral de synthèse de type ammonitrate et la quantité d'azote total apporté par le PRO qui permet la même absorption d'azote par la culture
MAFOR	Matières Fertilisantes d'Origine Résiduaire
MB	Matière Brute
MS	Matière Sèche
MTES	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
OMR	Ordures Ménagères Résiduelles
ONRB	Observatoire National des Ressources en Biomasse
PAT	Protéine Animale Transformée
RECORD	REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement

Étude prospective sur l'estimation des besoins actuels et futurs de l'agriculture biologique en fertilisants organiques et recommandations en vue de son développement – Rapport final

RISPO	Réseau Interprofessionnel des Sous-Produits Organiques
RMT	Réseau Mixte Technologique
SAA	Statistique Agricole Annuelle
SIFCO	Syndicat des Industries Françaises des COproduits
SINOE	Outils d'analyse principalement destiné aux collectivités territoriales pour les aider à optimiser leur politique de gestion des déchets ménagers
TMB	Traitement Mécano-Biologique
UAB	Utilisable en Agriculture Biologique
ValorMap	Base de données spatialisée permettant la visualisation des potentiels méthane des résidus et coproduits des agro-industries pouvant être mobilisés en méthanisation
VCM vzw	Centre de coordination flamand pour le traitement du lisier

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 Rappel du contexte

1.1.1 Des politiques nationales et européennes favorables au développement des surfaces biologiques

Le développement des surfaces conduites en agriculture biologique (AB) devrait progresser en France et en Europe par le déploiement du plan Ambition Bio 2022 et de la politique européenne (Farm to Fork). En effet le programme Ambition bio 2022 vise 15 % de la SAU conduite en AB en 2022 contre 9,6 % en 2020. Dans le cadre de la stratégie Farm to Fork, la Commission européenne fixe un objectif de 25 % de la SAU conduite en AB d'ici 2030. Les surfaces conduites en AB sont donc amenées à se développer de façon significative en France et en UE d'ici 2030.

1.1.2 Un règlement européen qui fixe les conditions d'utilisation des matières fertilisantes en agriculture biologique

L'utilisation de matières fertilisantes en AB est encadrée par la réglementation européenne, notamment les règlements UE n°834/2007 et UE n°889/2008 qui seront remplacés au 1^{er} janvier 2022 par le règlement UE RCE n°848/2018 et ses autres règlements associés. Un guide de lecture national défini par le Comité National de l'Agriculture biologique (CNAB) au sein de l'INAO précise l'application concrète des textes européens en France.

La production biologique repose notamment sur les deux principes suivants : l'utilisation de ressources naturelles internes aux systèmes, et son corollaire, la restriction de l'utilisation d'intrants extérieurs (article 4 du règlement (CE) N° 834/2007). Ce principe implique que la production biologique doit utiliser de préférence :

- la matière issue du recyclage et produite sur l'exploitation (les effluents d'élevage ou d'autres éléments de biomasse) ;
- les fertilisants produits sur d'autres exploitations biologiques ;
- les matières fertilisantes naturelles locales produites sur des exploitations non certifiées biologiques (autres effluents d'élevages) et les préparations biodynamiques ;
- les engrais minéraux faiblement solubles.
- Les intrants chimiques de synthèse ne peuvent être utilisés qu'en dernier recours, lorsqu'aucune des autres sources n'est disponible.

L'annexe I du règlement UE n°889/2008 définit une liste de matières fertilisantes utilisables en AB regroupant des produits d'origine organique, mais aussi minérale (origine minière), en évitant de manière stricte le recours aux engrais de synthèse. Cette annexe a été reprise dans l'annexe II du règlement UE n°848/2018 qui devrait entrer en application au 1^{er} janvier 2022. Cependant, des modifications pourront y être apportées en fonction des conclusions du groupe d'expert EGTOP (Expert Group for Technical advice on Organic Production).

1.1.3 Incertitudes sur la notion d'élevage industriel

L'utilisation d'effluents d'élevages est possible sous ses différentes formes (fumiers, compost d'excréments, excréments liquides, digestats d'unités de biogaz) à condition que ceux-ci ne proviennent pas « d'élevages industriels » (« factory farming »). Cette notion n'étant pas définie au niveau européen et face aux difficultés pressenties, le Comité national de l'agriculture biologique (CNAB) a validé une version de la définition introduisant des seuils qui sont fonction de la nature des élevages industriels :

« Sont exclus à partir du 1er janvier 2021 d'une utilisation sur des terres biologiques au sens de l'annexe I du règlement (CE) N° 889/2008 les effluents :

- d'élevages en système caillebotis ou grilles intégral et dépassant les seuils définis en annexe I de la directive N° 2011/92/UE c'est-à-dire :
 - de 3 000 emplacements pour porcs de production (de plus de 30 kilogrammes);

- ou de 900 emplacements pour truies.
- d'élevages en cages et dépassant les seuils définis en annexe I de la directive N° 2011/92/UE c'est-à-dire
 - de 85 000 emplacements pour poulets,
 - de 60 000 emplacements pour poules »

Cette définition demeure provisoire dans l'attente d'une interprétation européenne. Un rapport du groupe d'experts européens EGTOP¹ (Rapport final sur les matières fertilisantes III du 6 juin 2018) doit permettre d'harmoniser la notion de « factory farming » afin d'éviter les distorsions de concurrence au sein de l'UE. Le groupe EGTOP a de nouveau été saisi pour réfléchir à une proposition d'élevage industriel qui sera soumise à la Commission Européenne et aux Etats Membres.

1.1.4 Des réglementations pouvant impacter le gisement de matières fertilisantes utilisables en AB

Par ailleurs, au moins deux règlements pourraient avoir un impact sur les volumes disponibles de matières fertilisantes utilisables en AB. L'entrée en application du règlement européen (UE) N° 1009/2019 relatif à la mise à disposition sur le marché des fertilisants minéraux et organiques issus du recyclage pourra avoir comme conséquence une réduction des volumes de MAFOR d'origine étrangère importés en France. Au contraire, la directive (UE) 2018/851 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 (transposée en droit français dans la loi n°2020-105) visant un objectif de tri systématique à la source des biodéchets pourrait accroître la disponibilité en matières organiques épandables.

1.2 Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectif de nourrir les réflexions des services du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation qui doivent disposer d'une vision claire et quantifiée des tendances d'évolution des ressources et des besoins, mettant en évidence d'éventuels pénuries qui pourraient freiner l'essor de l'AB. Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

1. Dresser un état des lieux des gisements des fertilisants organiques actuels utilisables en AB et les cartographier.
2. Analyser les besoins actuels en fertilisants organiques utilisables AB et les cartographier.
3. Analyser l'équilibre offre et demande en fertilisants organiques utilisables en AB d'ici 2030 en s'appuyant sur une démarche prospective.
4. Proposer des recommandations pour sécuriser l'approvisionnement en fertilisants organiques et ainsi sécuriser le développement de la production biologique.

1.3 La disponibilité des éléments fertilisants pour l'agriculture biologique : un enjeu de recherche

Plusieurs publications ont illustré les enjeux associés à la dépendance de l'agriculture biologique aux éléments nutritifs provenant de l'agriculture conventionnelle à différentes échelles.

En France, des travaux menés par Thomas Nesme et Benjamin Nowak ont permis de souligner que le niveau de dépendance en éléments minéraux provenant d'exploitations conventionnelles s'explique par le système de production des exploitations biologiques (orientation technique, spécialisation végétale, présence d'élevages biologiques ou conventionnel à proximité etc.). Il est démontré que le niveau d'importation d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) est positivement corrélé à la demande en fertilisants de ces exploitations biologiques (Nesme et al, 2016). Ceux-ci ont été estimés à respectivement 23 %, 73 % et 53 % des importations de N, P et K au sein d'un échantillon de 63 exploitations biologiques réparties dans trois régions agricoles françaises et trois systèmes de production (production animale, mixte et production végétale) (Nowak et al, 2013).

¹ Expert Group for Technical advice on Organic Production

La question de la disponibilité en éléments minéraux utilisables en AB a récemment été explorée dans la perspective d'un fort développement de l'agriculture biologique à l'échelle mondiale (Barbieri, 2018). Un modèle spécifique y a été développé pour améliorer l'autonomie la production végétale biologique en éléments fertilisants par une optimisation des effectifs d'animaux biologiques. Les résultats montrent que la disponibilité de l'azote est centrale et constitue un facteur limitant majeur de la production AB : sous un scénario de conversion à l'AB de 100% à l'échelle mondiale, la disponibilité alimentaire se trouverait réduite de -37%. Avec des taux de conversion inférieurs (jusqu'à 60% des terres agricoles), la demande alimentaire mondiale pourrait être satisfaite si celle-ci s'accompagne d'une modification des régimes alimentaires via une réduction de l'apport énergétique par individu ou du gaspillage alimentaire. Des travaux sont menés par Arvalis sur la gestion du phosphore en systèmes grandes cultures biologiques.

Enfin, la question de l'optimisation de la gestion de l'azote dans une perspective de transition agroécologique des systèmes agricoles européens a été modélisée par le CNRS (Billen et al, 2021). Les travaux montrent ainsi que la réduction des impacts environnementaux liés à l'azote pouvait être réalisée par la combinaison de plusieurs facteurs à savoir :

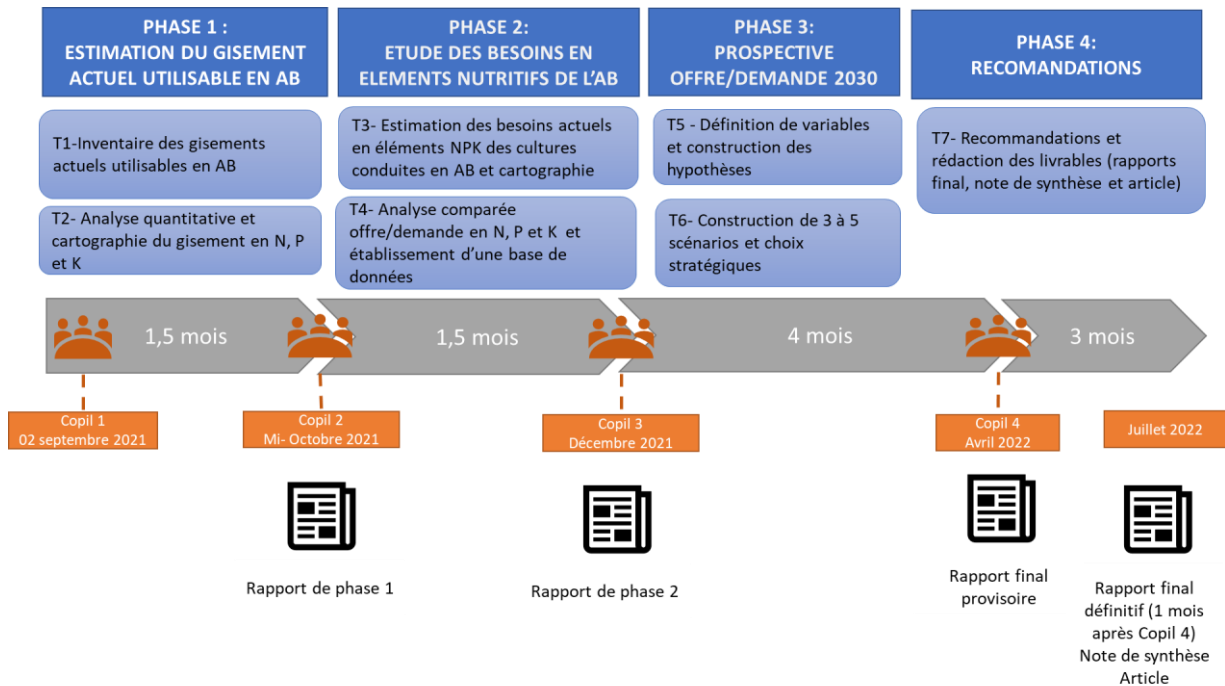
- une évolution des régimes alimentaires (réduction des produits animaux),
- le recyclage des excréta humains,
- la généralisation de rotations adaptées aux différents territoires basée sur des légumineuses fixatrices d'azote permettant de se passer d'engrais azotés minéraux
- la reconnexion des systèmes d'élevage aux systèmes de culture pour optimiser l'utilisation de l'azote.

Les travaux éclairent la possibilité de nourrir la population européenne d'ici 2050 sans importations d'aliments pour animaux et en réduisant de moitié les pertes azotées dans l'environnement.

1.4 Approche générale

Le schéma suivant présente le déroulé synthétique de l'étude.

Figure 1 : Chronogramme de l'étude



1.5 Périmètre

Le périmètre de l'étude est le suivant :

- Périmètre géographique : France métropolitaine et régions d'outre-mer en fonction des données disponibles. Le bilan de fertilisation sera établi au niveau régional.
- Périmètre des données :
 - o **Éléments nutritifs.** Il s'agit des trois éléments fondamentaux : l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont inclus dans le périmètre de l'étude. Conformément aux usages en France, les quantités de P sont données pour P₂O₅ et les quantités de K pour K₂O. Chaque matière est caractérisée par son coefficient d'équivalence en engrais minéral pour l'azote et le phosphore (respectivement N eq et P eq). Le coefficient d'équivalence du potassium est donné à 100 %, car cet élément est faiblement rattaché à la matière organique des MAFOR et mis à disposition des plantes facilement. Pour l'azote, la valeur du Neq dépend largement des conditions d'application. Deux valeurs de Neq sont retenues pour cet élément, une valeur haute et une valeur minimale.
 - o **Gisement :** toutes matières fertilisantes organiques renouvelables ou d'origine résiduaire respectant les conditions fixées dans le cadre réglementaire européen notamment l'annexe II du RCE 848/2018. Pour mémoire, les matières fertilisantes organiques résiduaires (MAFOR) sont issues des activités agricoles, urbaines et industrielles. Ces matières peuvent être épandues directement sur les sols, sans traitement préalable et peuvent également subir un traitement avant épandage qui peut avoir différents objectifs : hygiénisation par compostage ou chaulage, réduction des volumes par déshydratation selon différents procédés, production d'énergie par digestion anaérobie. L'étude s'intéressera aux gisements mobilisables et utilisables sur les productions végétales cultivées en Agriculture Biologique.
 - o **Besoins nutritifs des plantes :** il s'agit d'estimer les besoins totaux en NPK des cultures produites en mode AB en France.
- **Périmètre temporel :** l'étude des gisements et les besoins des cultures conduites en AB sera basée sur l'année 2020. Les projections seront établies à horizon 2030.

1.6 Approche simplifiée du bilan de fertilisation

La fertilisation consiste à maintenir le même niveau de fertilité des sols en apportant le solde des éléments nutritifs exportés ou perdus (lixiviation, volatilisation) afin de satisfaire les besoins nutritionnels des plantes.

À partir de la méthode du bilan COMIFER, il est possible de mesurer théoriquement la couverture des besoins des productions végétales conduites en agriculture biologique par le gisement de MAFOR utilisables en AB. L'équilibre de la fertilisation AB pourra être mesurée à travers l'équation simplifiée suivante réalisée pour chacun des trois éléments Azote, Phosphore et Potassium :

$$\text{Part de la fertilisation NPK issues de MAFOR UAB} \\ = \frac{\text{Gisement de MAFOR UAB en NPK}}{(\text{Besoins des plantes} + \text{pertes} - \text{autres apports})}$$

Le numérateur c'est-à-dire le gisement en éléments NPK efficace apportés par les MAFOR collectables et utilisables en AB est mesuré en phase 1.

Le dénominateur c'est-à-dire les besoins des productions végétales conduites en AB déduction des pertes et incluant les autres apports non MAFOR sont mesurés en phase 2.

Les pertes proviennent principalement de la lixiviation des éléments dans le sol et de la volatilisation lors de l'épandage, de l'organisation microbienne (N), de la dénitrification (N), du stockage ou de la transformation des MAFOR.

Les autres apports non MAFOR de NPK proviennent de sources suivantes :

- Dépôts atmosphériques (NK).
- Reliquats liés aux précédents (N) (légumineuses et/ou cultures intermédiaires ayant une capacité de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique).
- Fixation diazotrophe (N).
- Minéralisation des résidus des cultures précédentes (NPK)
- Minéralisation de l'humus du sol (N).
- Azote apporté par l'irrigation (N)
- Gisement naturel du sol (P et K).

2. PHASE 1 : ESTIMATION DU GISEMENT ACTUEL DE MATIÈRES FERTILISANTES ÉLIGIBLES EN AB « DE QUOI DISPOSONS NOUS ? »

2.1 Objectifs de la phase 1

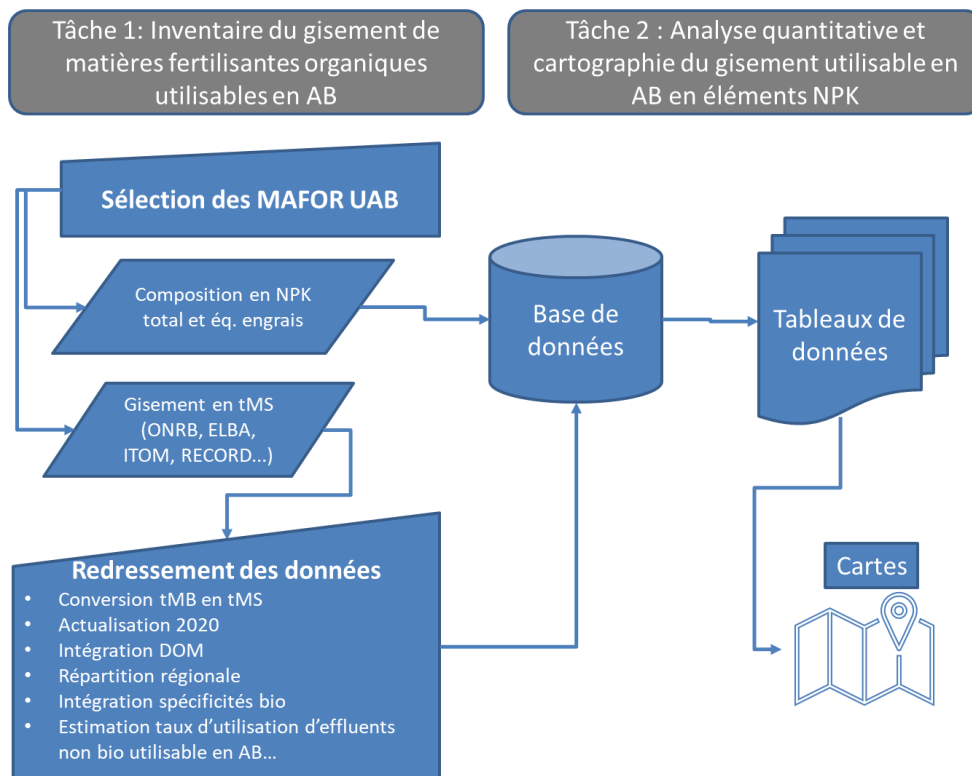
La phase 1 vise à établir une estimation qualifiée et quantifiée du gisement français actuel de fertilisants utilisables en agriculture biologique. Les objectifs détaillés de cette phase 1 sont les suivants :

- Identifier et mesurer l'ensemble des gisements de MAFOR utilisables en AB et leur disponibilité (taux de collecte, proportion du gisement respectant les conditions d'utilisation en AB).
- Construire une base de données permettant d'estimer le gisement régional utilisable en AB et intégrant les différentes informations collectées (effluents, cheptel, composition des MAFOR, paramètres de collecte et conditions d'utilisation en AB, échelle régionale). Cette base de données doit également permettre de prendre en compte les évolutions réglementaires pouvant agir à court-moyen terme sur le volume de gisement disponible (redéfinition de la notion d'« élevage industriel », mise en application de la loi économie circulaire...).
- Caractériser les gisements potentiels de MAFOR en matière d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) et établir une cartographie régionalisée des volumes disponibles totaux et en équivalent engrais efficace.

2.2 Méthodologie de la phase 1

La méthodologie générale de la phase 1 est présentée dans le schéma ci-dessous.

Figure 2: Méthodologie employée pour la phase 1



Source : AND-International

Cette phase est articulée autour de deux tâches :

2.2.1 Tâche 1 : Inventaire du gisement de matières fertilisantes organiques utilisables en AB

Cette tâche vise à identifier et à caractériser le gisement de matières fertilisantes organiques autorisées en AB. Elle s'est sur les sous-tâches suivantes :

- Identification de toutes les matières fertilisantes résiduaire organiques (MAFOR) éligibles en AB et de leurs conditions d'utilisation : cet inventaire s'appuie sur la liste des matières fertilisantes organiques de l'annexe II du règlement (UE) n°848/2018 définissant les matières fertilisantes utilisables en AB (cette annexe pourra être revue à la suite du rapport d'EGTOP).
- Collecte bibliographique large et construction de la base de données de gisements : cette sous-tâche vise à identifier pour chaque matière fertilisante organique éligible en AB les sources d'information permettant de quantifier le gisement total au niveau national et régional et également d'identifier les sources d'information pour caractériser la composition moyenne des MAFOR en azote, phosphore et potassium.
- Entretiens avec organisations professionnelles et experts : des entretiens complémentaires ont été réalisés auprès des organisations suivantes pour collecter des données additionnelles sur le gisement et/ou la composition de certaines MAFOR. Les organisations suivantes ont été contactées :
 - o IFIP : Pascal LEVASSEUR, Bérangère LECUYER
 - o ITAVI : Mohamed BOUZIDI
 - o ITAB : Enguerrand BUREL
 - o ARVALIS : Hélène LAGRANGE
 - o GIS Sol : Nicolas SABY
 - o Agriculteurs Méthaniseurs de France : Philippe MEINRAD
 - o Agriculteurs Composteurs de France : Philippe COLIN
 - o INRAE : Sabine HOUOT
 - o MTES : Ariane DESCOURS
 - o AFAÏA : Laurent LARGANT
 - o SIFCO : Orianne BOULLEVEAU
 - o ADEME : Fabienne MULLER
 - o INAO : Sandrine THOMAS
 - o BIO NORMANDIE : Benoît COIFFIER
 - o GAÏAGO : Francis BUCAILLE
- Estimation du gisement d'effluents d'élevages non-bio potentiellement utilisable en AB sur la base de la définition française « d'élevage industriel ». Cette sous-tâche a consisté à dresser une typologie des élevages de volailles et de porcins par classe de taille et également de collecter des informations sur les types de sols (caillebotis, cage) auprès des instituts techniques et autorités en charge du contrôle des installations classées pour l'environnement.

2.2.2 Tâche 2 : Analyse quantitative et cartographie du gisement utilisable en AB en éléments NPK

Cette tâche vise à quantifier le gisement total disponible par type de matière fertilisante. À partir de la composition de chaque produit, nous élaborerons une base de données recensant la totalité des éléments nutritifs N, P et K, par type de matière fertilisante utilisable en AB et selon leur localisation et leur valeur réelle fertilisante. Un coefficient de taux de collecte et un coefficient de disponibilité efficace des éléments NPK seront associés pour chaque type de matière fertilisante organique, le cas échéant.

Cette tâche inclue les sous-tâches suivantes :

- Intégration des informations dans une base de données et paramétrage de la base.

- Cartographie du gisement par type de matière fertilisante : réalisation de la cartographie du gisement de MAFOR collectable par éléments nutritif.

2.3 Résultats de la phase 1

L'étude du CGEDD-CGAAER de 2015 avait établi une première estimation des volumes de MAFOR collectés et épandus en France (voir tableau ci-dessous). Le volume total s'élevait ainsi à 40 Mt MS, constitué à 77,5% des effluents d'élevages. La phase 1 de l'étude a permis de préciser les volumes utilisables en AB, actualiser les données et localiser au niveau régional les gisements concernés.

Tableau 1: Estimation du gisement MAFOR par grandes catégories

Déchets et sous produits épandus	Quantités en Mt de matière sèche	Part relative en %	Observations
Effluents d'élevage	31	77,5	Les effluents émis au pâturage ne sont pas comptabilisés
Déchets ménagers et assimilés et autres déchets organiques urbains et industriels	3	7,5	Un important gisement potentiellement valorisable n'est pas épandu
Boues urbaines	1	2,5	
Boues industrielles	4	10	Donnée incertaine
Autres cendres, résidus de curage, biochars, refioms)	1	2,5	Donnée très incertaine
Total	40	100	

Source : CGEDD/CGAAER 2015

2.3.1 Identification des gisements de MAFOR UAB

L'identification des gisements de matières fertilisantes organiques utilisables en AB s'est appuyée sur l'annexe II du RUE 848/2018 et sur la mobilisation de nombreuses sources (Badey et al, 2028 ; CGEDD-CGAAER, 2015 ; FranceAgriMer, 2020 ; Houot et al, 2020, ICARE & Consult 2020, Levasseur et al, 2020 ; Marsac et al ; 2018 ; Moesch et al, 2020 ; RECORD, 2016, RSEDA, 2017, RIPS0, 2021 et SIFCO, 2019, VCM, 2020).

Au total, **47 gisements de MAFOR utilisables en AB ont été identifiés au sein desquels seuls 38 ont été intégrés dans la base de données**. En effet, certaines MAFOR ont été exclues du calcul du gisement total pour éviter les doubles comptes avec les matières brutes dont elles sont principalement composées :

- Les digestats de méthanisation (principalement composé d'effluents d'élevages)
- Les composts de fumier bovins et de fientes de volailles
- Les composts de champignonnière (composé de fumier de fientes de volailles)
- Les engrais organiques à partir d'effluents et ou farines de sang.

D'autres MAFOR ont été estimées mais exclues du calcul du gisement car demeurant au stade de potentiel :

- Compost de déchets ménagers
- Compost de coproduits bois

Les gisements de MAFOR ont été répartis au sein de cinq grandes catégories différentes à partir de celles établies au sein de l'ESCO MAFOR (INRAE, 2014).

- **MAFOR d'origine agricole** : cela inclue les effluents d'élevages, les digestats issus d'unité de méthanisation valorisant principalement des matières agricoles et des composts réalisés à partir d'effluents et les importations.
- **MAFOR d'origine forestière** : cette catégorie inclue les produits et coproduits bois issus de la filière forêt-bois.
- **MAFOR d'origine industrielle** : cela prend en compte les coproduits, déchets et effluents issus des industries agroalimentaires ainsi que les produits et engrais élaborés (vinasses, produits animaux transformés, protéines végétales hydrolysées).
- **MAFOR d'origine urbaine** : cela inclue les déchets verts et mélanges compostés issus des plateformes de compostage urbaines, les déchets alimentaires des ménages triés à la source après fermentation et ceux issus des entreprises (<10 salariés). Certaines MAFOR d'origine urbaine ne sont pas autorisées par la réglementation européenne :
 - Les boues de station d'épuration et d'IAA
 - Les déchets alimentaires non issus des ménages
- **Autres MAFOR** concernent des matières fertilisantes ne pouvant être classées dans aucune catégorie précédemment citée ; nous avons ici intégré les algues et la tourbe.

Le tableau suivant présente les types de MAFOR identifiés dans la base de données.

Tableau 2 : Répartition des matières fertilisantes autorisées en AB par catégorie de MAFOR

CATEGORIE DE MAFOR	Annexe_II_RUE_848/2018	Type de MAFOR identifié dans BDD	Quantifié dans BDD (O/N)	Intégré dans gisement total (O/N)
AGRICOLE	Fumiers	bovins_fumier_litiere	O	O
AGRICOLE	Fumiers	bovins_fumier_litiere_bio	O	O
AGRICOLE	Excréments d'animaux liquides	bovins_lisier	O	O
AGRICOLE	Excréments d'animaux liquides	bovins_lisier_bio	O	O
AGRICOLE	Fumiers	caprins_fumier	O	O
AGRICOLE	Fumiers	caprins_fumier_bio	O	O
AGRICOLE	Fumiers	equides_fumier_courant	O	O
AGRICOLE	Fumiers	ovins_fumier	O	O
AGRICOLE	Fumiers	ovins_fumier_bio	O	O
AGRICOLE	Excréments d'animaux liquides	palmipede_lisier	O	O
AGRICOLE	Fumier séché et fientes de volailles déshydratée	pondeuses_alter_fientes	O	O
AGRICOLE	Fumier séché et fientes de volailles déshydratée	pondeuses_bio_fientes	O	O
AGRICOLE	Fumier séché et fientes de volailles déshydratée	pondeuses_cage_fientes	O	O
AGRICOLE	Fumier séché et fientes de volailles déshydratée	porcins_fumier_charcutiers	O	O
AGRICOLE	Fumiers	porcins_fumier_charcutiers_bio	O	O
AGRICOLE	Excréments d'animaux liquides	porcins_lisier_NE	O	O
AGRICOLE	Fumiers	poulet_chair_fumier_bio	O	O
AGRICOLE	Fumiers	poulet_chair_fumier_LR_AOP	O	O
AGRICOLE	Fumiers	poulet_chair_fumier_standard_ccp	O	O
AGRICOLE	Digestats de méthanisation	digestat_metha	O	N- double compte
AGRICOLE	Compost fumier volailles	compost_fientes_volailles	N	N- double compte
AGRICOLE	Compost fumier bovins	compost_fumier_bovins	N	N- double compte
AGRICOLE	MAFOR importées	pondeuses_cage_fientes	O	O
FORESTIERE	Cendres de bois issues de chaudières	cendres_bois	O	O
FORESTIERE	Compost de coproduits issues de l'industrie bois	co-produits_bois	O	N - potentiel
INDUSTRIELLE	Vinasse et extraits de vinasse	vinasse_betterave	O	O
INDUSTRIELLE	Vinasse et extraits de vinasse	vinasse_viticole	O	O
INDUSTRIELLE	Vinasse et extraits de vinasse	vinasse_canne_sucré	O	O
INDUSTRIELLE	Produits ou sous-produits d'origine animale	farines_animales_C1_C2	O	O

INDUSTRIELLE	Produits ou sous-produits d'origine animale	PAT_C3	O	O
INDUSTRIELLE	Produits ou sous-produits d'origine animale	Coquilles_œuf	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	marcs_raisins	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	lies_bourbes_vin	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	pailles_lavande_lavandin	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	issues_silo_maïs	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	raffles_raisins	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	pulpes_raisins_deshy	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	ecumes_sucreries	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	dechets_usine_triage_pois_haricot_verts	O	O
INDUSTRIELLE	Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	Engrais_orga	O	N – double compte
URBAINE	Mélange composté ou fermenté de déchets ménagers	eq_compost_dechets_alimentaires_ordures_menageres	O	N - potentiel
URBAINE	Mélange composté ou fermenté de matières végétales	compost_dechets_verts	O	O
AUTRES	Biochar	biochar	N	N
AUTRES	Compost champignonnière	compost_champi	O	N – double compte
AUTRES	Algues	algues	O	O
AUTRES	Tourbe	tourbe	O	O
AUTRES	Protéines végétales hydrolysées	prot_vege_hydrolysées	N	N
TOTAL		47	43	38

2.3.2 MAFOR d'origine agricole

2.3.2.1 Effluents bruts d'élevage

Données générales

Les MAFOR issues d'effluents d'élevage représentent la majorité du gisement de MAFOR d'origine agricole. D'après l'ESCO MAFOR (INRAE, 2014), les élevages français produisaient un volume de 109 Mt de matières brutes collectables et épandables. Le rapport CGEDD/CGAAER de 2015 faisait état d'un volume de **31 Mt de matière sèche (MS) d'effluents d'élevages collectables et épandables**. Plus récemment le projet ELBA² (Arvalis, Terres Inovia, IDELE, IFIP et ITAVI ; 2018) a créé une base de données recensant les ressources de biomasse agricole (effluents, résidus de cultures) disponibles par région. Au niveau national, le volume total d'effluents d'élevage **collectables et épandables a été estimé à 120,25 Mt MB** (soit 24,3 Mt MS) en France métropolitaine sur la base des effectifs d'animaux comptabilisés en 2015.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul du gisement

L'estimation du gisement d'effluents d'élevages et utilisables en AB est basée sur les volumes calculés à travers le projet ELBA. En effet, nous avons fait le choix de valoriser ces données qui ont bénéficié d'un important travail méthodologique de la part des instituts techniques, qui ont l'avantage de présenter des volumes d'effluents collectables et donc disponibles pour couvrir les besoins en fertilisation des cultures et qui permettent d'adopter une approche régionale du gisement. À partir des volumes

² ELBA : projet visant à construire et mettre à disposition un outil de référence pour l'évaluation des ressources en biomasse agricole : résidus de culture, cultures dédiées et effluents d'élevage.

d'effluents régionalisés par type d'animal, nous avons procédé à plusieurs redressements **pour créer une base de données des gisements de MAFOR utilisables en AB actualisée et paramétrable prenant en compte les besoins de prospective de l'étude.**

Les ajustements suivants ont été opérés :

- Actualisation du gisement sur l'année 2020 : le gisement total d'effluents épandables et collectables produits a été mis à jour sur la base de l'évolution des effectifs régionaux par type d'animaux entre 2015 et 2020. Les données n'ont pas permis d'appliquer des évolutions distinctes selon les modes de gestion des effluents (fumier, lisier et fientes). Ainsi, le gisement total d'effluents tous animaux confondus a été estimé à **113,11 Mt MB (22,75 Mt MS) collectable et épandable en France** métropolitaine soit une baisse de 6,3% par rapport à 2015.
- Estimation des volumes d'effluents d'élevage des régions ultrapériphériques : sur la base du calcul de ratios moyens par type d'effluent et par effectif d'animaux issus des données d'ELBA, nous avons intégré les volumes d'effluents d'élevages théoriquement collectables des régions d'outre-mer. Ainsi, le gisement total d'effluents tous animaux confondus **collectable et épandable en France, DOM inclus, s'élève à 114,21 Mt MB en 2020** (voir annexe 2). Compte-tenu de leur isolement géographique, les volumes seront traités à part dans les calculs de bilan de fertilisation.
- Adaptation de la base de données du gisement d'effluents issus d'élevage biologiques : le gisement d'effluents issus d'élevages biologiques et d'élevages alternatifs utilisables en AB a été isolé dans la base de données. Cela permettra également des traitements différenciés dans le cadre de la phase 2 et 3 de l'étude.
- Estimation du gisement d'effluents non utilisables en AB : ce traitement a pour objectif d'estimer la part des effluents issus d'élevages répondant à la notion d'élevage industriel telle que définie au niveau national. Après analyse des données disponibles et entretiens avec plusieurs experts, il s'avère qu'il n'existe aucune source d'information qui inclue les deux critères (taille d'élevage et type de sol) et par conséquent nous avons dû procéder à des approximations à partir des données existantes.
- Prise en compte des effluents issus d'élevages biologiques excrétés au champ : nous avons estimé la part des effluents issus d'élevages biologiques excrétés au champ. En effet l'étude s'intéresse au gisement total de MAFOR utilisables en AB et les effluents issus d'élevages biologiques doivent être obligatoirement épandus sur des terres cultivées en AB. Nous nous sommes basés sur le ratio de 1,67 ce qui correspond à l'ajout de la part de ces effluents excrétés sur les parcours extérieurs cultivés en AB soit 40%³ des effluents totaux.

Ainsi, le gisement total d'effluents tous animaux confondus **incluant les excréments au champ des animaux bio en France, DOM inclus, s'élève à 117,73 Mt MB en 2020** (voir tableau 9).

Description des effluents d'élevages

Les effluents d'élevages peuvent être de natures différentes selon les pratiques et les équipements des exploitations agricoles : fumier compact, fumier mou, lisier, fientes séchées ou compostées etc. Cette diversité n'a pu être prise en compte dans la construction de la base de données ELBA. Celle-ci permet toutefois de distinguer que deux types d'effluents pour les animaux hors volailles : les fumiers et les lisiers et trois types d'effluents pour les volailles : fumiers, lisiers et fientes. Comme précisé ci-dessus la base a été enrichie afin de distinguer les gisements d'effluents issus d'élevages biologiques ou alternatifs.

La caractérisation des effluents s'est appuyée sur les travaux du RMT Elevages et environnements publiés dans le document « Valorisation agronomique des effluents d'élevages ». Une partie de l'azote et du phosphore des effluents n'est pas directement assimilable par les plantes l'année de l'apport car sous forme organique, plus stable. La caractérisation des effluents intègre donc les apports totaux d'azote (Ntotal Klejldhal⁴), de phosphore (P2O5) et de potassium (K2O) ainsi que leur coefficient d'équivalence-engrais (Keq). Ce coefficient tient compte de la part de l'azote ammoniacal disponible et valorisable par les plantes sur l'apport total (NH4/N). L'effet fertilisant Keq de certains éléments nutritifs

³ ANPEA : ratio appliqué aux élevages ruminants que nous avons étendu aux élevages monogastriques biologiques.

⁴ Technique de détermination du taux d'azote dans un échantillon.

(N et P notamment) c'est-à-dire la quantité absorbée la culture l'année de l'apport demeure très variable notamment pour l'azote. La cinétique de minéralisation de l'azote dépendant de multiples facteurs (durée du cycle de la culture, période d'apport, température, humidité, type de sols...), nous avons donc intégré les coefficients d'équivalence minimum et maximum pour l'azote. Afin de tenir compte des arrières-effets liés à la minéralisation de l'azote organique les années suivantes l'apports d'effluents d'élevage, nous avons également intégré des coefficients Keq_{orga} comme utilisé dans le cadre de l'étude prospective menée par ICARE & Consult. Les apports de Keq_{orga} sont les suivants :

Tableau 3: Définition des Keq_{orga} pour les effluents d'élevage

Type de MAFOR	Keq_{orga}
Fumier	10%
Lisier	2%
Compost de fumier	10%
Digestat de méthaniseur	10%

Source : ICARE & Consult

La composition détaillée des MAFOR est décrite en annexe 3. Le tableau ci-dessous présente les références mobilisées pour la caractérisation des effluents.

Tableau 4: Références utilisées pour caractériser la composition en NPK total et NPK eq des effluents d'élevage

Effluents - source ELBA	Effluents-modèle MAFOR UAB	Sources utilisées
fu_bovins	bovins_fumier_litiere	Fiche 21 – RMT Elevage et Envi2019
	bovins_fumier_litiere_bio	Fiche 21- RMT Elevage et Envi2019
li_bovins	bovins_lisier	Fiche 24 – RMT Elevage et Envi2019
	bovins_lisier_bio	Fiche 24 – RMT Elevage et Envi2019
fu_caprins	caprins_fumier	Fiche 28 – RMT Elevage et Envi2019
	caprins_fumier_bio	Fiche 28 – RMT Elevage et Envi2019
fu_equides	equides_fumier_courant	Equipedia - composition fumier cheval
fu_ovins	ovins_fumier	Fiche 27 – RMT Elevage et Envi2019
fu_ovins	ovins_fumier_bio	Fiche 27 – RMT Elevage et Envi2019
li_volailles	palmipede_lisier	Fiches 36 et 37 selon effectifs (56% lisier canard à rôtir et 44% canard gras)
fi_volailles	pondeuses_alter_fientes	Fiche 35- RMT Elevage et Envi2019
	pondeuses_bio_fientes	Fiche 35- RMT Elevage et Envi2019
	pondeuses_cage_fientes	Fiche 38 – RMT Elevage et Envi2019
fu_porcins	porcins_fumier_charcutiers	Fiche 14 – RMT Elevage et Envi2019
	porcins_fumier_charcutiers_bio	Fiche 14 – RMT Elevage et Envi2019
li_porcins	porcins_lisier_NE	Fiche 11 – RMT Elevage et Envi2019
fu_volailles	poulet_chair_fumier_bio	Fiche 31 – RMT Elevage et Envi2019
	poulet_chair_fumier_LR_AOP	Fiche 31 – RMT Elevage et Envi2019
	poulet_chair_fumier_standard_ccp	Fiche 32 – RMT Elevage et Envi2019

Estimation du taux d'utilisation potentiel en AB - effluents issus d'élevages non industriels

La définition d'élevage industriel utilisée en France (et en attente de la proposition d'harmonisation européenne) repose sur deux critères cumulatifs et ne s'applique que pour les élevages de volailles et de porcins.

Tableau 5: Définition d'élevage industriel au sens du CNAB

Critères	Conditions élevages de porcins	Conditions élevages de volailles
Critère 1 : type de sol	Exclusion des systèmes caillebotis ou grilles intégral	Exclusion des systèmes cages
Critère 2 : taille d'élevage - annexe I de la directive N° 2011/92/UE	Exclusion des élevages > 3 000 emplacements pour porcs de production de plus de 30 kilogrammes ou > à 900 emplacements pour truies.	Exclusion des élevages > de 85 000 emplacements pour poulets ou de 60 000 emplacements pour poules pondeuses.

Les statistiques existantes ne permettent pas de combiner les deux critères, nous nous sommes appuyés sur les données Agreste (SAA, pratiques d'élevages), BD porcins et du MTES (Ministère de la Transition écologique et solidaire) pour estimer la part des effluents non issus d'élevages industriels. Les données du MTES sont issues d'une base de données suivant les élevages ICPE soumis à autorisation qui relèvent directement de la directive relative aux émissions industrielles IED 2010/75/UE dont les seuils sont plus faibles que ceux définis en annexe I de la directive N° 2011/92/UE. Ceux-ci s'élevaient à 750 places de truies ou 2000 places de porcins et 40 000 places de volailles.

Critère 1 : Type de sol

D'après l'enquête Agreste sur les pratiques d'élevages de 2015, environ 90% des porcins étaient élevés sur caillebotis.

En volailles, les élevages en cage ne concernent que les pondeuses. La proportion de poules pondeuses élevées en cage a fortement diminué pour atteindre un peu moins de la moitié des places (44%) des bâtiments en 2020.

Tableau 6: Critère 1 - Part des effectifs de volailles et de porcins en fonction du type de sol

Critère 1 : Type de sol	%	Unité	Sources	Année
Porcins sur caillebotis	90%	Effectif	Agreste- pratiques élevages 2015	2015
Pondeuses en cage	44%	Places	ITAVI	2020

Critère 2 : taille des élevages

Les données concernant les tailles d'élevages sont plus difficiles à approcher. Nous avons mobilisé des données d'effectifs et de places.

En porcins, nous nous sommes appuyés sur les données issues de la BD porcins fournies par l'IFIP pour les effectifs et les données du MTES pour les places (nombre de place des porcins élevés au sein d'élevages soumis à la directive IED. D'après les données de l'IFIP et en partant sur un ratio moyen de porcins produits par place, 18% de la production de porcins charcutiers serait le fait d'élevages produisant plus de 10 000 porcins par an. D'après les données du MTES, les élevages soumis à la directive IED (> 2000 porcins ou >750 truies) représenteraient 35% des places de porcins charcutiers et 22% des places de truies. Ces données du MTES, contrairement à celles de l'IFIP représente un potentiel de production et peuvent donc surestimer la part des élevages concernés. Nous avons retenu l'hypothèse moyenne de ces estimations **soit 25% des effectifs de porcins charcutiers et de truies pouvant être issus d'élevages industriels.**

En volailles, seules les données du MTES permettent d'approcher la part des élevages soumis à la directive IED mais ces données ne distinguent pas les élevages de chair des élevages de poules pondeuses. Comme pour les porcins, les données du MTES ne mesurent pas les effectifs présents mais le nombre de place. Ainsi le nombre d'élevages de volailles disposant de plus de 40 000 places représenterait environ 66% en équivalent de l'effectif national de volailles.

Les données d'Agreste (Pratiques d'élevage, 2015) basée sur 9892 élevages de volailles de chair enquêtés de volailles montrent que Le nombre de place ou l'effectif de volailles issus d'élevages ayant

entre 40 000 et 60 000 places demeure inconnu. A défaut d'autres données, nous avons retenu l'hypothèse que **66% des effectifs de volailles (pondeuse et chair) produits en France pouvaient être issus d'élevages industriels**.

Le critère type de sol n'étant pas limitant, la part des effluents d'élevages conventionnels non industriels au sens de la définition du CNAB est estimée à **75%** pour les porcins et à **34%** pour les volailles.

Tableau 7: Critère 2 - Part des effectifs de volailles et de porcins en fonction de la taille des élevages

Critère 2: Seuils en fonction du nombre de places	Données	Sources	Total national	Sources	% de l'effectif au-dessus des seuils	% effluents utilisables en AB
Effectif total de porcs à l'engrais produit par des élevages produisant plus de 10 000 porcs charcutiers par an soit > 3000 places équivalents	4 205 260	IFIP - BDPorcs	23 207 729	IFIP - BDPorcs	18%	75%
Nombre de places pour porcs de + 30 kg élevés au sein d'exploitations soumises à la directive IED (>2000 porcs)	2 559 514	MTES	7 299 575	Agreste - SAA	35%	
Nombre de places pour truies élevées au sein d'exploitations soumises à la directive IED (>750 truies)	226 846	MTES	1 015 328	Agreste - SAA	22%	
Nombre de places pour volailles (chair et pondeuses confondues) élevées au sein d'exploitations soumises à la directive IED (> 40 000 places)	191 768 418	MTES	290 622 000	Agreste - SAA	66%	34%

Source : AND d'après MTES, IFIP, Agreste

La part des effluents utilisables en AB varie selon les types d'animaux et les élevages. Ce potentiel s'élève à 100% pour les effluents issus d'exploitations biologiques, pour les effluents issus d'élevages de ruminants et pour les élevages ne répondant pas à au moins un des deux critères. Ce taux est inférieur à 100% pour les effluents issus d'élevages de volailles et de porcins « conventionnels » dont une partie est considérée comme industrielle au sens de la définition du CNAB.

Tableau 8: Estimation du taux d'utilisation potentiel en AB

Id_MAFOR	Taux d'utilisation en AB	Explication
bovins_fumier_litiere	100%	Espèce hors périmètre de la définition d'élevage industriel
bovins_fumier_litiere_bio	100%	Elevage biologique
bovins_lisier	100%	Espèce hors périmètre de la définition d'élevage industriel
bovins_lisier_bio	100%	Elevage biologique
caprins_fumier	100%	Espèce hors périmètre de la définition d'élevage industriel
caprins_fumier_bio	100%	Elevage biologique
equides_fumier_courant	100%	Espèce hors périmètre de la définition d'élevage industriel
ovins_fumier	100%	Espèce hors périmètre de la définition d'élevage industriel
ovins_fumier_bio	100%	Elevage biologique
palmipede_lisier	34%	Estimation AND d'après données MTES et Agreste : environ 34% des effectifs de volailles sont en dessous des seuils de la directive IED (< 40 000 places de volailles)
pondeuses_alter_fientes	100%	Elevage non en cage incluant élevage plein air et Label Rouge
pondeuses_bio_fientes	100%	Elevage biologique
pondeuses_cage_fientes	34%	Estimation AND d'après données MTES et Agreste : environ 34% des effectifs de volailles en dessous des seuils de la directive IED (< 40 000 places de volailles)
porcins_fumier_charcutiers	75%	Estimation AND d'après données MTES , Agreste et IFIP : environ 75% des effectifs de porcs charcutiers sont produits par des élevages ayant moins de 3000 places
porcins_fumier_charcutiers_bio	100%	Elevage biologique
porcins_lisier_NE	75%	Estimation AND d'après données MTES et Agreste et IFIP : environ 75% des effectifs de porcs charcutiers sont produits par des élevages ayant moins de 3000 places
poulet_chair_fumier_bio	100%	Elevage biologique
poulet_chair_fumier_LR_AOP	100%	Elevage non en cage incluant élevages Label Rouge et AOC

poulet_chair_fumier_standard_ccp	34%	Estimation AND d'après données MTES et Agreste : environ 34% des effectifs de volailles sont en dessous des seuils de la directive IED (< 40 000 places de volailles)
----------------------------------	-----	---

Source : AND International d'après MTES, Agreste, IFIP.

Estimation du gisement d'effluents bruts mobilisables et utilisables en AB par région

Le gisement mobilisable utilisable en AB (volumes effluents d'élevages collectables non bio + volumes effluents totaux bio) est évalué à **108 Mt MB**. Les principales régions sont les grands territoires d'élevages : Pays de la Loire, Auvergne-Rhône-Alpes Bretagne, Normandie et Grand Est.

Tableau 9: Estimation du gisement d'effluents d'élevage mobilisable et du gisement utilisable en AB en milliers de tMB (ktMB) en France

Régions	Gisement mobilisable en ktMB	Gisement mobilisable UAB en ktMB	% du gisement utilisable en AB
Auvergne-Rhône-Alpes	12 951	12 643	12%
Bourgogne-Franche-Comté	8 382	8 207	8%
Bretagne	21 740	18 109	17%
Centre-Val de Loire	3 149	2 975	3%
Corse	78	77	0%
Grand Est	10 168	9 985	9%
Guadeloupe	172	135	0%
Guyane	70	61	0%
Hauts-de-France	8 078	7 766	7%
Île-de-France	416	409	0%
La Réunion	524	242	0%
Martinique	100	68	0%
Mayotte	93	76	0%
Normandie	11 899	11 562	11%
Nouvelle-Aquitaine	13 933	12 240	11%
Occitanie	8 826	8 069	7%
Pays de la Loire	16 358	14 594	14%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	791	779	1%
Total général	117 729	107 998	100%

Source : élaboration AND d'après ELBA, SAA et sources diverses

Les effluents d'élevages mobilisables et utilisables en AB représentent environ 652 kt d'azote total ,340 kt pour le phosphore et 890 kt pour le potassium. Les élevages bovins constituent la première source de NPK. Les effluents issus des élevages biologiques et alternatifs (poulet chair fumier LR APP et poudeuses alter fientes) constituent environ 10% de l'azote total, 13% du phosphore et 10% du potassium.

Tableau 10: Estimation du gisement NPK total issus des effluents d'élevage en tonnes utilisables en AB

Effluents d'élevages	Ntotal en tonnes	%	P2O5total en tonnes	%	K2Ototal en tonnes	%
bovins_fumier_litiere	348 741	53%	165 504	49%	561 531	63%
equides_fumier_courant	67 952	10%	26 723	8%	74 823	8%
bovins_lisier	52 447	8%	23 138	7%	55 532	6%
porcins_lisier_NE	49 106	8%	29 464	9%	35 076	4%
bovins_fumier_litiere_bio	39 962	6%	18 965	6%	64 346	7%
poulet_chair_fumier_standard_ccp	18 892	3%	12 681	4%	16 390	2%
poudeuses_cage_fientes	16 850	3%	16 125	5%	10 963	1%
ovins_fumier	10 540	2%	6 292	2%	18 877	2%
poulet_chair_fumier_LR_AOP	9 301	1%	8 308	2%	8 578	1%
palmipede_lisier	8 553	1%	3 066	1%	3 019	0%
caprins_fumier	7 550	1%	6 436	2%	14 852	2%
bovins_lisier_bio	6 048	1%	2 668	1%	6 404	1%
porcins_fumier_charcutiers	4 677	1%	3 832	1%	6 966	1%

pondeuses_alter_fientes	4 101	1%	6 544	2%	4 139	0%
pondeuses_bio_fientes	3 610	1%	5 760	2%	3 643	0%
poulet_chair_fumier_bio	1 758	0%	1 570	0%	1 622	0%
ovins_fumier_bio	1 094	0%	653	0%	1 959	0%
caprins_fumier_bio	1 002	0%	854	0%	1 971	0%
porcins_fumier_charcutiers_bio	216	0%	177	0%	322	0%
Total général	652 400	100%	338 759	100%	891 013	100%

Source : AND International

L'azote efficace apporté par les effluents d'élevages mobilisables et utilisables en AB est compris entre estimé **146 kt (Ntotal_eq_min)** et **252 kt (Ntotal_eq_max)** à l'échelle nationale (**DOM inclus**) en incluant les arrières effets (56 kt).

Les fumiers de bovins représentent la première ressource d'azote efficace mobilisable suivie des lisiers de porcins et de bovins ainsi que des fumiers d'équidés. Les effluents **issus des élevages biologiques représenteraient 9% de l'azote efficace total apporté par l'ensemble des effluents d'élevages mobilisables et utilisables en AB.**

Tableau 11: Estimation des quantités d'azote efficace maximal (Ntotal_eq_max) et miniamble (Ntotal_eq_min) incluant les arrières-effets (Ntotal_eq_orga) ; issues des effluents d'élevage utilisables en AB en tonnes

Effluents d'élevages	Ntotal_eq_max	%	Ntotal_eq_min	%	Dont Ntotal_eq_orga
bovins_fumier_litiere	111 597	44,2%	76 723	52,4%	34 874
bovins_fumier_litiere_bio	12 788	5,1%	8 792	6,0%	3 996
bovins_lisier	27 273	10,8%	8 916	6,1%	1 049
bovins_lisier_bio	3 145	1,2%	1 028	0,7%	121
caprins_fumier	2 642	1,0%	1 887	1,3%	755
caprins_fumier_bio	351	0,1%	250	0,2%	100
equides_fumier_courant	16 988	6,7%	16 988	11,6%	6 795
ovins_fumier	3 689	1,5%	2 635	1,8%	1 054
ovins_fumier_bio	383	0,2%	273	0,2%	109
palmipede_lisier	7 013	2,8%	3 592	2,5%	171
pondeuses_alter_fientes	2 871	1,1%	1 230	0,8%	410
pondeuses_bio_fientes	2 527	1,0%	1 083	0,7%	361
pondeuses_cage_fientes	11 795	4,7%	5 055	3,5%	1 685
porcins_fumier_charcutiers	2 573	1,0%	1 029	0,7%	468
porcins_fumier_charcutiers_bio	119	0,0%	48	0,0%	22
porcins_lisier_NE	28 482	11,3%	10 803	7,4%	982
poulet_chair_fumier_bio	1 055	0,4%	352	0,2%	176
poulet_chair_fumier_LR_AOP	5 580	2,2%	1 860	1,3%	930
poulet_chair_fumier_standard_ccp	11 335	4,5%	3 778	2,6%	1 889
Total	252 205	100,0%	146 324	100,0%	55 948

Source : AND International

2.3.2.2 Composts utilisant des effluents d'élevage – non inclus dans le calcul du gisement total

Pour éviter un double comptage avec les effluents bruts, ce gisement a été isolé et les volumes estimés n'ont pas été intégrés dans le calcul du gisement total de MAFOR UAB. En effet, les données disponibles ne permettent pas de tracer les types d'élevages concernés dont les composts sont issus.

Données générales sur le compostage d'effluents d'élevage

L'enquête Pratiques culturales (Agreste 2011) estime à 4,2 Mt MB la quantité de compost d'effluents d'élevage épandue. Ce compost est majoritairement issu de l'élevage bovin, mais la proportion n'est pas connue. Ces 4,2 Mt MB de compost correspondent approximativement au compostage de 8,4 Mt

MB d'effluents bruts en considérant un facteur de réduction de masse de 50% au cours du processus de compostage⁵.

Par ailleurs, les données de l'enquête ITOM 2018 (Installations de Traitement des Ordures Ménagères) montrent que sur les 8,3 MT MS de compost produits par les plates-formes de compostage en France, seules 1% des matières premières utilisées étaient des effluents d'élevage de type fumier ou lisier soit environ 83 000 tonnes.

Entre le compostage à la ferme et le compostage des plateformes valorisant les ordures ménagères, ce serait environ 8,5 Mt MB d'effluents d'élevage qui seraient valorisés à travers ce processus en France, soit 7% des effluents bruts d'élevages mobilisables.

2.3.2.3 Digestats de méthanisation – non inclus dans le calcul du gisement total

Pour éviter un double comptage avec les effluents bruts, l'évaluation de ce gisement a été isolée et les volumes estimés n'ont pas été intégrés dans le calcul du gisement total de MAFOR UAB.

Données générales sur la méthanisation et la production de digestats

Au 1er janvier 2021, on dénombrait en France 1 018 unités de méthanisation (SINOE, 2021⁶) pour une capacité totale de 4,43 TWh. La méthanisation à la ferme représente la majorité des unités existantes mais un tiers de la capacité de transformation nationale avec 7 Mt MB sur 21 Mt MB entrants dans les méthaniseurs en France. Les autres unités de méthanisation utilisent 14 Mt de MB (station d'épuration, industrie, méthanisation centralisée et unités spécialisées dans les déchets ménagers). La capacité française de méthaniseurs est amenée à changer encore d'échelle pour atteindre entre 90 et 150 TWh en 2050 (Solagro, 2021).

La filière exerce une pression sur le gisement en MAFOR, notamment par le recours aux effluents d'élevage qui représente en moyenne 40 % des matières fermentescibles mobilisées dans le cas de la méthanisation à la ferme (SINOE, Ademe, 2021). Cependant, après fermentation, les unités produisent d'importantes quantités de digestats aux valeurs fertilisantes intéressantes notamment en culture Bio, avec une partie de l'azote sous forme ammoniacale et disponible rapidement pour les cultures.

Estimation du taux d'utilisation potentiel en AB

Pour pouvoir être utilisés sur les cultures en agriculture biologique, les digestats doivent être issus de méthaniseurs qui sont alimentés uniquement avec des matières listées à l'annexe II du règlement européen 2018/848. Les digestats utilisant les matières suivantes ne sont pas utilisables en AB :

- Des effluents issus d'élevages industriels ;
- Des déchets alimentaires non triés à la source (issus notamment du tri mécano biologique TMB) ;
- Des déchets alimentaires triés à la source et non issus des ménages (GMS, restaurateurs, etc...) ;
- Des boues de station d'épuration ;
- D'autres matières non listées à l'annexe II du règlement n°848/2018.

La part des agriculteurs biologiques dans l'approvisionnement du parc français de méthaniseurs en matières fermentescibles n'est pas connue.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul du gisement

L'estimation du gisement s'est appuyée sur les dernières données 2020 de l'observatoire de la méthanisation (SINOE, Ademe 2021) afin de prendre en compte l'essor de la méthanisation en France. Du fait des restrictions d'utilisation en AB citées au-dessus, les digestats issus des méthaniseurs autres que ceux à la ferme (centralisée, déchets ménagers, station d'épuration, industrie.) ont été exclus. Parmi les méthaniseurs à la ferme, l'association des agriculteurs méthaniseurs de France (AAMF) considère approximativement qu'un tiers des unités produit des digestats sont utilisables en AB. L'ATEE Biogaz confirme que ce chiffre est cohérent. **Nous retenons l'hypothèse qu'un tiers des digestats** issus de méthaniseurs à la ferme est utilisable en AB.

⁵ Chambre Régionale d'Agriculture d'Occitanie, Guide de compostage à la ferme, 2019.

⁶ SINOE, Ademe, « Chiffres clés du parc d'unités de méthanisation en France au 1er janvier 2021 »

L'évaluation de la quantité de digestat produite à la ferme est basée sur les capacités de transformation de Mt MB enregistrées par l'Ademe au 31/12/2020. Les données de l'Ademe offrent l'avantage de donner la répartition de ces capacités par région. Cette répartition est utilisée comme clé de répartition pour le gisement de digestat produit.

L'Ademe donne les capacités de transformation de matières brutes du parc de méthaniseur à la ferme, mais ne donne pas les quantités de digestat produites. Pour estimer ces quantités de digestat brut (phase liquide et solide mélangée), un coefficient de 1 pour 1 a été appliqué aux capacités de transformation. Pour convertir ce gisement de digestat brut en éléments fertilisants, nous nous basons sur une composition moyenne du digestat brut de méthaniseur à la ferme à 12,5 % de taux de MS avec 6,52 % d'azote, 1,28 % de phosphore et 4,96 % de potassium (Esco MAFOR, 2014). Les coefficients d'équivalence en engrais minéral sont repris de la base de données FertiOrga d'Arvalis.

Estimation du gisement de digestats de méthanisation utilisable en AB par région

Le gisement de digestats total est estimé à 842 kt MS dont 278 kt MS utilisables en AB. Ce gisement est mobilisable en proximité des unités de méthanisation, du fait de la teneur en eau importante de ces produits (12,5% de MS). Le gisement des digestats est un gisement de fertilité qui compte sur les territoires et qui comptera encore plus à l'avenir avec le développement des capacités de méthanisation. Cette tendance peut à la fois capter comme matières fermentescibles une partie du gisement fertilisant UAB (notamment les effluents d'élevage), mais également restituer des fertilisants aux cultures biologiques.

Tableau 12: Estimation du gisement de digestats mobilisable et utilisable en AB par région en France en tMS

Régions	Gisement total en tMS	Gisement mobilisable UAB	%
Auvergne-Rhône-Alpes	51 057	16 849	6%
Bourgogne-Franche-Comté	75 992	25 077	9%
Bretagne	130 612	43 102	16%
Centre-Val de Loire	28 497	9 404	3%
Corse	0	0	0%
Grand Est	182 857	60 343	22%
Guadeloupe	0	0	0%
Guyane	0	0	0%
Hauts-de-France	87 866	28 996	10%
Île-de-France	22 560	7 445	3%
La Réunion	0	0	0%
Martinique	0	0	0%
Mayotte	0	0	0%
Normandie	105 677	34 873	13%
Nouvelle-Aquitaine	52 245	17 241	6%
Occitanie	26 122	8 620	3%
Pays de la Loire	77 180	25 469	9%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1 187	392	0%
Grand Total	841 852	277 811	100%

Source : AND

Les digestats UAB pourraient apporter 1 811 tonnes d'azote, 356 tonnes de phosphore et 1 378 tonnes de potassium. Avec une part ammoniacale importante et la prise en compte des arrières-effets, les digestats de méthanisation pourraient apporter 1 268 t azote efficace.

Tableau 13 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais issus de la méthanisation UAB

Digestats de méthanisation	N total	P2O5 total	K2O total
Total	1 811	356	1378
Total équivalent engrais (avec inclusion des arrières-effets pour N)	1 268	302	1378

Synthèse et perspective pour les digestats en AB

Les digestats de méthanisation présentent des valeurs intéressantes pour fertiliser les cultures en AB à proximité des digesteurs. Cependant seul 1/3 de ce gisement serait disponible pour les cultures biologiques (selon l'AAMF). En effet, lorsqu'est incorporée une matière non inscrite dans un méthaniseur, c'est l'ensemble des digestats qui n'est plus considéré comme UAB, réduisant d'autant le gisement UAB. Il est probable que le ratio de 1/3 ici utilisé soit plus faible pour les régions fortement urbanisées (recevant des déchets alimentaires des gros producteurs), et vice versa pour les régions peu peuplées, mais en l'absence de données fiables, le taux de 1/3 a été appliqué de façon uniforme à l'ensemble des régions.

La taille du gisement de digestat disponible pour les cultures biologiques est donc à géométrie variable et dépend en grande partie de la réglementation. La définition de l'élevage industriel a son importance qui a été estimée et quantifiée pour les effluents. Cependant les restrictions liées à l'usage des déchets alimentaires hors ménage ont également une incidence forte sur le disponible UAB dans les secteurs à proximité des zones urbanisées. En effet, l'obligation (loi Grenelle) pour les gros producteurs de déchets organiques de trouver une filière de valorisation a mis à contribution de nombreux méthaniseurs à la ferme autour des villes pour structurer le recyclage et organiser le retour au sol. Ce faisant, ces unités se trouvent exclues de la possibilité d'épandage sur des cultures biologiques. Certains acteurs pointent une incohérence réglementaire vu que les biodéchets alimentaires des ménages triés à la source et fermentés ou compostés sont UAB, et qu'ils sont de même nature. Par ailleurs nos entretiens préliminaires, tendent à montrer que sauf exceptions, le gain d'opportunité lié à la présence d'un gisement de produit méthanisable non UAB est plus fort que l'intérêt de préserver une production de digestat UAB sur l'unité de méthanisation.

La méthanisation est amenée à connaître encore un développement important en France avec une multiplication par 20 ou 30 des capacités (prospective Vision 2050 de ADEME et SNBC (Stratégie Nationale Bas-Carbone) pour les valeurs basses et scénario négaWatt pour la valeur haute). Cela implique un taux de captage beaucoup plus important des effluents d'élevage dont la contribution se stabiliserait à un équivalent de 20-30 TWh, selon Solagro⁷. La quantité d'effluents d'élevage méthanisée à la ferme est actuellement estimée à 2,8 Mt MB (40 % des capacités totales 2020 de 7 Mt MB que donne les chiffres SINOE, Ademe 2021).

Méthode de prise en compte pour la prospective en phase 3

Le pouvoir méthanogène des effluents d'élevage est très variable. Les lisiers porcins ont des valeurs faibles et les fientes de volaille et fumiers de volaille des valeurs plus élevées. Les fumiers de bovins qui représentent la plus grande part des effluents d'élevage se situent entre les deux. Il a donc été choisi de se baser sur une valeur moyenne de pouvoir méthanogène des effluents d'élevage sur la base de celui des bovins à 0,26 TWh/MtMB. Ce ratio est utilisé comme base de calcul pour convertir la quantité d'énergie produite par les effluents d'élevage, en MtMB d'effluents mobilisés.

Par exemple, sachant que selon le scénario Afterres (Négawatt-Solagro) les effluents d'élevage contribueraient à la production de 20 – 30 TWh de biométhane en 2050, l'emprise sur le gisement serait de 20 /0,26 à 30/0,26 soit de 77 à 115 MtMB d'emprise sur les effluents.

2.3.1 Importations de MAFOR

2.3.1.1 Importations de MAFOR d'origine agricoles issues de l'Union Européenne

La France est importatrice nette de MAFOR, comme l'attestent les statistiques douanières disponibles sur les engrais organiques. Selon l'AFAÏA, la très grande majorité de ces importations se fait sous forme de fientes séchées issues d'élevages de volailles de grande taille (environ >100 000 places et au-delà, de poules pondeuses), et équipés de séchoirs qui sont très majoritairement en provenance de Belgique (Flandre). La France est faiblement exportatrice de MAFOR avec 43 000 t exportées d'engrais organiques en gros conditionnement (Douanes, 2020).

Les importations se font essentiellement depuis la Belgique. Les importations en MAFOR ont ainsi totalisé 873 930 t de matière brute séchée en 2020 et 926 082 t en 2019, selon l'enquête du bureau flamand, VCM vzw (données VLM Mestbank). Pour l'étude, nous retenons une moyenne de 900 000 t

⁷ Solagro, La méthanisation dans le mix énergétique : enjeux, impacts et propositions, juin 2021

en provenance de ce pays. Les importations en provenance d'Espagne totalisent entre 50 et 60 000 t en quasi-totalité UAB. Les autres sources (principalement l'Italie) totalisent environ 50 000 t de produits. Selon l'AFAIA, ce sont ainsi environ 1,3 à 1,4 Mt de produits bruts UAB qui sont importés en France.

Tableau 14 : Quantités moyennes importées (tMB) sur le territoire national

Importations de MAFOR UAB	Belgique	Espagne	Autres	Total import
Volume (t MB)	900 000	60 000	50 000	1 010 000

Source : VCM et AFAIA

Estimation du taux d'utilisation potentiel en AB

Ces sources sont très majoritairement estampillées UAB, selon les professionnels interrogés, qui émettent cependant des réserves quant aux possibilités de contrôle de la conformité des élevages aux seuils de l'agriculture industrielle. En effet, les fientes proviennent majoritairement d'élevages de grandes taille largement supérieurs aux seuils d'élevage industriel définis par le CNAB.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul du gisement

A défaut d'information précise par type d'effluent et sur la base des informations communiquées par les experts, la totalité des volumes a été convertie en équivalent fientes séchées, **en considérant que les matières autres que fientes séchées avaient la même composition que les fientes**. Ce choix méthodologique est assumé par le fait que la grande majorité de ce marché est constitué de fientes de volailles séchées (AFAIA, 2021). Les quantités importées dépendent de la présence de séchoirs dans ces élevages de volailles. Ces volumes sont considérés en très grande majorité comme UAB.

Ce flux d'importation intra-UE représenterait 6 800 tonnes d'azote, 11 000 tonnes de phosphore et 8 800 tonnes de potassium en équivalent engrais.

Tableau 15 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR importées d'UE en France (t).

Fientes volailles importées UE	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	13 564	12 981	8 825
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	6 782	11 033	8 825

Source : AND International d'après AFAIA

2.3.1.2 Importations de MAFOR d'origine industrielle issues des pays tiers

Les importations en provenance des pays tiers sont estimées à un niveau assez faible par l'AFAIA. Elles seraient de l'ordre de 50 000 t. Les douanes donnent le chiffre d'environ 26 000 t en 2020 (pour le code douanier engrais d'origine animale ou végétale) contre à peine plus de 3 500 t en 2019. Ces importations – à plus de 85 % en provenance de Chine - se font sous la forme de « billes noires ». Les marques commerciales les plus connues sont l'Orgamax ou l'Azopril. Ces produits UAB fabriqués en Chine à partir de coproduits de la canne à sucre (Brésil) sont concentrés en azote (de 11 à 13 %). La part importante d'azote ammoniacale dans ces produits assure en outre une biodisponibilité rapide de l'élément. Ces engrais sont faciles d'emploi en comparaison aux fientes. Sur la base de 50 000 t importées, cela représente 6 500 t d'élément azote disponible pour les cultures bio. Cette ressource est cependant critiquée du fait de l'opacité du mode de production qui pourrait à terme remettre en cause l'inscription du gisement comme UAB.

Les importations de MAFOR hors UE importées seraient peu significatives et représenteraient moins de 200 tonnes d'azote efficace, 50 tonnes de phosphore et 100 tonnes de potassium équivalent engrais.

Tableau 16 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR importées en France (t) hors UE.

Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	650	50	100
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	195	50	100

Source : AND International

2.3.2 MAFOR d'origine forestière

Les MAFOR d'origine forestière incluent les cendres issues de chaudières biomasse et les co-produits bois. En effet, les résidus sylvicoles qui ne sont pas valorisés énergétiquement et sont généralement laissés sur les sols forestiers pour préserver leur qualité (ICARE & Consult, 2020).

2.3.2.1 Cendres

Données générales

D'après le webinaire technique du 18 février 2021 organisé par le Réseau Interprofessionnel des Sous-Produits Organiques (RISPO), la production de cendres des chaufferies biomasse s'élève chaque année à près de 245 000 tonnes de matière brute par an, dont 217 200 tonnes de cendres sous foyer. En reprenant l'hypothèse de l'étude ICARE selon laquelle seules les cendres sous foyer sont valorisables, le gisement s'élève à 217 200 tonnes. Sur la base du taux de valorisation de l'étude RECORD, qui estime que 70-80% des cendres sous foyer sont épandues en agriculture, le volume de cendres actuellement valorisées en agriculture serait de 162 900 tonnes.

Description des MAFOR d'origine forestière

Les cendres représentent le résidu de la combustion, de l'incinération, de la pyrolyse de diverses matières organiques et minérales végétales, naturelles et non fossiles (bois, végétaux). D'après l'étude RECORD, l'épandage est davantage privilégié pour les chaufferies collectives ou pour les installations de très grande taille, et moins dans le secteur de l'industrie du bois où les cendres sont majoritairement enfouies en décharge. Il n'existe pas de chiffres précis sur les flux de cendres épandues en agriculture mais on peut les estimer sur la base d'informations fournies par les exploitants et le CIBE à 70-80 % des flux de cendres sous foyer.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul du gisement

L'estimation du gisement de cendres s'est basée sur des données CEDEN (webinaire technique du 18 février 2021 organisé par le RISPO). La répartition régionale s'est faite sur la base des données ADEME de production de chaleur des chaufferies biomasse. La caractérisation des cendres s'est appuyée sur les compositions moyennes présentées dans le webinaire technique RISPO. Le taux d'azote efficace choisi (25%) a été repris de l'étude ICARE.

Estimation du gisement utilisable en AB

Pour être utilisables en agriculture biologique, les cendres doivent être issues de bois non traités chimiquement après abattage, ce qui est le cas de la majorité du bois utilisé en chaufferie biomasse. Le taux d'utilisation AB retenu est donc de 100%.

Le gisement total de cendres utilisable en AB de biomasse est estimé ainsi à **0,163 Mt MS en France**. Les principales régions sont les grandes régions forestières : Grand Est, Auvergne-Rhône-Alpes.

Les apports de NPK par les cendres de chaudière biomasse sont estimés à un total de 33 tonnes d'unités d'azote, 3350 tonnes d'unités de P2O5 et 8210 tonnes d'unités de K2O. Cela représenterait à peine 8 tonnes d'unités d'azote efficace.

Tableau 17: Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR d'origine forestière UAB en tMS

Cendres de biomasse en tonnes	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	33	3 356	8 210
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	8	3 356	8 210

Source : AND International, d'après RECORD, RISPO et Agreste

2.3.2.2 Potentiel de compost de co-produits bois

Ce MAFOR n'est pas encore mobilisable pour l'agriculture mais pourrait présenter une ressource significative.

Données générales sur le gisement de co-produits bois

La filière forêt-bois génère de multiples produits annexes de la sylviculture (produits d'éclaircie, et menus-bois provenant des houppiers) et de produits connexes de la première transformation du bois

(produits connexes de scierie- PCS) utilisés par les industriels de la pâte à papier et des panneaux de process comme matières premières secondaires (MPS). Le développement du recyclage du papier et du bois, poussé par la réglementation, réduit les découchés traditionnels des PCS et nécessite la recherche de nouveaux débouchés alternatifs. Ces produits peuvent ainsi constituer des supports de compostage. Le gisement total de plaquettes forestières et de produits connexes de scierie s'élève à 10,77Mt de MS en 2019 (France Filière Bois, 2020).

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul du gisement

La quantification du gisement de compost de co-produits bois s'est basée sur des données de France Forêt Bois. La caractérisation du compost s'est appuyée sur les compositions moyennes des compost issus de bois d'élagage tels que décrit dans la publication Compost Déchets verts - fiche technique (ADEME, 2015). A ce jour le taux de collecte de ces produits à destination de plateformes de compostage est inconnu et supposé marginal.

Estimation du taux d'utilisation en AB

Pour être utilisables en agriculture biologique, les co-produits bois doivent être issues de bois non traités chimiquement après abattage, ce qui est le cas de la majorité du bois utilisé en scierie. Le taux d'utilisation en AB retenu est donc de 100%.

Estimation du gisement brut utilisable en AB par région

Le compostage des coproduits bois conduit à l'application d'un coefficient de 33% de réduction sur le gisement total de plaquettes forestières et de produits connexes de scierie. Le gisement potentiellement mobilisable de compost de coproduits bois est estimé à 3,66 Mt de MB. Les principales régions sont les grandes régions forestières : Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne Franche Comté et Grand Est.

Les apports de NPK par les composts de coproduits bois sont estimés à un total de 12 577 tonnes d'unités d'azote, 7 121 tonnes d'unités de P₂O₅ et 10 357 tonnes d'unités de K₂O. Cela représenterait à peine 181 tonnes d'unités d'azote efficace et moins de 1200 tonnes de phosphore et 4000 tonnes de potassium en équivalent engrais.

Tableau 18: Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de compost de coproduits bois en tonnes

Potentiel compost de co produits bois	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Total en tonnes d'unités	12 577	7 121	10 357
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	181	1 196	3 985

Source ; AND d'après France Filière Bois

2.3.3 MAFOR d'origine industrielle

2.3.3.1 Produits ou sous-produits organiques d'origine animale

Données générales sur le gisement produits ou sous-produits d'origine animale

Les produits et sous-produits d'origine animale représentent 0,3% du gisement de MAFOR utilisable en AB, et 6% du gisement de MAFOR d'origine industrielle.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul des produits ou sous-produits d'origine animale

Les données de gisement national proviennent de l'Observatoire des Ressources en Biomasse (FranceAgriMer, 2020). L'estimation de la répartition régionale du gisement de farines animales C2 et PAT C3 se base sur la répartition régionale des sites de production des adhérents du SIFCO. L'estimation de la répartition régionale des coquilles d'œuf est réalisée sur la base du cheptel de poules pondeuses. La caractérisation des produits et sous-produits d'origine animale s'est appuyée sur les compositions moyennes présentées dans les fiches co-produits du projet VALORMAP.

Description des produits et sous-produits d'origine animale

Les produits et sous-produits d'origine animale utilisés comme fertilisants sont :

- **Les farines animales C2**, obtenues à partir des cadavres des animaux trouvés morts et des saisies sanitaires des porcs et des volailles (espèces réputées non sensibles aux maladies à prions). Elles sont également produites en site d'équarrissage. Depuis mars 2008, la valorisation des farines C2, sous certaines conditions, en tant qu'engrais organique. D'après l'ONRB, 20,6% farines animales C2 sont valorisés en fertilisant.
- **Les sous-produits de catégorie 3**, constitués des déchets d'abattoirs et de boucherie des ruminants, porcs, volailles et poissons reconnus propres à la consommation humaine, hors abats. Ils sont traités dans des sites de valorisation différents des sites d'équarrissage pour être transformés en protéines animales (PAT), en corps gras animaux (CGA) et en gélatine. Seules les protéines animales sont en partie valorisées en fertilisant. Ainsi, d'après le rapport d'activité 2019 du SIFCO, 7% des PAT C3 sont valorisées en fertilisant.
- **Les coquilles d'œufs**, issues du tri et du cassage. Elles subissent un processus d'hygiénisation par traitement thermique ou mélange à base de chaux.

Estimation du taux d'utilisation en AB

100% des farines animales C2 et des PAT C3 sont utilisables en agriculture biologique. Pour les coquilles d'œuf, seules celles issues d'élevages non industriels sont utilisables en AB. On considère donc les œufs issus d'élevage AB, Label rouge et Plein air, qui représentent 38% des effectifs de poules en France :

Tableau 19 : Effectifs de poules pondeuses par mode d'élevage en 2019

Effectifs pondeuses par mode d'élevage	Valeur (%)
Agriculture biologique	17
Label rouge	4
Plein air	17
Sol	11
Cage	52

Source : Estimations ITAVI d'après DGAL

En considérant un taux d'utilisation en ovoproduits similaire à celui des œufs bio on estime à 6% la part d'œufs coquille utilisables en agriculture biologique.

Tableau 20 : Estimation de la part d'œufs UAB mis en œuvre en casserie

Calcul de la part d'œufs bio dans les œufs utilisés en ovoproduits	Valeur	Unité	Sources
Nombre d'œufs bio utilisés en ovoproduits	136	Millions d'œufs	Agence Bio
Nombre d'œufs utilisés en ovoproduits	5 468	Millions d'œufs	ITAVI
Part d'œufs bio dans les ovoproduits	2,5	%	Estimation AND d'après ITAVI, Agence Bio
Part d'œufs Label rouge dans les ovoproduits	0,6	%	Calcul (2,5%*4/17)
Part d'œufs Plein air dans les ovoproduits	2,5	%	Calcul (2,5%*17/17)
Part d'œufs UAB mis en œuvre en casserie	5,6	%	

Source : Estimations AND d'après CNPO ; ITAVI, Agence bio

Estimation du gisement brut utilisable en AB

Le gisement total de produits et sous-produits d'origine animale mobilisable est estimé à **123 000 tMS dont 84 400 tMS utilisable en AB**. Le gisement est localisé dans les principales grandes régions d'élevage : Bretagne en premier lieu suivi des régions Auvergne-Rhône-Alpes, Grand Est, Nouvelle-Aquitaine, Normandie et Pays de la Loire.

Les apports de NPK par les produits et sous-produits d'origine animale sont estimés à un total de 3 700 tonnes d'unités d'azote, 2 500 tonnes d'unités de P2O5 et 250 tonnes d'unités de K2O. Cela représenterait 185 tonnes d'unités d'azote efficace, 2500 tonnes de phosphore et 246 tonnes de potassium en équivalent engrais.

Tableau 21 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de produits et sous-produits d'origine animale collectable et utilisable en AB en tonnes

Produits et sous-produits organiques d'origine animale pour engrais	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	3 658	2 527	246
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	185	2 527	246

Source : Estimations AND, d'après ONRB, Agreste

2.3.3.2 Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais

Données générales sur le gisement produits ou sous-produits d'origine végétale

Les produits et sous-produits d'origine végétale représentent 2,7% du gisement de MAFOR utilisable en AB, et 53% du gisement de MAFOR d'origine industrielle d'après la base de données.

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul des produits et sous-produits d'origine végétale

Les données de gisement national proviennent de l'Observatoire des Ressources en Biomasse – édition 2020. L'estimation de la répartition régionale des gisements de chaque produit ou sous-produit d'origine végétale s'est basée sur :

- Les surfaces cultivées (lies et bourbes de vin, marcs de raisins, rafles de raisins, pulpes de raisins déshydratées, pailles de lavande et lavandin),
- Les volumes produits (issues de silos – maïs et déchets d'usines de triage de pois et haricots verts),
- Les surfaces régionales de betterave.

La caractérisation des produits et sous-produits d'origine végétale s'est appuyée sur :

- Les compositions moyennes présentées dans les fiches co-produits du projet VALORMAP (lies et bourbes de vin, marcs de raisins, rafles de raisins, pulpes de raisins déshydratées),
- La fiche Sols vivants Bio sur les composts de paille lavande – lavandin (pailles de lavande et lavandin),
- Le bulletin n°27 Satege (écumes de sucrerie),
- La publication COMIFER teneurs en N des organes végétaux récoltés (issues de silos – maïs).

Description des produits et sous-produits d'origine végétale

Les produits et sous-produits d'origine animale utilisés comme fertilisants sont :

- Les **issues de maïs**. Elles proviennent des écarts de tri du maïs retirés lors de la phase de nettoyage des grains liée au à la collecte et au stockage. Elles sont principalement constituées de poussières, de follicules et de grains cassés. Il s'agit d'issues humides, pouvant avoir plusieurs destinations : compostage, alimentation animale et méthanisation. D'après l'ONRB, 12,5% des issues de maïs sont valorisées via le compostage. Cette valorisation relève d'opportunités locales, du fait d'une atomisation géographique des lieux de collecte et de stockage des grains et France contraintes logistiques qui en découlent.
- Les **pailles distillées de lavande et lavandin**. Il s'agit de résidus de la distillation des tiges et fleurs de lavande et lavandin récoltées en période estivale, dont la récolte peut s'effectuer en gerbes, en vert-broyé ou à l'épieur. L'utilisation en compostage concerne 100% des pailles récoltées en vert-broyé, 5% des pailles récoltées en gerbes en PACA, et 17% des pailles récoltées en gerbes en AURA. D'après l'organisation Sols Vivants D'après l'associations « Les sols vivants bio » (fiche matières organiques n°17), les pailles de lavande et lavandin après compostage représentent une ressource intéressante pour les exploitations en agriculture biologique. Compte tenu des coûts de transport, elles doivent être utilisées à proximité des lieux de production. Toutefois, contrairement aux éleveurs qui utilisent traditionnellement leurs fumiers, les pailles de lavande et de lavandin sont beaucoup moins utilisées par les lavandiculteurs. Ces pailles ont un statut de sous-produit et sont donc plus facilement « récupérables » par des agriculteurs biologiques intéressés par leur valorisation.
- Les **écumes de sucrerie**. Il s'agit du carbonate de chaux provenant de la purification du jus avec de la chaux vive (CaO) et du dioxyde de carbone (CO₂). Elles sont principalement composées de carbonate de calcium précipité ainsi que d'éléments minéraux et de matières organiques issus de la betterave sucrière. Les écumes sont commercialisées comme amendement du sol en raison de leur action neutralisante sur les sols acides et de leurs facultés

à en améliorer la structure. D'après l'ONRB, 100% des écumes de sucrerie sont valorisées en fertilisant.

- Les **déchets d'usines de triage de pois et haricots verts**. Il s'agit des écarts de triage correspondant aux pois et haricots verts dont l'aspect ou le calibre n'atteignent pas les normes de commercialisation ainsi que des peaux, pulpes, parties abîmées et non consommables des pois et haricots verts mis en œuvre dans les usines de conserve, de surgélation, de congélation et de 4^e gamme. Ces usines sont localisées dans les Hauts de France, Bretagne, Centre Val de Loire et Nouvelle-Aquitaine. Il s'agit d'une valorisation locale, à proximité des sites de transformation.
- Les **rafles de raisins et pulpes de raisins déshydratées**. Il s'agit des co-produits de la distillation du marc de raisins. Elles constituent 15 à 20 % du marc distillé. Elles sont séchées sur site après la distillation avant d'être utilisées comme amendements organiques en épandage direct ou en compostage. Il s'agit d'une valorisation très locale – dans un rayon de 10 kilomètres autour du site de distillation – du fait de contraintes logistiques.
- Les **marcs de raisins et lies de vins et bourbes**. Il s'agit des coproduits générés par le processus de fabrication de vins. Ce sont des résidus de pressurage des raisins frais, fermentés ou non. Entre 90 et 95 % des marcs de raisins, lies de vin et bourbes issus de la vinification sont valorisés par l'industrie de la distillation pour la production d'alcool. Le reste est valorisé soit en agronomie par l'épandage direct ou le compostage, soit en biogaz par la méthanisation.

Estimation du taux d'utilisation en AB

100% des produits et sous-produits d'origine végétale considérés sont utilisables en agriculture biologique.

Estimation du gisement brut utilisable en AB par région

Le gisement total de produits et sous-produits d'origine végétale mobilisable et utilisable en AB est estimé ainsi à **0,789 Mt MS en France**. Les principales régions sont les grandes régions productrices de betterave sucrière : Hauts-de-France, Grand Est, Centre-Val de Loire.

Les apports de NPK par les produits et sous-produits d'origine animale sont estimés à un total de 2900 tonnes d'unités d'azote, 7300 tonnes d'unités de P₂O₅ et 2900 tonnes d'unités de K₂O. Cela représenterait seulement 230 tonnes d'unités d'azote efficace.

Tableau 22 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de produits et sous-produits d'origine végétale collectable et utilisable en AB en tMS en France

Produits et sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Total en tonnes d'unités	2 906	7 294	2 888
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	232	7 294	2 888

Source : AND International, d'après ONRB et Agreste

2.3.3.3 Produits fertilisants élaborés fabriqués en France – non inclus dans le gisement

Les engrais élaborés font partie des ressources échangées sur le territoire qui permettent également d'équilibrer les apports en fertilisants. Selon l'AFAÏA (2021), la France, produit environ 300 000 t d'engrais élaborés, largement UAB (source Afaïa), pour un chiffre d'affaires de 80-90 millions d'euros. En prenant l'hypothèse d'une composition moyenne en minéraux NPK de 7-4-5, nous estimons la contribution de ce marché pour les différents éléments minéraux.

Ce gisement obtenu principalement à partir d'effluents d'élevage et de sous-produits animaux ou végétaux n'apparaît pas dans le calcul du gisement global pour éviter le risque de double comptage.

Les apports de NPK par les engrais organiques sont estimés à un total de 21 000 tonnes d'unités d'azote, 12 000 tonnes d'unités de P₂O₅ et 15 000 tonnes d'unités de K₂O. Cela représenterait entre 6300 et 10 500 d'unités d'azote efficace et 7 200 tonnes de phosphore équivalent engrais.

Tableau 23 : Estimation du gisement en minéraux des produits engrais organiques élaborés en France

Produits Engrais organiques élaborés UAB	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	21 000	12 000	15 000
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	6 300 – 10 500	7 200	15 000

Source : AND

2.3.3.4 Vinasse et extrait de vinasse

Généralités

Les vinasses sont issues de la distillation en alcool, de sous-produits sucrés et fermentés comme les mélasses de sucrerie, les marcs de raisins etc... Une filière de production de mélasse de blé issue de la production française d'éthanol (usines de Lillebonne et Bazancourt) existe également, mais ce gisement n'est pas identifié dans les observatoires de la biomasse FranceAgriMer et nous ne sommes pas parvenus à en estimer le volume.

Pour les producteurs qui peuvent bénéficier d'un gisement à proximité, les vinasses représentent une source de fertilisant UAB appréciée du fait d'une part importante d'azote ammoniacale à libération rapide et un taux de potassium significatif. La mise en œuvre nécessite cependant un stockage et du matériel pour épandre ce produit humide. La vinasse est parfois utilisée pour produire des engrais UAB élaborés à forte teneur en azote (TEREOS notamment). Les vinasses (mais également les mélasses dont elles sont issues) sont également utilisées par les fabricants d'aliments du bétail.

Estimation du gisement de vinasse de la filière betterave à sucre

L'ONRB 2021, recense une production de 620 615 t MB de vinasses de betterave en 2019. Ce gisement est affecté par région au prorata des surfaces françaises de betteraves données par Agreste. La contribution de la filière bio à ce gisement est estimée à un maximum de 1 % sur la période, sachant cependant que la part de betteraves bio progresse chaque année. La teneur en minéraux est calculée sur la base des moyennes Arvalis FertiOrga.

Le gisement est calculé en totalité, sans tenir compte des compétitions d'usage éventuelles pour l'alimentation du bétail. De même, la part des vinasses ammoniacales qui sont de facto exclues d'une utilisation en AB n'est pas connue. Il semble cependant que ces vinasses sont des vinasses très spécifiques, issues de la production d'acides aminés par précipitation.

L'ONRB 2021 donne un gisement de production de vinasse viticole (2016) de 54 000 t, issu du traitement de 850 000 t de marc et de 1,4 millions d'hectolitres de bourbes et lies collectées et des transformées par la cinquantaine de distillateurs français. Ce volume de vinasse (qui semble sous-évalué au regard de la quantité de produits transformés) est affecté aux régions françaises au prorata des surfaces en vigne. La contribution de l'agriculture biologique au gisement est estimée au prorata de la surface en bio (chiffres agence bio 2020) et sans tenir compte des écarts de rendements.

L'ONRB mentionne des compétitions d'usage sur cette ressource avec des unités de méthanisation. L'activité de distillerie pourrait également décliner du fait de la levée de l'obligation d'apport des sous-produits viticoles à la filière. Les co-produits de la vigne sont en partie utilisés pour produire également des engrais UAB élaborés. Le fabricant d'engrais Roullier a par exemple noué un partenariat avec l'UNGDA (Union Nationale des Groupements de Distillateurs d'Alcool) en ce sens.

Estimation du gisement de vinasses de canne

La canne à sucre est produite de façon très significative en Guadeloupe, à la Martinique et à la Réunion. Pour ces territoires, cette activité structurante a un fort impact en ce qui concerne l'occupation des terres agricoles, la production de biomasse et l'activité économique.

Pour certains des DOM producteurs, la canne alimente principalement des unités de distillation pour la production de rhum. Un des sous-produits de la production de rhum est la vinasse dont l'utilisation comme fertilisant est possible en AB.

En Guadeloupe, le potentiel de production annuel de vinasses brutes est estimé de 70 000 m³ pour l'ensemble des distilleries agricoles, et de 75 000 m³ pour les distilleries industrielles, soit un gisement total de 145 000 m³ (source : Schéma Régional Biomasse (SRB) de la Guadeloupe, 2019). Ces volumes sont valorisés en épandage, en méthanisation et en co-compostage des bagasses.

A la Martinique, la production annuelle de vinasse est estimée à 180 000 m³ (SRCAE Martinique 2012).

A la Réunion, le GABIR (Gestion Agricole des Biomasses sur l'île de la Réunion), estime dans sa fiche matière actualisée en 2020 une production de vinasse de 150 000 t par an. Cela concerne 3 distilleries : Savanna à Saint-André (66 %), Rivière de Mât à Saint-Benoît (27 %) et Isautier à Saint-Pierre (7%). Les distilleries Rivière du Mât et Savanna valorisent la vinasse dans leur digestat de méthanisation. Isautier valorise cette vinasse brute directement en agriculture, soit environ, 10 000 tonnes de matière brute par an.

Les apports de NPK par les vinasses de canne à sucre, betterave et viticole représentent un gisement total de 1560 tonnes unités d'azote, 130 tonnes d'unités de P₂O₅ et 4400 tonnes d'unités de K₂O. Cela représenterait 700 unités d'azote efficace.

Tableau 24 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK des vinasses et extraits en France

Vinasses et extraits	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Total unités	1 559	129	4 392
Total équivalent engrais	701	129	4 392

Source : AND International

2.3.4 *MAFOR d'origine urbaine*

2.3.4.1 Compost de déchets verts

Données générales sur le gisement de déchets verts

Les déchets verts sont générés par quatre principaux types de producteurs :

- Les ménages disposant d'un jardin
- Les services techniques des communes
- Les entreprises d'entretien et d'aménagement paysager, qui interviennent pour le compte des services techniques espaces verts ou des privés,
- Les services d'entretien des routes.

Les destinations des déchets verts sont variées : valorisation *in situ*, non valorisation (brûlage ou décharge), ajout aux ordures ménagères, apport au service public, valorisation dans le circuit économique privé. La production de déchets verts est fortement saisonnière (avec un creux de production en hiver).

Évaluation du gisement de déchets verts entrant en station de compostage

Le gisement global de déchets verts produits sur le territoire métropolitain est estimé à environ 61 Mt MB dont seul 15% est collectée ou valorisée (FranceAgriMer, 2015⁸). La majorité du gisement estimé de déchets verts (85%) n'est pas collecté ou valorisée par les plateformes de compostage (FAM, 2015). Différentes sources (voir annexe 5 : Inventaire des sources récentes d'évaluation de la ressource en déchets verts) donnent une estimation du gisement de déchets verts par type de producteur et/ou par type de valorisation.

L'ITOM 2018⁹ estime à 5,4 Mt MB la quantité de déchets verts entrant sur les stations de compostage professionnelles. Compte tenu de la progression régulière de la collecte, cette valeur est redressée pour 2020 à 6 Mt MB. La répartition de ce gisement par région est faite en tenant compte des particularités locales. Le potentiel de l'Île de France est ainsi évalué à 315 000 t de déchets verts bruts en cohérence avec les données régionales. La production des autres régions est estimée en fonction du ratio par habitant selon le climat. Le détail des ratios utilisés de production de déchet vert est donné en annexe 6.

⁸ FAM, Valorisation des déchets verts en France, 2015

⁹ Ademe, ITOM 2018, Le traitement des Déchets Ménagers et Assimilés, 2020

La répartition pondérale des déchets verts apportés en plateformes de compostage peut être répartie de façon suivante (FAM 2015).

- 60 % déchets de taille
- 28 % déchets de tontes
- 6% feuilles
- 6% élagages

L'évaluation du gisement brut de déchets verts avant compostage est présentée en annexe 6.

Composition

La composition du compost de déchets verts bruts est obtenue à partir des données de Fertiorga développée par Arvalis.

Évaluation du gisement de compost de déchets verts issus des stations professionnelles

Les données statistiques (ITOM 2018) ne fournissent pas la quantité de compost spécifiquement issue de déchets verts. L'évaluation est faite en prenant un ratio de 1/3 de production de compost produit par rapport à la quantité de déchets verts bruts mis au compostage, soit une production de 2 Mt MB (France métropolitaine). Ce ratio est cohérent vis-à-vis des enquêtes ITOM entre quantité de compost produit et quantité de matières brutes transformées (toutes matières confondues). La répartition de ce gisement de compost par région est faite au prorata de la production régionale de déchets verts. La composition moyenne est analysée sur la base des données FertiOrga d'Arvalis.

Les déchets verts compostés ne sont pas tous utilisables en agriculture biologique. Il existe en effet une part de refus de compostage (environ 20 % de la production) dans les différentes stations. Par ailleurs, les déchets verts sont parfois compostés en mélange (cocompostage) avec des boues de station d'épuration, ou d'autres déchets qui ne sont pas agréés pour l'agriculture biologique. Selon les chiffres du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES), en 2014, 33% des boues produites en France étaient compostées avant d'être épandues. Un chiffre corroboré par l'enquête EFAR (European Federation for Agricultural Recycling) mentionnée par le groupe de travail boue de l'association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (ASTEE, 2020). Cette technique mobilise des matières structurantes comme les biodéchets entre 100 % et 80 % de la masse de boue compostée. Sur une base de 1 Mt MS de boues produites en France (5,3Mt MB), selon l'ESCO MAFOR 2014, cela suggère que 1,6 Mt (30 % de 5,3) de déchets verts bruts sont mobilisés pour le compostage de ces boues. Cela représente plus du quart (27 %) des déchets verts entrant en station de compostage. A noter que cette pression exercée par le cocompostage des boues est très variable selon les régions. Outre le cocompostage des boues, s'ajoutent des besoins spécifiques pour le cocompostage de digestats de méthaniseurs ou d'autres déchets et effluents qui peuvent exclure les composts produits, des critères AB.

Pour les besoins de l'étude nous retenons une part admissible des composts pour l'agriculture biologique à 50 % du volume de compost de déchets verts produits en moyenne sur le territoire. Comme pour les digestats de méthaniseurs, il est probable que ce taux soit plus faible pour les régions fortement urbanisées (recevant des boues de STEP et autres), et vice versa pour les régions peu peuplées, mais le taux de 50 % a été appliqué de façon uniforme à l'ensemble des régions.

Tableau 25 : Estimation du gisement de compost de déchets verts issus des stations professionnelles

Région	Compost de déchets verts (tMB)	Composts de déchets verts UAB (tMB)
Auvergne-Rhône-Alpes	127 699	63 850
Bourgogne- Franche-Comté	50 805	25 402
Bretagne	190 331	95 166
Corse	11 689	5 845
Centre – Val de Loire	97 941	48 971
Grand Est	100 742	50 371
Hauts-de-France	337 466	168 733
Île-de-France	105 198	52 599
Normandie	156 508	78 254
Nouvelle Aquitaine	285 918	142959

Occitanie	194 365	97 182
Pays de la Loire	181 691	90 845
Provence-Alpes-Côte d'Azur	171 336	85 668
Martinique	15 915	7 958
Guadeloupe	16 692	8 346
Guyane	11904	5 952
Réunion	36 920	18 460
Mayotte	11 085	5 542
Total	2 104 205	1 052 103

Source : AND

Les apports de NPK par les composts de déchets verts représentent un gisement de 10 521 tonnes d'unités d'azote total, 6 313 t d'unités de P2O5 et 11 573 tonnes d'unités de K2O.

Tableau 25 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK des composts de déchets verts en France

Composts de déchets verts	N	P2O5	K2O
Total unités	10 521	6 313	11 573
Total équivalent engrais	2 104	3 472	11 573

Source : AND International

Bois Raméal Fragmenté BRF

Certains agriculteurs pratiquent des épandages (parfois en grande quantité à plus de 80 t/ha/an) de déchets verts bruts (et également de plaquettes forestières) très peu transformés comme le bois raméal fragmenté (BRF). Trop peu de données existent pour quantifier ce phénomène et évaluer les quantités mobilisées à cette fin – que ce soit en agriculture biologique ou conventionnelle. Toutefois l'analyse présentée ci-avant montre bien que des apports de déchets verts bruts ne sont pas négligeables en termes d'apport d'éléments fertilisants et méritent d'être pris en compte dans les bilans.

Le BRF est une source de fertilité utilisée comme tel dans les départements tropicaux et équatoriaux, notamment en Guyane, où le climat permet une décomposition et une minéralisation très rapide.

Synthèse et perspectives du gisement de déchets verts

Le gisement des déchets verts est un gisement qui a un intérêt certain pour l'agriculture biologique. Les données disponibles permettent d'estimer une production de 1 Mt MB de compost utilisable dans la filière. Les teneurs en azote rapidement disponibles sont cependant faibles. Les apports peuvent toutefois concourir à entretenir et préserver la fertilité des parcelles sur le long terme.

Le gisement global de déchets verts (61 Mt MB) montre qu'il existe un potentiel de développement en réponse aux besoins des cultures biologiques. Cependant, ce circuit de valorisation se fait dans une logique de minerai, sans retour aux surfaces génératrices. Un point de vigilance mérite donc d'être accordé vis-à-vis de l'appauvrissement en minéraux des espaces producteurs (espaces verts ou des systèmes forestiers) au profit des espaces agricoles. Des compétitions d'usage sont par ailleurs rapportées dans la bibliographie (FAM, 2015) pour des débouchés en méthanisation, bois énergie, entretien des espaces verts des communes etc.

Pour préserver certains usages, un décret (JO du 15/09/21) prévoit à partir du 1^{er} janvier 2022, une limitation de la masse de déchets verts utilisée comme structurants pour le compostage des boues d'épuration. Le seuil fixé à 100 % de la masse de boues est amené à diminuer à 80 % en 2024. Le décret indique également que l'ADEME devra remettre un rapport sur la disponibilité du gisement de déchets verts d'ici la fin de 2025 pour analyser l'opportunité de réduire encore ce seuil.

2.3.4.2 Potentiel de compost de biodéchets alimentaires des ménages triés à la source

La généralisation prochaine du tri à la source des biodéchets ménagers au plus tard au 31 décembre 2023, pourrait permettre d'ouvrir un nouveau gisement de fertilisant UAB, tandis que ce gisement est actuellement majoritairement enfoui ou incinéré. Cependant ce gisement n'est actuellement pas disponible pour les besoins des cultures biologiques. Les résultats de cette analyse chiffrée ci-après sont donnés pour alimenter les réflexions. En toute logique ce gisement n'est pas intégré à la base de données globale du gisement UAB 2020 qui doit donner une « photographie » de la ressource UAB en 2020.

Contexte et généralités sur le gisement

Parmi les rejets des consommateurs, les déchets alimentaires de cuisine peuvent constituer un flux intéressant sur les cultures AB. En effet, l'annexe II du règlement 2018/848, autorise la fertilisation des cultures biologiques à partir de déchets alimentaires des ménages triés à la source, après fermentation ou compostage. Ces déchets UAB sont principalement constitués d'épluchures, d'os, de restes de repas, voire de papier apte au contact alimentaire. Le règlement exclut cependant les sources organiques alimentaires si elles sont séparées par tri mécano-biologique (TMB), de même que les déchets alimentaires des gros producteurs (Restaurants, GMS, etc...) qu'ils soient triés à la source ou non.

La part des déchets alimentaires triés à la source par les ménages est encore assez faible en France. À peine plus de 10 % de la population française est desservie par une collecte séparée des biodéchets dont le succès de collecte pour les déchets alimentaires n'est pas connu. À titre de comparaison la population autrichienne est desservie à 80% par une collecte spécifique. Le choix stratégique spécifique de la France en la matière avait été pendant plusieurs années de développer une valorisation en utilisant la technologie du tri mécano-biologique (TMB). Ce procédé est aujourd'hui en déclin car défavorisé par des impératifs d'innocuité des composts produits et par les évolutions réglementaires.

Le paquet économie circulaire de l'Union européenne, adopté en 2018, impose aux pays de l'UE de mettre en place le tri à la source des biodéchets au plus tard le 31 décembre 2023. Cette réglementation peut être un levier pour mieux équilibrer la fertilité en minéraux des sols bio sur un principe circulaire et sortir en partie d'une fertilisation basées sur la logique du minéral. Selon le réseau Compost Plus, la collecte à la source des déchets alimentaires permet la production d'une qualité de compost « au-dessus des normes » avec un taux de refus de seulement 2% (réseau Compost Plus, la collecte séparée des biodéchets, Guide Pratique une solution d'avenir, 2018).

L'obligation de tri à la source des biodéchets concerne déjà depuis le 1^{er} janvier 2016 tous les professionnels « gros producteurs » produisant plus de 10 tonnes par an de biodéchets, et de 60 litres par an pour les huiles. Depuis le 1^{er} janvier 2012, les acteurs qui produisent ou détiennent plus de 120 t/an de biodéchets (entreprises d'espaces verts, grande distribution, industries agro-alimentaires, cantines, restaurants et marchés) ont l'obligation de les trier et de les faire valoriser dans des filières adaptées (compostage, méthanisation...). Ces obligations ont abouti notamment à structurer des filières de valorisation en confortant des unités de méthanisation et en augmentant les capacités professionnelles de compostage.

Estimation du gisement potentiel de biodéchets alimentaires des ménages

La principale ressource documentaire récente pour quantifier le potentiel de gisement des déchets de cuisine des particuliers (DCP) triés à la source est l'enquête Modecom (Ademe, 2017). Cette étude détaille en effet la composition moyenne des ordures ménagères résiduelles (OMR), c'est-à-dire les déchets collectés auprès des ménages et assimilés (DMA) après opération de tri et de collecte sélective. L'enquête fait apparaître parmi les OMR métropolitaines qui peuvent entrer dans le circuit de valorisation pour les fertilisants bio :

- 2,455 Mt MB de déchets alimentaires
- 1,490 Mt MB d'aliments non consommés
- 0,389 Mt MB aliments sous emballages
- 0,261 Mt MB autres putrescibles
- 0,777 Mt MB déchets de jardin

Au total la part des OMR qui pourrait entrer dans un circuit de valorisation en fertilisant bio atteint 5,4 Mt MB. Ces volumes n'incluent pas les quantités des déchets valorisées à domicile par compostage individuel ou collectif. Ils n'incluent pas non plus les papiers aptes au contact alimentaire et autorisés pour la production de compost ou de digestat Bio, car ce gisement est faible et difficilement repérable parmi les 8 600 t de papiers collectés dans les OMR. Enfin, les volumes de déchets de cuisine faisant déjà l'objet d'une collecte structurée séparée des biodéchets alimentaires des ménages sont exclus. Ces volumes agrègent cependant une partie de déchets de gros producteurs assimilés à des déchets ménagers (car collectés dans le même circuit) et qui en théorie ne sont pas conformes à l'annexe II du règlement 848/2018.

Composition minérale des composts de biodéchets alimentaires issus des ménages

La composition minérale des composts de biodéchets alimentaires a été basée sur les données Fertiorga développée par Arvalis.

Estimation du gisement potentiel en compost de biodéchets alimentaires des ménages

Le compostage entraîne une réduction de masse de 33% (Esco Mafor 2014) sur les matières brutes apportées ; un coefficient de production de 1/3 a donc été appliqué au gisement de déchets alimentaires non transformés. Le gisement total potentiel de compost est donc estimé à 1,790 Mt MB. L'ESCO Mafor 2014 donne pour ces composts un taux de matière sèche de 63 %, soit une production métropolitaine de compost de 1,13 Mt MS. La répartition de ce gisement par région est effectuée au prorata de la population (INED, 2021). Le gisement additionnel dans les DOM est évalué sur la base du même taux par habitant.

La collecte de biodéchets à la source est cependant une filière naissante en France. Ce gisement évalué est donc celui d'un potentiel collectable. La disponibilité pour les cultures biologiques dépend de multiples paramètres et notamment de la difficulté de séparer les circuits de valorisation d'autres filières, de la compétition sur la ressource par la méthanisation, de la difficulté d'organiser la collecte sur l'ensemble du territoire, du taux d'adhésion inconnu de la population, etc. Compte tenu de l'ensemble de ces facteurs, l'hypothèse est faite que 50% de ce gisement pourra être mobilisable pour les besoins de l'agriculture biologique. L'analyse prospective de ce gisement sera effectuée en phase 3.

Tableau 26 : Estimation du gisement potentiel de compost de de biodéchets alimentaires des ménages en tMB (2017)

Régions	Potentiel de production de compost de biodéchets alimentaire des ménages en tMB	Gisement potentiel de compost de déchets de cuisine UAB en tMB
Auvergne-Rhône-Alpes	222 087	111 044
Bourgogne- Franche-Comté	76 462	38 231
Bretagne	92 519	46 260
Centre – Val de Loire	70 321	35 161
Corse	9 585	4 793
Grand Est	151 619	75 810
Hauts-de-France	164 268	82 134
Île-de-France	105 329	52 665
Normandie	10 621	5 311
Nouvelle Aquitaine	7 574	3 787
Occitanie	139 677	69 839
Pays de la Loire	165 751	82 876
Provence-Alpes-Côte d'Azur	23 491	11 746
Martinique	164 041	82 021
Guadeloupe	338 277	169 139
Guyane	10 127	5 064
Réunion	7 053	3 527
Mayotte	90 730	45 365
Total MB	1 849 532	924 766

Source : AND

Les apports potentiels de NPK par les composts de biodéchets représentent un gisement significatif en NPK avec près de 12 600 tonnes unités d'azote, 7 120 tonnes d'unités de P2O5 et 10 400 tonnes d'unités de K2O.

Tableau 26 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK en France issu du compost de biodéchets triés à la source en tonnes

Potentiel compost de biodéchets en tonnes	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	12 577	7 121	10 357
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	1 887	4 984	10 357

Source : AND

Synthèse et perspectives

Les évolutions réglementaires vont dans le sens d'un tri à la source des déchets de cuisine des ménages. En France, la filière est encore en gestation. Le succès de la collecte séparée des biodéchets et le taux de collecte dépendra de nombreux facteurs. Face aux contraintes, une partie du gisement pourrait être détournée au profit d'installations individuelles ou collectives, d'autant plus que le bilan carbone de ces solutions a été réaffirmé comme étant le plus favorable selon l'Ademe.

Le circuit de valorisation en filière bio des déchets de cuisine des ménages nécessite un compostage ou le passage dans un méthaniseur. Ces deux opérations posent le problème de la séparation dans les filières de transformation. Il n'est pas garanti que la demande en fertilisants biologiques suffise à structurer et faire émerger des filières séparées. Les pouvoirs publics ont sans doute ici un rôle à jouer pour assurer la disponibilité de ce gisement pour les filières bio.

Certains pays comme la Suisse, autorisent l'utilisation de déchets de cuisine bruts. Le potentiel fertilisant est important, mais le défi logistique pour obtenir un produit séché de qualité comme en Corée du Sud semble important (Ademe, 2010).

Le gisement des déchets de cuisine utilisable en agriculture biologique n'est pas élargi pour l'instant aux gros producteurs de déchets alimentaires. Ces producteurs ont normalement tous déjà trouvé des solutions de revalorisation des déchets alimentaires du fait des obligations réglementaires les concernant. Cependant, plusieurs acteurs souhaiteraient que ces produits qui semblent assez similaires aux déchets de cuisine des ménages, puissent être intégrés dans l'annexe II du règlement 2018/848. Cela permettrait en outre d'ouvrir un gisement supplémentaire UAB de digestats et de composts jusqu'ici exclus.

2.3.5 Autres MAFOR

2.3.5.1 Tourbe

Précisions et choix méthodologiques pour le calcul de la tourbe

Les volumes de tourbe utilisés dans la filière horticole ont été estimés sur la base du dossier Lien horticole, « Tourbes : des substrats allégés qui pourraient peser lourd ».

Description de la tourbe

La tourbe est une matière végétale fossile provenant de l'accumulation de la matière organiques mortes, essentiellement végétales, au sein de milieux humides et pauvres en oxygène. Elle est utilisée comme support de culture depuis la mise en place, au cours des années 1960, des techniques de cultures hors sol, dans les domaines du maraîchage, de la pépinière et surtout de l'horticulture ornementale. Ses propriétés physico-chimiques permettent une conduite souple en termes de fertilisation et d'irrigation. Les tourbières étant des puits de carbone et hébergeant des écosystèmes sensibles, elles font l'objet de protection renforcée en UE. La Suisse a interdit l'extraction de tourbe sur son territoire depuis 1987.

Estimation du taux d'utilisation en AB

La tourbe est utilisable en agriculture biologique uniquement pour les productions horticoles. Elle constitue un composant des substrats utilisés en horticulture et pépinière hors sol, et participe au produit final. Ce substrat entre sur l'aire de culture au moment du repotage et en sort lors de la commercialisation des plantes.

Estimation du gisement brut utilisable en AB par région

Le gisement total de tourbe utilisable en AB est estimé ainsi à **109 000 tMS en France**. Les principales régions sont celles où la superficie horticole est importante : Auvergne-Rhône-Alpes, Pays-de-la-Loire, Nouvelle-Aquitaine.

Les apports de NPK par la tourbe représentent un gisement limité avec près de 1340 tonnes unités d'azote et des volumes de phosphore et potassium non significatifs.

Tableau 26 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK en France issu de la tourbe

Potentiel compost de biodéchets en tonnes	N	P2O5	K2O
Total en tonnes d'unités	1 338	17	189
Total en tonnes d'unités équivalent engrais	57	17	189

Source : AND

2.3.5.2 Compost de champignonnières – non inclus dans le gisement total

D'après l'Association Nationale Interprofessionnelle du Champignon de couche (ANICC), le substrat de culture du champignon de Paris est constitué de fumier de cheval (ou fientes de poule) et pailles de céréales. Afin d'éviter un double compte avec les gisements d'effluents d'élevage et de résidus de culture, ces volumes n'ont pas été pris en compte dans la base de données de l'étude.

Une quantification et répartition régionale du gisement a toutefois été réalisée. Les volumes de compost ont été estimés sur la base de la production française de champignon de Paris, en considérant 3 tonnes de compost produites pour chaque tonne de champignon récoltée, et un compost pouvant servir une à trois fois. La répartition régionale s'est effectuée sur la base des données de production Agreste.

Le gisement total de compost de champignonnière est estimé ainsi à **0,074 Mt MS en France**. Le gisement utilisable en AB est évalué à 0,074 MT MS. Les principales régions sont les Pays-de-la-Loire, les Hauts-de-France, et le Centre-Val de Loire.

Tableau 27 : Estimation du gisement de MAFOR issues de compost de champignonnières collectables et utilisables en AB en tMS en France

Régions	Gisement collectable en tMS	Estimation du gisement utilisable en AB
Auvergne-Rhône-Alpes	228	228
Bourgogne-Franche-Comté	182	182
Bretagne	0	0
Centre-Val de Loire	14 366	14 366
Corse	0	0
Grand Est	501	501
Hauts-de-France	14 915	14 915
Île-de-France	1 319	1 319
Normandie	3 269	3 269
Nouvelle-Aquitaine	8 554	8 554
Occitanie	51	51
Pays de la Loire	30 071	30 071
Provence-Alpes-Côte d'Azur	200	200
Total général	73 657	73 657

Source : AND International, d'après FranceAgriMer et Agreste

2.3.5.3 Algues et produits à base d'algues

Les algues de pleine mer et produits à base d'algues représentent un gisement assez peu valorisé en agriculture ou alors sous forme d'amendement (maërl) ou comme biostimulant. Les algues vertes (ulves) issues de l'eutrophisation du littoral, principalement breton (un petit gisement existe en Normandie) représentent cependant un gisement UAB exploitable.

Selon le Ceva (centre d'étude et de valorisation des algues), la Bretagne a produit 28 517 m³ d'algues vertes en 2018. La variabilité du gisement est très forte avec une production moyenne de 50 000 m³ (60 000 t) avec une tendance notable à une diminution d'année en année.

Selon l'Agence de l'Eau Loire Bretagne¹⁰, l'épandage d'algues vertes sur les terres agricoles représente encore presque 60 % du volume total d'algues ramassées. L'autre poste majeur de valorisation des algues vertes est le compostage printanier (26 % du volume, Ifremer, CEVA, 2014) lorsque les surfaces agricoles ne sont pas disponibles pour l'épandage.

¹⁰ Programme Régional & Interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne : PROLITTORAL. 2008

La composition des algues vertes est de 90 % d'eau (Ifremer, CEVA, 2014). A partir de 50 000 m³ en moyenne, nous pouvons estimer le gisement collecté à un maximum de 50 000 t d'algues fraîches soit 5 000 t de matière sèche. La teneur moyenne en azote est de 8.67 % (IFREMER, CIRAD 2011), celle de phosphore de 0.5 % (Ifremer, CEVA, 2014) et celle de potassium de 5 % (Ifremer, CEVA, 2014). Nous pouvons en déduire approximativement le gisement en éléments minéraux. Ce gisement est exclusivement localisé en Bretagne.

Tableau 28 : Estimation NPK pour le gisement total collecté d'algues vertes

	N	P	K	N eq max	N eq min	P eq.	K eq .
Teneur (MS)	8,67%	0,50%	5,00%	0,6	0,4	0,85	1
Total (t)	434	25	250	260	173	21	250

Source : AND à partir de CEVA, IFREMER, CIRAD

2.3.5.4 Biochar – non inclus dans le gisement total

Le biochar est fabriqué par pyrolyse d'une source de biomasse. Le biochar est inscrit à l'annexe II 2018/848. Il est UAB, sous condition d'être obtenu à partir de matières végétales. Selon la source employée, le biochar pourra être très pauvre en éléments NPK ou au contraire avoir des teneurs significatives (Chapitre 2, Esco Mafor 2014). Le coût actuellement extrêmement élevé du biochar entraîne une utilisation pour des besoins différents de ceux de la fertilisation (biostimulation). Par ailleurs, la production française semble encore très peu significative. Le seul producteur français repéré (Terra Fertilis) compte une production de 400 t. C'est pourquoi, - bien qu'inscrit comme fertilisant UAB, cette matière n'est pas quantifiée dans l'étude de gisement. Le potentiel de ce produit pourra néanmoins être étudié dans l'analyse prospective (phase 3). Notons qu'un programme de recherche (Projet Biochar 2021, UniLaSalle) est en cours.

2.3.5.5 Protéines végétales hydrolysées

Les protéines végétales hydrolysées sont inscrites à l'annexe II du règlement européen 2018/848. Ces protéines sont réputées pour leurs propriétés de biostimulation. En revanche, elles ne sont en aucun cas préconisées en matière de fertilisation. Il a donc été choisi de ne pas intégrer ce gisement dans l'analyse quantitative.

2.4 Synthèse du gisement de MAFOR mobilisable et utilisable en AB

2.4.1 Gisement total de MAFOR UAB par catégorie de MAFOR

2.4.1.1 Gisement total mobilisable UAB en tonnes

Nous avons estimé le gisement brut mobilisable et utilisable en AB déduction faite des MAFOR pouvant présenter un double comptage c'est-à-dire les digestats de méthanisation, les composts d'effluents d'élevage, les composts de champignonnière et les engrais organiques élaborés.

Le gisement total de MAFOR utilisable en AB a été estimé à 111,2 Mt (dont 109 Mt en tMB) en France (DOM et volumes importés inclus) pour un potentiel mobilisable de 122,7 Mt. Les MAFOR agricoles c'est-à-dire les effluents issus d'élevages représentent de loin la première source disponible en volume brut et constituent ainsi 97% du gisement de MAFOR collectable et utilisable en AB. Les MAFOR d'origine urbaine (compost de déchets verts) et MAFOR d'origine industrielle (principalement les produits et sous-produits organiques d'origine végétale et animale) représentent 3% du gisement brut.

Tableau 29 : Gisement de MAFOR mobilisable et UAB en tonnes par catégorie

Catégorie de MAFOR	Gisement mobilisable	Gisement mobilisable UAB	%
tMB			
AGRICOLE	118 738 979	108 341 756	97,0%
INDUSTRIELLE	1 095 669	1 095 669	1,0%
tMS			
AUTRES	113 800	113 800	0,1%
FORESTIERE	162 899	162 899	0,1%
INDUSTRIELLE	962 029	924 718	0,8%

URBAINE	2 091 977	1 045 989	0,9%
Total	123 165 353	111 684 830	100,0%

Source : AND

Deux autres sources de MAFOR présentent des volumes potentiels significatifs mais non mobilisable à (compost de produits bois) ou non utilisable en AB à ce jour (compost de déchets alimentaires). Ces volumes ont été évalués à 3,62 Mt MS pour les composts de produits bois et 0,58 Mt MS pour les composts de biodéchets ménagers.

2.4.1.2 Gisement total mobilisable UAB en éléments nutritifs

Le gisement de NPK contenu dans les MAFOR mobilisées et UAB s'élève à 671 kt d'azote total, 358 kt de phosphore et 918 kt de potassium. Les effluents d'élevages fournissent la quasi-totalité des éléments nutritifs.

Tableau 30 : Gisement de MAFOR UAB en éléments nutritifs totaux par catégorie de MAFOR en tonnes

Catégorie de MAFOR	Ntotal	%	P2O5total	%	K2Ototal	%
AGRICOLE	652 400	97,1%	338 759	94,3%	891 013	97,02%
AUTRES	1 339	0,2%	17	0,01%	190	0,02%
FORESTIERE	33	0,0%	3 356	1,14%	8 210	0,89%
INDUSTRIELLE	7 473	1,1%	9 900	3,35%	7 426	0,81%
URBAINE	10 521	1,6%	6 313	1,18%	11 573	1,26%
Total général	671 765	100,0%	358 345	100,00%	918 412	100,00%

Source : AND

2.4.1.3 Gisement total mobilisable UAB en éléments nutritifs équivalents engrais

Le gisement d'azote efficace issu de MAFOR mobilisable et UAB, en incluant les arrières-effets ($Neq_{orga} = 56$ kt), est compris entre **149 kt et 255 kt équivalent engrais** en France soit entre 22% et 38% du gisement total d'azote.

Le gisement de phosphore s'élève à **295 kt équivalent engrais soit 82%** du volume total, tandis que la ressource de potassium est similaire à celle du gisement total soit **918 kt équivalent engrais**.

Tableau 31 : Gisement mobilisable UAB en éléments nutritifs équivalent engrais par type de MAFOR en tonnes

Type de MAFOR	Ntotal_eq_max	Ntotal_eq_min	P2O5total_eq	K2Ototal_eq
AGRICOLE	252 205	146 324	278 733	891 007
AUTRES	115	0	17	190
FORESTIERE	8	8	3 356	8 210
INDUSTRIELLE	924	924	9 900	7 426
URBAINE	2 104	2 104	3 472	11 573
Total général	255 356	149 360	295 479	918 406

Source : AND

2.4.2 Gisement de MAFOR UAB par région

2.4.2.1 Gisement total mobilisable UAB par région en tonnes

Six régions concentrent 72% du gisement collectable et utilisable en AB. Elles disposent chacune de 10 à 16% des volumes de MAFOR mobilisables et UAB : Bretagne, Pays de la Loire, Auvergne Rhône-Alpes, Nouvelle-Aquitaine, Normandie et Grand Est. Les DOM représentent 1% des volumes utilisables en AB et les importations 0,3%.

Tableau 32 : Gisement de MAFOR mobilisable UAB par régions en t

Étiquettes de lignes	Gisement mobilisable	Gisement mobilisable UAB	%
Auvergne-Rhône-Alpes	13 185 500	12 810 089	11,47%
Bourgogne-Franche-Comté	8 455 175	8 254 837	7,39%
Bretagne	21 996 700	18 255 335	16,35%
Centre-Val de Loire	3 439 793	3 216 755	2,88%
Corse	90 515	83 390	0,07%
Grand Est	10 610 031	10 374 749	9,29%
Guadeloupe	368 277	323 168	0,29%
Guyane	81 772	67 319	0,06%
Hauts-de-France	9 024 064	8 540 298	7,65%
Île-de-France	620 991	560 352	0,50%
Import	1 010 000	343 400	0,31%
La Réunion	710 590	410 694	0,37%
Martinique	260 540	221 396	0,20%
Mayotte	104 151	81 233	0,07%
Normandie	12 221 946	11 805 719	10,58%
Nouvelle-Aquitaine	14 268 764	12 431 428	11,14%
Occitanie	9 061 050	8 206 319	7,35%
Pays de la Loire	16 594 181	14 734 577	13,20%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1 011 314	913 772	0,82%
Total général	123 115 353	111 634 830	100,00%

Source : AND

2.4.2.1 Gisement total mobilisable UAB par région en éléments nutritifs totaux

A l'instar de la répartition des gisements, les régions précitées concentrent également les volumes les plus importants en éléments NPK. L'importation représente 2% de l'azote total, 3,6% du phosphore total et 1% du potassium total apporté par les MAFOR utilisables en AB.

Tableau 33 : Gisement en NPK total des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes

Régions	Ntotal	%	P2O5total	%	K2Ototal	%
Auvergne-Rhône-Alpes	74 763	11,1%	37 892	10,6%	106 975	11,6%
Bourgogne-Franche-Comté	49 319	7,3%	23 834	6,7%	74 268	8,1%
Bretagne	94 630	14,1%	54 487	15,2%	109 113	11,9%
Centre-Val de Loire	20 469	3,0%	11 904	3,3%	29 083	3,2%
Corse	816	0,1%	390	0,1%	1 071	0,1%
Grand Est	60 958	9,1%	31 320	8,7%	92 445	10,1%
Guadeloupe	1 173	0,2%	665	0,2%	1 531	0,2%
Guyane	479	0,1%	255	0,1%	664	0,1%
Hauts-de-France	50 329	7,5%	27 665	7,7%	72 322	7,9%
Île-de-France	6 328	0,9%	3 009	0,8%	7 637	0,8%
Import	13 564	2,0%	12 981	3,6%	8 825	1,0%
La Réunion	3 792	0,6%	2 474	0,7%	3 671	0,4%
Martinique	744	0,1%	445	0,1%	891	0,1%
Mayotte	633	0,1%	359	0,1%	847	0,1%
Normandie	67 503	10,0%	33 509	9,4%	96 242	10,5%
Nouvelle-Aquitaine	77 858	11,6%	40 420	11,3%	107 367	11,7%
Occitanie	50 751	7,6%	25 225	7,0%	71 856	7,8%
Pays de la Loire	88 539	13,2%	47 026	13,1%	121 824	13,3%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	9 114	1,4%	4 484	1,3%	11 777	1,3%

Total général	671 765	100,0%	358 345	100,0%	918 412	100,0%
----------------------	----------------	---------------	----------------	---------------	----------------	---------------

Source : AND

2.4.2.1 Gisement total mobilisable UAB par région en éléments nutritifs équivalents engrais

Les ressources azotées majoritairement localisées dans les grandes régions d'élevage qui représentent 60% de la ressource : Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes et Normandie.

Tableau 34 : Gisement en N max, min, organique et moyen des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes équivalent engrais

Régions	Ntotal_eq max	%	Ntotal_eq_min	%
Auvergne-Rhône-Alpes	26 937	10,5%	16 122	10,8%
Bourgogne-Franche-Comté	16 647	6,5%	10 782	7,2%
Bretagne	42 968	16,8%	20 633	13,8%
Centre-Val de Loire	7 077	2,8%	4 564	3,1%
Corse	235	0,1%	191	0,1%
Grand Est	20 608	8,1%	13 350	8,9%
Guadeloupe	493	0,2%	251	0,2%
Guyane	176	0,1%	103	0,1%
Hauts-de-France	17 516	6,9%	11 095	7,4%
Île-de-France	1 706	0,7%	1 537	1,0%
Import	9 495	3,7%	4 069	2,7%
La Réunion	2 089	0,8%	805	0,5%
Martinique	336	0,1%	158	0,1%
Mayotte	255	0,1%	137	0,1%
Normandie	23 882	9,4%	14 576	9,8%
Nouvelle-Aquitaine	29 504	11,6%	17 718	11,9%
Occitanie	18 336	7,2%	11 472	7,7%
Pays de la Loire	34 545	13,5%	19 688	13,2%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	2 550	1,0%	2 108	1,4%
Grand Total	255 356	100,0%	149 360	100,0%

Source : AND International

A l'instar du gisement azoté, les ressources de phosphore et de potassium sont principalement localisées dans ces mêmes régions.

Tableau 35 : Gisement en P et K des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes équivalent engrais

Régions	P2O5total_eq	%	K2Ototal_eq	%
Auvergne-Rhône-Alpes	30 815	10,4%	106 975	11,6%
Bourgogne-Franche-Comté	19 233	6,51%	74 268	8,09%
Bretagne	46 892	15,87%	109 112	11,88%
Centre-Val de Loire	9 929	3,36%	29 083	3,17%
Corse	308	0,10%	1 071	0,12%
Grand Est	25 662	8,68%	92 445	10,07%
Guadeloupe	534	0,18%	1 531	0,17%
Guyane	199	0,07%	664	0,07%
Hauts-de-France	22 891	7,75%	72 322	7,87%
Île-de-France	2 407	0,81%	7 637	0,83%
Import	11 033	3,73%	8 825	0,96%
La Réunion	2 058	0,70%	3 671	0,40%
Martinique	357	0,12%	891	0,10%
Mayotte	285	0,10%	847	0,09%
Normandie	27 340	9,25%	96 242	10,48%
Nouvelle-Aquitaine	32 893	11,13%	107 364	11,69%

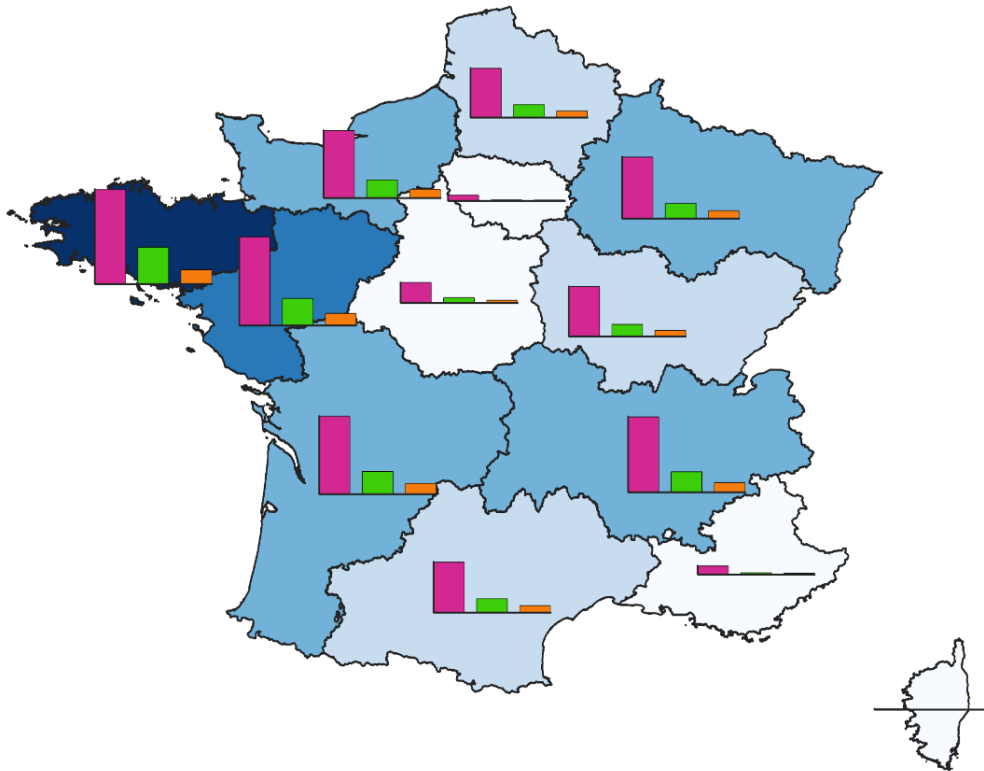
Occitanie	20 362	6,89%	71 855	7,82%
Pays de la Loire	38 751	13,11%	121 823	13,26%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	3 529	1,19%	11 777	1,28%
Grand Total	295 479	100,00%	918 406	100,00%

Source : AND International

2.5 Cartographie des gisements de NPK utilisable en AB


2.5.1 Cartographie du gisement d'azote utilisable en AB en métropole


Figure 3 : Cartographie du gisement d'azote utilisable en AB en N total, N équ. max et N équ. min en tonnes d'unités et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes





Gisement_N_UAB N


regions-20180101

 78277 - 5000000

 5000000 - 10000000

 10000000 - 15000000

 15000000 - 20000000

 20000000 - 21264899

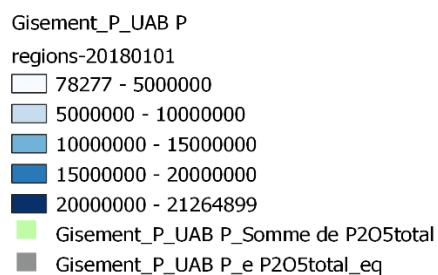
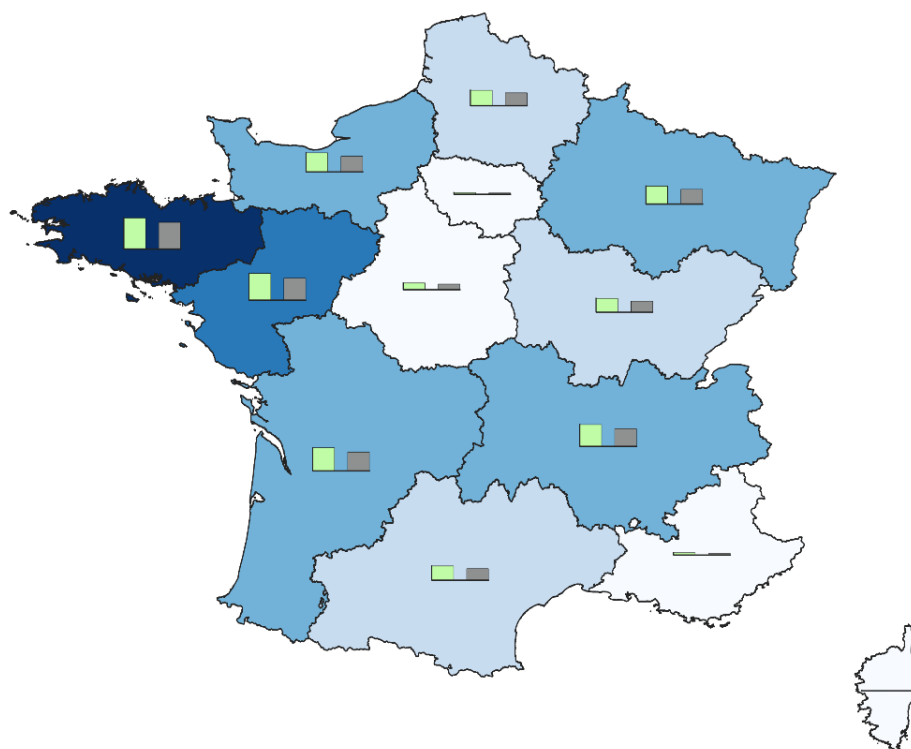
 Gisement_N_UAB N_ Ntotal (t)

 Gisement_N_UAB N_ Ntotal_eq_max (t)

 Gisement_N_UAB N_ Ntotal_eq_min (t)

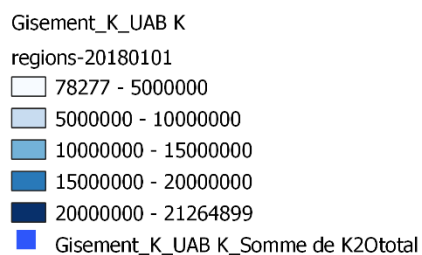
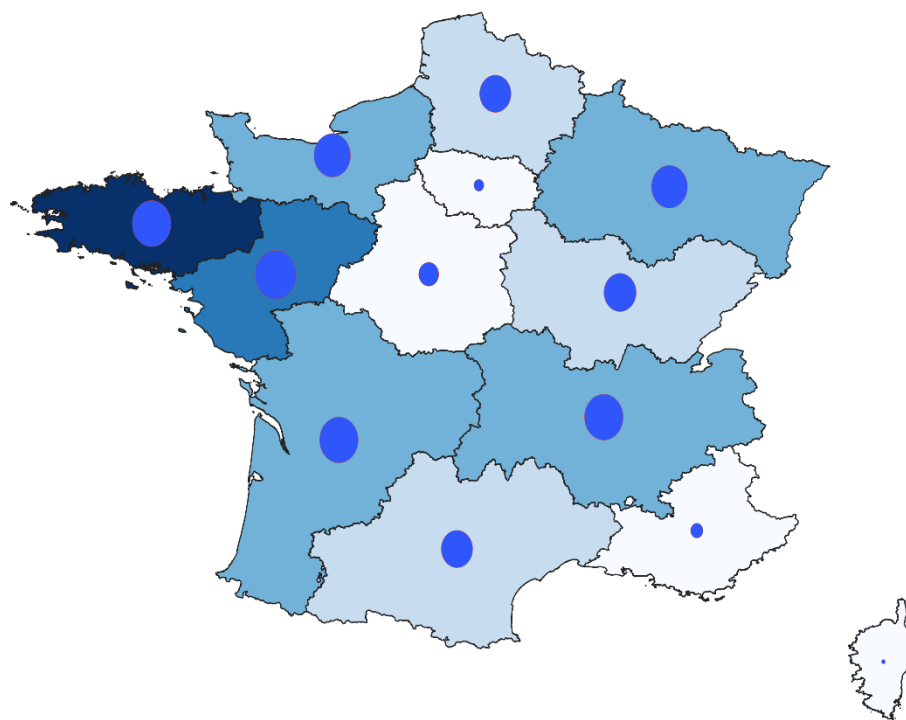
2.5.1 Cartographie du gisement de phosphore utilisable en AB en métropole

Figure 4 : Cartographie du gisement de phosphore total et équivalent engrais utilisable en AB en tonnes et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes



2.5.2 Cartographie du gisement de potassium utilisable en AB en métropole

Figure 5 : Cartographie du gisement de potassium total et équivalent engrais utilisable en AB en tonnes et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes



3. PHASE 2 : ETUDE DES BESOINS NUTRITIFS DES CULTURES CONDUITES EN AB : « DE QUOI AVONS-NOUS BESOIN » ?

3.1 Objectifs de la phase 2

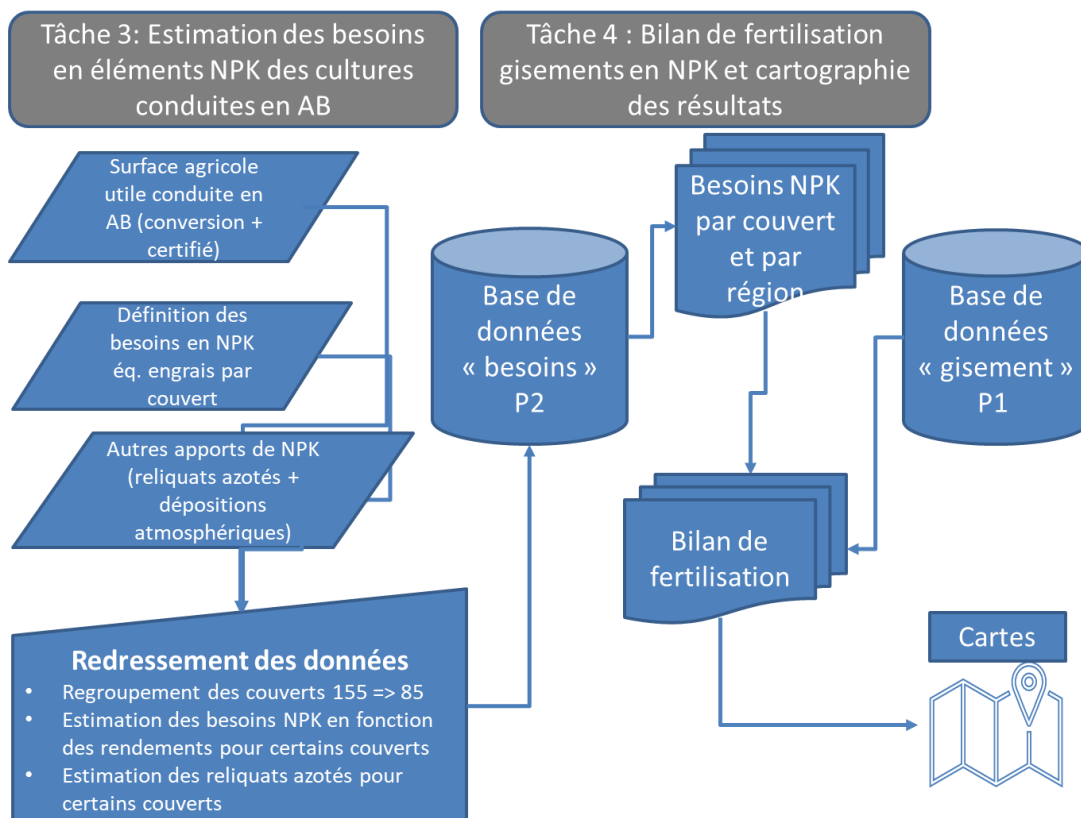
La phase 2 vise à établir une estimation qualifiée et quantifiée des besoins en éléments fertilisants NPK des productions végétales conduites en agriculture biologique afin d'établir un bilan de fertilisation. Les objectifs détaillés de cette phase 2 sont les suivants :

- Estimer les besoins, N, P, K de l'agriculture biologique française en 2020 pour tous types de cultures
- Etablir un bilan de fertilisation permettant de mesurer la couverture des besoins théoriques en NPK des productions végétales biologiques par les gisements de MAFOR UAB. Il s'agit notamment de mesurer les autres paramètres du bilan de fertilisation simplifié présenté en point 2.3 à savoir les pertes et les autres apports (dépôts atmosphériques, reliquats...) :
- Cartographier les besoins et le bilan initial de fertilisation dans les grandes régions.

3.2 Méthodologie de la phase 2

La méthodologie employée pour l'estimation des besoins s'est articulée autour de deux tâches telle que présentée dans le schéma suivant.

Figure 6 : Figure 7: Méthodologie employée pour la phase 2



3.2.1 Tâche 3 : Estimation des besoins en éléments NPK des cultures conduites en AB

L'estimation des besoins en éléments NPK a nécessité de procéder aux sous-tâches suivantes :

- Définition du périmètre des cultures conduites en AB. L'ensemble des cultures annuelles et pluriannuelles conduites en conversion et certifiées AB en 2020 a été inclus dans le périmètre

d'analyse. Les couverts ont été classés au sein de sept catégories différentes : grandes cultures (GCU), surfaces fourragères (SF), maraîchage (LE), arboriculture (FR), viticulture (VI), plantes aromatiques médicinales et à parfum (PP) et autres (AU).

- Identification et recensement des besoins bruts en NPK par cultures. La base de données Agence Bio propose 155 types de couverts. Les données collectées ne permettant pas de définir des besoins NPK moyens pour chacun des couverts, nous avons procédé à des regroupements. Au final nous avons défini les besoins moyens annuels par hectare en NPK équivalent engrais pour 85 types de couverts. Nous nous sommes appuyés sur deux approches complémentaires en fonction des données disponibles :
 - o Estimation des besoins NPK théoriques moyens annuels par hectare à partir des teneurs en NPK des grains ou des végétaux exportés par an modulés des rendements moyens connus en AB. Nous avons appliqué cette approche pour certaines espèces de grandes cultures dont les rendements en AB sont mesurés, pour les couverts de surfaces fourragères et pour la viticulture. A défaut de disposer de rendements spécifiques bio pour les surfaces fourragères, nous avons utilisé les rendements quinquennaux moyens nationaux.
 - o Identification d'itinéraires de fertilisation moyen : en l'absence de données sur les teneurs en NPK des végétaux exportés et sur les rendements moyens, nous avons utilisé les préconisations de fertilisation issues des instituts techniques, réseaux GRAB et/ou Chambres d'Agriculture des régions représentatives des cultures.
- Estimation des apports issus des reliquats de cultures : à partir des surfaces de légumineuses 2020 recensées dans la base de données Agence Bio et des reliquats moyens, nous avons estimé les reliquats moyens issus des surfaces de légumineuses conduites en AB.
- Estimation des apports non MAFOR et des pertes. Cette sous tâche visait à rechercher les autres apports et pertes du bilan de fertilisation en AB pouvant inclure notamment :
 - o Dépôts atmosphériques ;
 - o Fixation diazotrophe ;
 - o Minéralisation humus et résidus des cultures précédentes ;
 - o Pertes diverses (volatilisation,
- Intégration des données dans une base commune.
- Cartographie des besoins en NPK par région et par type de production végétale.

3.2.2 Tâche 4 : Bilan de fertilisation gisements en NPK et besoins des cultures biologiques

La tâche 4 vise à comparer l'offre et la demande en fertilisants disponibles pour l'agriculture biologique aux échelles nationales et régionales. Il s'agit de mesurer la couverture des besoins des cultures biologiques par les apports MAFOR et non MAFOR. Ce bilan s'appuie par les sous-tâches suivantes :

- Analyse des équilibres régionaux offre/demande en éléments fertilisants NPK : cela consiste à comparer les gisements estimés lors de la phase 1 avec les besoins et autres apports estimés en phase 2 et de comparer les bilans de fertilisation par élément de fertilisant N, P et K et par région ;
- Cartographie des équilibres offre/demande au niveau régional : il s'agit de représenter les résultats obtenus sous forme de cartographie pour chacun des éléments.

3.3 Résultats de la phase 2

3.3.1 Rappel du raisonnement de la fertilisation N et PK

L'enjeu de la fertilisation consiste à maintenir un équilibre entre les sorties et les entrées des différentes éléments nutritifs nécessaires à la croissance des végétaux afin de maintenir des teneurs suffisantes en quantité et en nature (biodisponibilité) tout au long de leur cycle. Le raisonnement de la fertilisation en N et PK suit une même approche bilantielle cependant la fertilisation en phosphore et potassium s'opère sur un temps long, tandis que l'azote plus mobile, se calcule sur la durée d'un cycle de culture.

Le besoin d'une culture correspond à la quantité de l'élément nutritif nécessaire et suffisante pour atteindre un objectif de production défini par le rendement et la qualité recherchée pour cette production (COMIFER, 2006). Le raisonnement des besoins azotés des cultures annuelles, consiste à calculer l'apport total d'azote en fonction des exportations (grains ou parties végétatives) c'est-à-dire le rendement visé multiplié par les besoins par unité de rendement) et des fournitures d'azote pouvant être mobilisées par la plante (éléments présents dans le sol, reliquats éventuels, effluents organiques...).

En phosphore et potassium, le raisonnement de la fertilisation tel que défini par le COMIFER doit tenir compte de l'exigence de la culture, la teneur en PK du sol, le passé récent de fertilisation et la gestion des résidus de récolte des précédents (exportés ou enfouis).

En agriculture biologique, les sources de nutriments sont essentiellement d'origine organique, provenant du sol ou de MAFOR. La fertilisation consiste donc à optimiser la minéralisation des éléments présents ou apportés et favoriser les conditions de leur biodisponibilité pour les plantes. Par ailleurs, la fertilisation des cultures biologiques est encadrée par la réglementation européenne ; l'article 4 du RCE 889/2008 fixe une limite à l'usage d'effluents d'élevages : « *La quantité totale d'effluents d'élevage au sens de la directive 91/676/CEE [...] utilisée sur l'exploitation ne peut dépasser 170 kg d'azote par an/hectare de surface agricole utilisée. Cette limite s'applique uniquement à l'utilisation de fumier, de fumier séché et de fiente de volaille déshydratée, de compost d'excréments d'animaux solides, y compris de fiente de volaille, de fumier composté et d'excréments d'animaux liquides* ».

3.3.2 Identification des cultures en agriculture biologique 2020

L'identification des cultures conduites repose sur les données de l'Agence bio, qui compile les informations issues des organismes certificateurs. Nous avons comptabilisé l'ensemble des surfaces conduit en AB c'est-à-dire celles en conversion et celles certifiées biologiques soit 2,55 millions d'hectares.

Les surfaces fourragères représentent 62% des surfaces engagées en AB suivies des grandes cultures (26%) et de la viticulture (5%). Les surfaces fourragères sont majoritairement localisées en Occitanie, en Auvergne-Rhône-Alpes tandis que les surfaces de grandes cultures sont principalement localisées en Occitanie et Nouvelle-Aquitaine.

Tableau 36 : Répartition des surfaces engagées en AB par région et par catégorie de couvert en hectares

Régions	Autres	Fruits	Grandes cultures	Légumes	Plantes aro. médi. et à parf.	Surfaces fourragères	Viti.	Total général	%
Auvergne-Rhône-Alpes	3 805	8 293	45 654	2 847	3 322	224 760	9 413	298 094	11,7%
Bourgogne-Franche-Comté	3 005	996	77 442	852	223	130 626	5 788	218 933	8,6%
Bretagne	2 715	2 004	28 301	8 177	143	113 358	7	154 706	6,1%
Centre-Val de Loire	5 477	973	45 521	2 534	265	39 691	5 027	99 488	3,9%
Corse	1 638	2 129	266	120	571	24 788	1 878	31 390	1,2%
Grand Est	3 788	1 689	66 230	2 142	351	129 152	7 184	210 535	8,3%
Guadeloupe	326	273	0	83	60	117	0	858	0,0%
Guyane	207	328	0	115	29	3 056	0	3 735	0,1%
Hauts-de-France	1 488	1 051	17 492	3 645	30	28 802	143	52 649	2,1%
Île-de-France	2 616	379	21 923	1 096	127	9 384	34	35 558	1,4%
La Réunion	110	496	0	271	166	871	0	1 914	0,1%
Martinique	217	288	0	72	7	98	0	683	0,0%
Mayotte	0	5	0	44	0	38	0	87	0,0%
Normandie	1 592	5 074	22 136	1 602	87	92 893	2	123 386	4,8%
Nouvelle-Aquitaine	9 826	11 677	114 549	7 837	662	157 961	26 751	329 263	12,9%
Occitanie	14 198	10 302	148 606	4 646	1 155	326 552	51 101	556 560	21,8%
Pays de la Loire	2 913	1 964	60 327	3 419	461	169 254	5 268	243 606	9,6%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	5 630	8 648	14 977	2 592	4 046	126 371	24 847	187 110	7,3%
Total général	59 551	56 566	663 425	42 095	11 706	1 577 771	137 442	2 548 555	100,0%

%	2,3%	2,2%	26,0%	1,7%	0,5%	61,9%	5,4%	100,0%
---	------	------	-------	------	------	-------	------	--------

Source : AND international d'après Agence Bio

Parmi les 155 couverts recensés, près d'une vingtaine représente 90% de l'assolement engagé en AB et comptabilise chacun plus de 20 000 ha. Les cinq principaux couverts, représentant 50% de la SAU engagée en AB en 2020 sont ainsi les prairies permanentes, les parcours herbeux, le blé tendre et la vigne à destination de la production de vin.

Tableau 37 : Principaux couverts conduits en AB en 2020 en hectares de plus de 20 000 ha

Couvert	SAU_2020_en_ha	% du total bio et conversion
Prairie permanente	661 499	26,0%
Ray-grass	340 830	13,4%
Parcours herbeux	234 207	9,2%
Blé tendre	136 724	5,4%
Raisin de cuve	136 356	5,4%
Luzerne	119 633	4,7%
Mélanges fourragers	83 182	3,3%
Maïs grain (hors maïs doux)	64 674	2,5%
Gel fixe, friche, gel vert ou spécifique n'entrant pas en rotation	57 587	2,3%
Orge	57 318	2,2%
Tournesol	57 260	2,2%
Soja	53 441	2,1%
Mélanges céréales légumineuses	49 362	1,9%
Mélanges céréaliers sans légumineuses	45 701	1,8%
Jachère, gel annuel entrant en rotation	44 091	1,7%
Triticale	32 553	1,3%
Trèfle	30 065	1,2%
Maïs fourrage	27 353	1,1%
Sarrasin	23 706	0,9%
Autres cultures fourragères	21 861	0,9%

Source : AND International d'après Agence Bio

3.3.3 *Besoins en NPK en grandes cultures*

3.3.3.1 Principes de raisonnement de la fertilisation en grandes cultures AB

La fertilisation en grandes cultures biologiques est systématiquement raisonnée à l'échelle de la rotation afin d'optimiser les apports culturaux des cultures précédentes et limiter les achats externes de MAFOR. D'après les entretiens réalisés, le raisonnement de la fertilisation se focalise principalement sur la couverture des besoins azotés dont la disponibilité pour les grandes cultures constitue le premier facteur limitant. En systèmes grandes cultures sans élevages, les travaux menés à travers le programme ROTAB (ARVALIS & ITAB, 2011) montrent que le phosphore peut vite devenir un facteur limitant du rendement après l'azote. Par ailleurs l'exportation de pailles non compensée par des apports réguliers de MAFOR peut conduire à une baisse significative de potasse disponible à moyen terme. Les apports d'engrais azotés organiques sont généralement privilégiés sur les espèces les plus rémunératrices et ceux-ci ne sont pas toujours rentables en céréales à pailles¹¹.

¹¹ L'apport d'engrais en céréales à pailles n'est pas toujours rentable en système bio, la rentabilité dépendant des reliquats sortis d'hiver disponibles, l'état du peuplement et le salissement des parcelles. D'après une étude de la Chambre d'Agriculture d'Île de France comparant une centaine d'essais de fertilisation azotée sur blé tendre bio, les apports d'engrais sont intéressants dans 30 à 60% des cas, selon le prix des engrais et le prix de vente du blé.

Cela étant dit, 54% de sole de grandes cultures cultivée en AB en 2020 est issue de conversions de moins de 5 ans (opérées à partir de 2016) et une partie significative des producteurs de grandes cultures disposent d'un atelier d'élevage¹². La problématique est d'ores et déjà prégnante pour les exploitations sans élevage engagés de longue date en AB et pourrait ainsi s'étendre aux fermes converties plus récemment.

3.3.3.2 Précisions et choix méthodologiques pour l'estimation des besoins

L'identification des besoins NPK moyens annuels pour les grandes cultures et autres (39 couverts) s'est appuyée sur plusieurs sources :

- Données bibliographiques issues des instituts techniques (Arvalis, ITAB, ITB, Terres Inovia), GRAB/FRAB, chambres d'agriculture et CIRAD.
- Estimations réalisées à partir des données COMIFER et des rendements constatés (FranceAgriMer).
- Hypothèse de regroupement : dans le cas où aucune source n'a pu être identifiée les besoins ont été considérés comme équivalents au couvert/culture le plus proche.

Tableau 38 : Besoins moyens en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB

ID_CULTURE	CODE GROUPE	Besoins Kg eq N / ha/ an	Besoins Kg eq P / ha/ an	Besoins Kg eq K / ha/ an	Sources besoins moyens par ha/an
Autres	AU	0	0	0	Couvert non déterminé
Autres cultures industrielles	AU	147	52	158	Hypothèse à partir de la moyenne cultures industrielles
Chicorée à café	AU	170	35	198	CA Picardie Fertilisation P K pour P et K , Guide de bonnes pratiques Cultures Chicorée industrielle pour N
Fleurs et plantes ornementales	AU	50	50	50	Hypothèse = divers PPAM
Plants à repiquer, pépinières	AU	50	50	50	Hypothèse = divers PPAM
Betterave sucrière	AU	170	35	125	ITB 2021 Itinéraire technique AB
Canne à sucre	AU	120	70	200	CIRAD 2007
Chanvre	AU	100	50	150	Guide grandes cultures Bio APCA 2017
Gel fixe, friche, gel vert ou spécifique n'entrant pas en rotation	AU	0	0	0	Pas d'exportations sur gel, friche ou jachère
Jachère, gel annuel entrant en rotation	AU	0	0	0	Pas d'exportations sur gel, friche ou jachère
Lin fibre	AU	100	0	140	https://linetchanvrebio.org/index.php/fiche-technique/#ancree2
Tabac	AU	90	27	150	Estimation à partir d'une base rdt quinquennal FAM et exportations COMIFER
Autres céréales	GCU	75	16	13	Hypothèse = équivalent à triticales
Autres légumes secs	GCU	0	40	70	Terres Inovia 2019 - guide culture lentille
Autres oléagineux	GCU	80	40	40	Terres Inovia 2019 - guide culture lin oléagineux
Autres protéagineux	GCU	0	22	30	Hypothèse = équivalent à lentille
Avoine	GCU	52	50	60	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Blé dur	GCU	90	45	45	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Blé tendre	GCU	90	40	54	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK

¹² Au niveau national, les exploitations engagées en AB disposant d'un atelier d'élevage représentent 43% de toutes les exploitations engagées en AB – (Agence Bio, 2020).

Colza	GCU	120	25	15	Chambre Agriculture 32
Épeautre	GCU	50	0	0	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Engrais verts	GCU	0	35	7	Hypothèse : engrais vert à base de brassicacée et/ou légumineuse => 1/2 besoins colza fourrager + 1/2 besoins trèfle
Féverole	GCU	0	22	30	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Graine de moutarde	GCU	80	60	60	ITAB - 2009 - fiche culture lin oléagineux
Lentilles	GCU	0	40	70	Terres Inovia 2019 - guide culture lentille
Lin non textile	GCU	80	40	40	Terres Inovia 2019 - guide culture lin oléagineux
Lupin	GCU	0	25	25	Terres Inovia 2019 - guide culture lupin
Maïs grain (hors maïs doux)	GCU	130	40	30	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Mélanges céréales légumineuses	GCU	75	16	13	Hypothèse = ½ besoins triticales et ½ pois
Mélanges céréaliers sans légumineuses	GCU	95	21	16	Hypothèse = équivalent à triticales
Orge	GCU	80	30	21	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Pois chiches	GCU	0	17	17	Terres Inovia 2021 - guide culture lupin
Pois protéagineux	GCU	0	15	22	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Riz	GCU	100	20	10	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Sarrasin	GCU	25	50	50	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Seigle	GCU	70	20	14	Bio PACA Seigle Bio 2020 pour N et COMIFER pour PK
Soja	GCU	0	30	50	Terres Inovia 2017 Guide culture soja valeurs moyennes
Sorgho	GCU	110	42	21	Guide APCA 2017
Tournesol	GCU	90	30	23	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK
Triticale	GCU	95	28	38	Estimation à partir rdt quinquennal FAM et COMIFER N et PK

Source : AND-International à partir de données APCA, Bio Paca, COMIFER et FranceAgriMer.

L'estimation des besoins moyens annuels des principaux couverts de grandes cultures s'est appuyée sur les rendements quinquennaux moyens observés par FranceAgriMer (Enquêtes variétés et rendements de 2015 à 2019) et les niveaux d'exportations moyens de NPK en AB (Guide grandes cultures biologiques APCA, 2017) ou, à défaut, issus du COMIFER.

Tableau 39 : Rendements moyens quinquennaux et exportations moyennes de NPK.

ID_CULTURE	CODE GROUPE	Rdt moyen en qtx/ha	Source rdt moyen	Kg N exportées par quintal	Kg P2O5 exportées par quintal	Kg K2O exportées par quintal	Sources
Avoine	GCU	23,6	FAM 2015-2019	2,2	2	2,5	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Blé dur	GCU	25	Bio PACA Blé dur Bio 2020	3,5	1,8	1,8	Bio PACA Blé dur Bio 2020
Blé tendre	GCU	29,8	FAM 2015-2019	3	1,2	1,8	Guide grandes cultures AB APCA 2017

Féverole	GCU	19,9	FAM 2015-2019	0	1,1	1,5	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Maïs grain (hors maïs doux)	GCU	62,	FAM 2015-2019	2,1	0,6	0,5	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Orge	GCU	30,6	FAM 2015-2019	2,5	0,9	0,7	Guide grandes cultures AB APCA 2017
Pois	GCU	19,1	FAM 2015-2019	0	0,8	1,15	COMIFER 2007
Soja	GCU	18,6	FAM 2015-2019	0	1	1,6	COMIFER 2007 et 2013
Tournesol	GCU	22,2	FAM 2015-2019	4,5	1,2	1,05	COMIFER 2007 et 2013
Triticale	GCU	31,6	FAM 2015-2019	3	0,9	1,2	Guide grandes cultures AB APCA 2017

Source : AND-International à partir de données APCA, Bio Paca, COMIFER et FranceAgriMer.

3.3.3.3 Estimation des besoins NPK totaux des grandes cultures conduites en AB

Le besoin total des surfaces de grandes cultures, cultures industrielles et plantes ornementales engagées en AB s'élèvent à près de 46 100 tonnes pour l'azote, 22 100 tonnes pour le phosphore et 26 300 tonnes pour le potassium. Les plus grandes régions de grandes cultures biologiques concentrent logiquement les plus grands besoins en NPK à savoir l'Occitanie, la Nouvelle-Aquitaine, la Bourgogne Franche Comté, le Grand Est les Pays de la Loire.

Tableau 40 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB par région

Régions	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Auvergne-Rhône-Alpes	3 439	1 516	1 746
Bourgogne-Franche-Comté	5 053	2 554	3 186
Bretagne	2 061	954	1 034
Centre-Val de Loire	3 580	1 564	1 823
Corse	16	8	9
Grand Est	5 188	2 288	2 848
Guadeloupe	21	12	35
Guyane	0	0	0
Hauts-de-France	1 612	624	813
Île-de-France	1 818	778	1 028
La Réunion	10	5	14
Martinique	6	3	10
Mayotte	0	0	0
Normandie	1 744	726	967
Nouvelle-Aquitaine	7 415	3 787	4 292
Occitanie	8 565	4 891	5 890
Pays de la Loire	4 413	1 992	2 181
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1 181	445	456
Total général	46 122	22 149	26 333

Source : AND-International à partir de données Agence Bio, COMIFER et FranceAgriMer et APCA

Les besoins en NPK sont principalement associés aux couverts de blé tendre, maïs grain, tournesol et orge qui concentrent 66% des besoins azotés, 52% des besoins en phosphore et 40% des besoins en potassium. Le tableau ci-dessous présente les 15 premiers couverts de grandes cultures en matière de besoins NPK.

Tableau 41 : Répartition des besoins totaux en NPK en % des besoins totaux des grandes cultures conduites en AB par couvert

Couverts / espèces	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Blé tendre	27%	25%	25%
Maïs grain (hors maïs doux)	18%	12%	7%
Tournesol	11%	8%	5%
Orge	10%	8%	4%
Mélanges céréaliers sans légumineuses	9%	6%	6%
Triticale	7%	4%	4%
Colza	3%	1%	1%
Sorgho	2%	2%	1%
Avoine	2%	4%	4%
Autres céréales	2%	1%	1%
Sarrasin	1%	5%	4%
Épeautre	1%	0%	0%
Blé dur	1%	1%	1%
Lin non textile	1%	1%	1%
Seigle	1%	1%	0%

Source : AND-International à partir de données Agence Bio, COMIFER et FranceAgriMer et APCA

3.3.4 *Besoins en NPK en cultures fourragères*

3.3.4.1 Principes de raisonnement de la fertilisation en cultures fourragères

Le raisonnement de la fertilisation des cultures fourragères destinées à être stockées (maïs ensilage, ray gras, mélanges fourragers, etc...) est généralement similaire à celui qui s'applique aux grandes cultures et tient compte des mêmes paramètres à savoir le niveau de rendement escompté en tonnes de matières sèches et la capacité du sol à fournir les éléments NPK aux cultures. Pour les prairies, parcours herbeux, légumineuses et/ou mélanges destinées à être pâturées, le raisonnement tient compte également du chargement à l'hectare,

3.3.4.2 Précisions et choix méthodologiques pour l'estimation des besoins

A l'inverse des cultures annuelles, aucune donnée spécifique à la conduite en AB n'a pu être identifiée tant en matière de rendement que de besoins pour les surfaces fourragères. Les besoins NPK moyens annuels (11 couverts) ont été estimés à partir des rendements moyens quinquennaux en tMS (Agreste 2016-2020) et les teneurs en NPK par kg de tMS renseignés par le COMIFER.

Par souci de simplification et faute de données plus précises, les besoins des couverts suivants : autres cultures fourragères, mélanges fourragers, parcours herbeux, prairies permanentes et ray-grass ont été assimilés aux besoins des prairies permanentes pâturées présentant des rendements moyens de 5 tms sur les 5 dernières années. Le couvert colza fourrager a été associé aux besoins définis pour le chou fourrager.

Tableau 42 : Besoins moyens en NPK par ha et par an des surfaces fourragères

ID_CULTURE	CODE GROUPE	Besoins Kg eq N / ha/ an	Besoins Kg eq P / ha/ an	Besoins Kg eq K / ha/ an	Sources
Autres cultures fourragères	SF	125	35	130	Estimation base COMIFER 2007 - prairie naturelle pâturée et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 5 tms/ha
Betterave fourragère	SF	260	63	11	Estimation base COMIFER 2007 - betterave fourragère et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 7 tms/ha
Choux fourrager	SF	0	4	14	Estimation base COMIFER 2007 - choux fourrager et rdt

					moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 7 tms/ha
Colza fourrager	SF	0	4	14	Estimation base COMIFER 2007 - choux fourrager et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 7 tms/ha
Luzerne	SF	0	60	300	Estimation base COMIFER 2007 - luzerne et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 10 tms/ha
Maïs fourrage	SF	138	50	144	Estimation base COMIFER 2007 et 2013 - rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 12 tms/ha
Mélanges fourragers	SF	125	35	130	Estimation base COMIFER 2007 - prairie naturelle pâturée et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 5 tms/ha
Parcours herbeux	SF	125	35	130	Estimation base COMIFER 2007 - prairie naturelle pâturée et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 5 tms/ha
Prairie permanente	SF	125	35	130	Estimation base COMIFER 2007 - prairie naturelle pâturée et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 5 tms/ha
Trèfle	SF	0	66	0	Estimation base COMIFER 2007 - trèfle violet et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 8 tms/ha
Ray-grass	SF	125	35	130	Estimation base COMIFER 2007 - prairie naturelle pâturée et rdt moyen quinquennal Agreste 2016-2020 - 5 tms/ha

Source : AND-International à partir de données Agence Bio, Agreste et COMIFER

3.3.4.3 Estimation des besoins NPK totaux des surfaces fourragères conduites en AB

Le besoin total des surfaces fourragères conduites en AB a été estimé de 173 000 tonnes pour l'azote, 58 000 tonnes pour le phosphore et 215 400 tonnes pour le potassium. Les plus grandes régions de grandes cultures biologiques concentrent logiquement les plus grands besoins en NPK à savoir l'Occitanie, l'Auvergne Rhône -Alpes et les Pays de la Loire.

Tableau 43 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB

Régions	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Auvergne-Rhône-Alpes	25 774	8 020	30 137
Bourgogne-Franche-Comté	13 700	5 085	18 600
Bretagne	13 828	4 078	14 819
Centre-Val de Loire	3 979	1 566	5 636
Corse	2 826	795	2 955
Grand Est	13 703	5 012	18 428
Guadeloupe	8	2	9
Guyane	326	91	339
Hauts-de-France	3 178	1 077	4 059
Île-de-France	493	422	1 837
La Réunion	26	7	27
Martinique	7	2	8
Normandie	11 083	3 391	12 417

Nouvelle-Aquitaine	17 082	5 923	21 941
Occitanie	33 163	12 042	45 745
Pays de la Loire	20 314	6 217	22 715
Provence-Alpes-Côte d'Azur	13 396	4 162	15 718
Total général	172 887	57 893	215 388

Source : AND-International à partir de données Agence Bio, COMIFER et FranceAgriMer et APCA

3.3.5 Besoins en NPK en maraîchage et en plantes aromatiques, médicinales et à parfum

3.3.5.1 Principes de raisonnement de la fertilisation en maraîchage AB

Les systèmes maraîchers bio sont caractérisés par de forts besoins en éléments fertilisants, du fait des successions de cultures rapides sur la même parcelle. Les apports fertilisants sont réalisés sous forme d'amendements organiques ou d'engrais organiques. Les amendements organiques permettent d'enrichir le sol en humus, à partir de compost de déchets verts, de marcs de raisins, de composts industriels, ou de fumiers. Les engrais organiques sont utilisés pour apporter les éléments minéraux nécessaires au développement des cultures en complément de ceux fournis par le sol et les amendements organiques. La dose d'engrais à apporter est fonction du reliquat azoté du sol et des besoins de la culture. Ces derniers varient en fonction du rendement de la culture. Des amendements calcaires, engrais verts, engrais foliaires ou engrais solubles peuvent également être apportés selon les caractéristiques du sol et les besoins ponctuels des plantes.

3.3.5.2 Précisions et choix méthodologiques pour l'estimation des besoins

Les surfaces considérées s'appuient sur les données 2021 de l'Agence Bio et se rapportent aux surfaces cultivées en 2020. Par souci de simplification et faute de données précises concernant le niveau de rendement et/ou les besoins spécifiques des légumes conduits en AB, ceux-ci ont été regroupés en 8 catégories détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 44 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de légumes

Catégories de légumes	Couverts/ espèces
Légumes fruits	Tomates, courgettes, concombres et cornichons, courges, haricots, melons, petits pois
Légumes feuilles	Salades, épinards, endives
Légumes racines	Radis, carottes, céleris, navets potagers, betteraves rouges
Légumes tiges	Poireaux, asperges Les artichauts, choux, choux-fleurs et brocolis ont également été ajoutés à cette catégorie du fait de la similitude des besoins en éléments fertilisants
Bulbes	Ail, oignons, échalotes
Autres légumes	Légumes divers
Maraîchage plein champ	Cultures légumières sur des parcelles aussi affectées à d'autres cultures (1 culture par an)
Maraîchage sous serre et abri	Succession de cultures rapides sur la même parcelle (2 à 3 cultures par an). On considère dans le modèle utilisé la succession légumes feuilles – légumes fruits – légumes feuilles

Source : AND International d'après catégories Agences Bio

Les besoins maximums et minimums en N, P et K ont été définis pour chacune de ces catégories sur la base de la publication de la chambre d'agriculture des Pyrénées Atlantiques.

Tableau 45 : Besoins moyens NPK par ha et par an par catégorie de légumes

ID_CULTURE	CODE GROUPE	Besoins Kg eq N / ha/ an	Besoins Kg eq P / ha/ an	Besoins Kg eq K / ha/ an	Sources besoins moyens par ha/an
------------	-------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------------------

Autres légumes	LE	142	54	156	Moyenne (légumes bulbes / feuilles / fruits / racines / tiges)
Bulbes	LE	135	65	150	Chambre d'Agriculture Pyrénées Atlantiques - Guide technique Agriculture Biologique, p17
Champignons	LE	8	5	5	Fumier champignonnière - Arvalis
Légumes feuilles	LE	125	45	140	Chambre d'Agriculture Pyrénées Atlantiques - Guide technique Agriculture Biologique, p17
Légumes fruits	LE	175	55	200	Chambre d'Agriculture Pyrénées Atlantiques - Guide technique Agriculture Biologique, p17
Légumes racines	LE	75	40	140	Chambre d'Agriculture Pyrénées Atlantiques - Guide technique Agriculture Biologique, p17
Légumes tiges	LE	200	65	150	Chambre d'Agriculture Pyrénées Atlantiques - Guide technique Agriculture Biologique, p17
Maïs doux	LE	300	150	150	Chambre Agri 47 - 2015 ITK Maïs doux
Maraîchage plein champ	LE	142	54	156	Moyenne (légumes bulbes / feuilles / fruits / racines / tiges)
Maraîchage sous abri	LE	425	145	480	Année type : succession de 3 cultures : légumes feuilles - fruits - feuilles
Pommes de terre (hors féculière)	LE	140	60	240	Interbio Bretagne 2016 - Guide culture Pdt 40 qtx
Coriandre	PP	75	50	50	CAP Filière fiche diversification coriandre
Divers PPAM	PP	50	50	50	Chambre Agri AURA - Guide technique mélisse sarriette sauge 2018
Houblon	PP	140	28	130	Hopen 2021
Lavande	PP	40	40	40	Chambre Agriculture Aura 2018 Guide Technique Lavande
Lavandin	PP	50	50	50	Chambre Agriculture Aura 2018 Guide Technique Lavandin
Romarin	PP	50	50	50	Chambre Agri AURA - Guide technique Romarin 2018
Thym	PP	40	40	40	Chambre Agri AURA - Guide technique thym 2018

3.3.5.3 Estimation des besoins NPK par région

Le besoin total des surfaces des légumes et PPAM produits en AB a été évalué de 10 300 tonnes pour l'azote, 2 800 tonnes pour le phosphore et 14 000 tonnes pour le potassium. Les besoins sont principalement localisés en Occitanie, Nouvelle Aquitaine, Bretagne et PACA.

Tableau 46 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de légumes et PPAM conduits en AB par région

Régions	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Auvergne-Rhône-Alpes	744	281	1 018
Bourgogne-Franche-Comté	281	53	434
Bretagne	1 299	470	1 348
Centre-Val de Loire	526	154	718
Corse	93	34	138
Grand Est	515	130	758
Guadeloupe	15	7	16
Guyane	18	8	19
Hauts-de-France	488	194	653
Île-de-France	146	59	183
La Réunion	47	23	50
Martinique	11	4	12
Mayotte	6	2	7
Normandie	218	87	272

Étude prospective sur l'estimation des besoins actuels et futurs de l'agriculture biologique en fertilisants organiques et recommandations en vue de son développement – Rapport final

Nouvelle-Aquitaine	1 996	532	2 567
Occitanie	2 069	290	3 292
Pays de la Loire	647	196	827
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1 180	301	1 792
Total général	10 298	2 826	14 102

Les besoins en NPK sont principalement associés aux légumes et plus particulièrement aux couverts diversifiés « autres légumes », légumes fruits et légumes tiges. Ces couverts représentent 67% des besoins azotés, 55% des besoins en phosphore et 64% des besoins en potassium.

Tableau 47 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de légumes conduits en AB par catégorie de légumes

Catégories de légumes	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Autres légumes	32,2%	28,5%	32,2%
Légumes fruits	21,4%	15,7%	22,3%
Légumes tiges	13,7%	10,4%	9,4%
Pommes de terre (hors féculière)	10,7%	10,7%	16,8%
Maïs doux	7,0%	8,1%	3,2%
Divers PPAM	4,1%	9,5%	3,7%
Légumes racines	2,8%	3,5%	4,8%
Bulbes	2,6%	2,9%	2,6%
Lavande	1,8%	4,3%	1,7%
Lavandin	1,8%	4,2%	1,6%
Légumes feuilles	0,9%	0,8%	1,0%
Houblon	0,3%	0,2%	0,3%
Thym	0,3%	0,7%	0,3%
Coriandre	0,2%	0,3%	0,1%
Romarin	0,1%	0,2%	0,1%
Total général	100%	100%	100%

3.3.6 *Besoins en NPK en cultures permanentes*

3.3.6.1 Principes de raisonnement de la fertilisation en arboriculture et viticulture AB

En cultures pérennes et plus particulièrement en arboriculture et viticulture biologique, on recherche d'abord à maintenir un milieu biologiquement actif avec un équilibre sol/plante garantissant une croissance puis une fructification optimale. Les vergers et vignes n'exportent que peu d'éléments minéraux comparativement aux cultures annuelles ; seuls les besoins en potassium sont élevés.

Selon les besoins du sol, une fumure de fond est réalisée au moment de la plantation. L'entretien organique en cours de production vise à compenser les pertes, maintenir la fertilité, et nourrir les parties ligneuses. En complément de l'entretien humique, des apports nutritifs peuvent être nécessaires pour satisfaire les besoins des vergers et des vignes, selon la technique du double apport. L'azote est indispensable à la croissance des parties ligneuses et à la formation du rendement. Les périodes de besoins d'azote sont la fin de l'hiver, la nouaison, et après l'enlèvement des récoltes. Le phosphore est un élément moteur de la croissance racinaire, très fortement retenu par le sol. Le potassium participe à la synthèse des sucres et protéines.

Les préconisations d'apports sont raisonnées en fonction des prélèvements, restitutions et des exportations de nutriments. Elles dépendent de l'objectif de rendement et des apports d'azote par le sol. En viticulture bio, les besoins d'apports sont très dépendants des terroirs, climats, et contraintes de rendements liées aux appellations. Le recours aux pratiques alternatives telles que l'utilisation d'engrais verts, ou l'association vigne-élevage se développent particulièrement en agriculture biologique.

3.3.6.2 Précisions et choix méthodologiques pour l'estimation des besoins

Les surfaces considérées s'appuient sur les données 2021 de l'Agence Bio et se rapportent aux surfaces cultivées en 2020. Les espèces ont été regroupés en 7 catégories détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 48 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de cultures permanentes

Catégories	Couverts/espèces
Agrumes	Pomelos et pamplemousses, citrons et limes, oranges, mandarines et clémentines, ...
Fruits tropicaux et subtropicaux	Avocats, bananes, grenades, kakis, ananas, ...
Fruits à coque	Noix, châtaignes et marrons, amandes, noisettes, ...
Baies	Fraises, framboises, cassis, myrtilles, ...
Fruits à pépins et à noyau	Pommes, olives, poires, cerises, prunes, abricots, ...
Autres fruits ou sans détail	
Vigne	Toutes appellations

Source : Agence Bio

Des besoins spécifiques en N, P et K ont été définis pour chacune de ces catégories, en détaillant les besoins pour les espèces les plus représentatives (noix, pommes, olives, ...) à partir de la bibliographie existante.

Tableau 49 : Besoins moyens NPK par ha et par an par catégorie de cultures permanentes

ID CULTURE	CODE GROUPE	Besoins Kg eq N / ha/ an	Besoins Kg eq P / ha/ an	Besoins Kg eq K / ha/ an	Sources
Agrumes	FR	165	40	85	Techn'ITAB - Produire des agrumes en agriculture biologique
Autres fruits à coque	FR	105	40	85	Moyenne fruits à coque
Autres fruits à pépins et à noyaux	FR	41	18	73	Moyenne fruits à pépins et noyaux
Autres fruits ou sans détail	FR	88	32	87	Moyenne fruits (tous)
Baies	FR	180	110	265	Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne - guide technique fraise biologique
Châtaignes et marrons	FR	115	30	80	Chambre d'agriculture d'Aquitaine - Conduite du Châtaignier en bio dans le sud-ouest, p12
Fruits tropicaux et subtropicaux	FR	165	40	85	Moyenne agrumes
Noix	FR	95	50	90	Chambre d'Agriculture Rhône-Alpes - Le noyer en Agriculture Biologique, pp4&5
Olives	FR	40	20	55	AFIDOL, https://afidol.org/oleiculteur/fertilisation/
Poires	FR	35	18	53	Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne - Guide fertilisation raisonnée vergers, p18
Pommes	FR	40	30	140	Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne - Guide fertilisation raisonnée vergers, p18
Prunes	FR	48	4	46	Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne - Guide fertilisation raisonnée vergers, p18 ; rendement moyen : 10 à 15 t/ha
Raisin de cuve	VI	27	0	50	Chambre d'agriculture Pyrénées Orientales - Fertilisation d'entretien au sol en viticulture, p1 ; Agence bio (rendement moyen bio - 46hL/ha)

Raisin de table	VI	27	0	50	Chambre d'agriculture Pyrénées Orientales - Fertilisation d'entretien au sol en viticulture, p1 ; Agence bio (rendement moyen bio - 46hL/ha)
-----------------	----	----	---	----	--

3.3.6.3 Estimation des besoins NPK totaux

Le besoin total de l'arboriculture et de la viticulture bio s'élève 7 700 tonnes pour l'azote, 1 800 tonnes pour le phosphore et 12 200 tonnes pour le potassium. Les besoins sont principalement localisés en Occitanie, Nouvelle Aquitaine, Bretagne et PACA.

Tableau 50 : Besoins totaux en NPK par région et par an des cultures permanentes conduites en AB

Régions	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Auvergne-Rhône-Alpes	970	310	1 226
Bourgogne-Franche-Comté	245	44	408
Bretagne	95	62	264
Centre-Val de Loire	197	32	363
Corse	281	66	260
Grand Est	318	56	528
Guadeloupe	42	10	22
Guyane	51	13	28
Hauts-de-France	68	38	140
Île-de-France	21	12	49
La Réunion	71	19	42
Martinique	47	11	24
Mayotte	0	0	0
Normandie	216	149	669
Nouvelle-Aquitaine	1 649	379	2 351
Occitanie	2 057	288	3 405
Pays de la Loire	244	62	506
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1 100	214	1 962
Total général	7 671	1 764	12 247

La viticulture à destination de la production vinicole représente à elle seule près de la moitié des besoins azotés et de potassium de la catégorie. La viticulture et les vergers de noyers et de châtaigniers, représentent, ensemble 69%, 37% et 66% de besoins d'azote, de phosphore et de potassium, respectivement.

Tableau 51 : Besoins totaux en NPK par an des cultures permanentes conduites en AB par couvert/espèce

Couverts/espèces	Besoins totaux N en tonnes / an	Besoins totaux P en tonnes/an	Besoins totaux K en tonnes/an
Raisin de cuve	47,99%	0,00%	55,67%
Noix	11,58%	26,49%	6,87%
Châtaignes et marrons	9,22%	10,46%	4,02%
Pommes	7,74%	25,23%	16,96%
Autres fruits ou sans détail	3,94%	6,27%	2,43%
Autres fruits à pépins et à noyaux	3,39%	6,47%	3,83%
Olives	3,38%	7,35%	2,91%
Fruits tropicaux et subtropicaux	3,03%	3,20%	0,98%
Autres fruits à coque	2,93%	4,85%	1,49%
Baies	2,19%	5,81%	2,02%
Prunes	2,05%	0,74%	1,23%
Agrumes	1,44%	1,52%	0,47%
Poires	0,73%	1,59%	0,69%

Raisin de table	0,38%	0,00%	0,44%
Total général	100%	100%	100%

3.3.7 Estimations des pertes

Les pertes potentielles diffèrent selon les éléments nutritifs. Les pertes de NPK dépendent des pratiques mises en œuvre (rotations, interculture, travaux du sol...), la texture et la structure du sol, et le climat (température, pluviométrie...). L'azote demeure l'élément le plus mobile et le plus susceptible de sortir du système sol-plante à travers le sol, l'air et l'eau. D'après le COMIFER, les principaux flux de sorties de l'azote sont les suivantes :

- **Absorption par la culture** (en ouverture et fermeture du bilan) : l'azote est assimilé par les racines des plantes sous forme de nitrates (NO_3^-) ou dans une moindre mesure sous forme d'ammonium (NH_4^+). Cela correspond aux besoins nets des plantes.
- **Dénitrification** : en condition anaérobie (compactage, saturation en eau), les bactéries du sol transforment les nitrates en diazote gazeux (N_2) et plus marginalement en protoxyde d'azote (N_2O) et oxydes d'azote (NO_x). La dénitrification peut représenter entre 0 et 20 kg/ha/an dans les sols bien drainés¹³ et bien plus en situation d'hydromorphie. Dans le bilan de masse simplifié, les pertes du sol par voies gazeuses sont considérées de faible ampleur et négligées¹⁴.
- **Volatilisation** (voie gazeuse) : l'azote ammoniacal (NH_4^+) peut être volatilisé dans l'atmosphère. Cela représente quelques kg par hectare et par an en fonction des conditions d'application¹⁵. Dans la phase 1, l'utilisation de valeurs fertilisantes des MAFOR basées sur des coefficients d'équivalence à l'engrais minéral tient compte de ces pertes.
- **Lixiviation** (voie aqueuse) : les nitrates migrent dans les horizons du sol lors de période d'excès d'eau dans sol (majoritairement en hiver). Le volume de nitrates perdu par lixiviation peut varier entre zéro et plusieurs dizaines de kg/ha/an de pertes¹⁶. Le GIEC propose une valeur de perte annuelle d'azote par lixiviation de 30% de l'azote total apporté sous forme minérale ou organique¹⁷. D'après GAC et al, ce taux correspondrait aux zones les plus à risque, les valeurs de 5 à 30% peuvent être retenues pour la plupart des situations intermédiaires selon les pratiques et contextes. Les travaux réalisés dans le bassin de l'Orgeval¹⁸ montrent des niveaux de lixiviation et d'émissions atmosphériques sensiblement plus faibles au sein des exploitations de grandes cultures biologiques par rapport aux exploitations conventionnelles. Au sein d'une même exploitation mixte, la rotation longue (7 ans) pratiquée en AB présente des pertes azotées plus faibles que la rotation courte (3 ans) conventionnelle tant au niveau de la lixiviation des NO_3^- (- 25% à la rotation AC) qu'aux émissions atmosphériques (- 28% à la rotation AC). L'analyse de 18 exploitations portant sur 83 parcelles conventionnelles et biologiques montrent des résultats similaires en matière de lixiviation : les quantités d'azote lixiviées seraient 43% plus faibles dans les rotations AB que dans les rotations AC. Compte tenu de la variabilité des résultats, ce paramètre n'a été intégré dans la base de données.
- **Organisation microbienne** : la fraction minérale (ammonium) peut être assimilée par la biomasse microbienne dans la matière organique du sol, celle-ci pourra être reminéralisée. Ce flux s'élève à titre indicatif entre 10 et 30 kgN/ha¹⁹. Ces pertes sont difficilement estimables en AB et sont considérées comme négligeables.

¹³ COMIFER,2013. Calcul de la fertilisation azotée – Guide pour des prescriptions locales.

¹⁴ Id.

¹⁵ Id.

¹⁶ Id.

¹⁷ IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Chapter 10: Emissions from livestock and manure management Tier 1, 87p.

¹⁸ Marie Benoit. Les fuites d'azote en grandes cultures céréalières : Lixiviation et émissions atmosphériques dans des systèmes biologiques et conventionnels du bassin de la Seine (France). Sciences de la Terre. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2014. Français.

¹⁹ Id.

Pour le phosphore et le potassium, les principaux flux de sortie sont les suivants :

- **Ruissellement** : Le phosphore est principalement absorbé sous forme $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-} tandis que le potassium est assimilé par les plantes à partir d'un flux de masse et de la diffusion sous forme de K^+ . Les pertes de phosphore et de potassium sont principalement liées à l'érosion des particules de terre (ruissellement).
- **Lixiviation** : Les pertes sont considérées peu significatives pour le phosphore (< 1kg/ha d'après l'UNIFA) mais celles-ci peuvent plus importantes pour le potassium dans sa forme soluble.

En conclusion, les données existantes ne sont pas représentatives ne permettent pas d'estimer les niveaux de pertes moyens de NPK en AB à l'échelle des régions.

3.3.8 *Estimation des autres apports*

Au-delà de la minéralisation des fertilisants MAFOR, les apports de NPK disponibles et utilisables par dans le système sol-plante peuvent emprunter plusieurs voies. Le calcul des besoins en fertilisation des cultures tel que défini par la méthode du COMIFER prévoit de prendre en compte les autres apports potentiels.

Dans le cadre du bilan simplifié de fertilisation, nous avons pu estimer les apports potentiels azotés issus de la fixation symbiotique des légumineuses et également des dépositions atmosphériques. Les autres apports potentiels sont traités de façon qualitative.

3.3.8.1 Reliquats azotés issus de la fixation symbiotique des légumineuses

Principes de raisonnement de la fertilisation en fonction des reliquats liés aux précédents

Dans la méthode du bilan azoté du COMIFER, « l'effet précédent » est pris en compte via le poste « Mr » (minéralisation nette d'un résidu de récolte du précédent). Selon le précédent cultural, la quantité d'azote minéral restant dans le sol est plus ou moins importante, et entraîne une modification de la dose d'engrais à apporter à la culture suivante. En particulier, les légumineuses sont des espèces intéressantes en agriculture biologique car elles permettent de fixer l'azote de l'air, introduisant ainsi, à moindre coût, des quantités non négligeables d'azote dans les systèmes agricoles. Leur capacité à fixer l'azote leur est conférée par leur association avec des bactéries du genre rhizobium via la formation de nodosités.

Elles peuvent être conduites en cultures pluriannuelles (luzerne, trèfles), annuelles (pois, féverole) ou en inter-culture (trèfle, vesce, sainfoin...). La quantité d'azote libérée au cours de la campagne suivant la destruction d'une légumineuse annuelle est très variable : la méthode des bilans chiffre le surplus lié à un précédent légumineuse annuelle à 30 kg N/ha par rapport à un précédent céréale, mais il peut monter à 80 kg N/ha dans les situations optimales. Après une luzerne ou un trèfle, la minéralisation peut se prolonger sur 2 années et entraîner un surplus de plusieurs dizaines voire centaines de kg. Compte-tenu de la variabilité de ce surplus, la réalisation d'un reliquat sortie hiver est nécessaire pour estimer les quantités d'azote réellement disponibles pour la culture suivante. Cet azote supplémentaire se traduit par des rendements accrus derrière légumineuses et de meilleurs taux de protéines²⁰.

Précisions et choix méthodologiques pour l'estimation des besoins

Les surfaces considérées s'appuient sur les données 2020 de l'Agence Bio et se rapportent aux surfaces cultivées en 2019. L'effet précédent calculé est celui lié aux cultures annuelles de légumineuses ou de mélanges céréales légumineuses, aux engrais verts ainsi qu'à certains couverts fourragers (parcours herbeux, prairies permanentes et mélanges fourragers).

En ce qui concerne les surfaces fourragères, la quantification de l'azote atmosphérique potentiellement fixée par ces couverts a été estimé à partir données nationales d'Agreste²¹. Les parcours herbeux ont été assimilés aux prairies permanentes. En France, les légumineuses sont diversement présentes dans les prairies permanentes : ainsi 70% des surfaces de prairies permanentes disposent de moins 20% de légumineuses, 27% en contiennent une proportion comprise entre 20% et 40% et 3% de prairies permanentes contiennent plus de 40% de légumineuses. Sur la base de cette répartition, nous avons donc estimé la composition moyenne de légumineuses au sein des prairies permanentes et appliqué

20 Agrotransfert, Les légumineuses pour apporter de l'azote dans la rotation

21 Agreste, 2020- Résultats enquête Pratiques culturales en en grandes cultures et prairies 2017..

en proportion les reliquats issus du trèfle (qui se prête le mieux à ce type de couvert). Les reliquats azotés issus du couvert « mélanges fourragers » pour lesquels la composition demeure inconnue ont été assimilés aux reliquats du couvert « mélanges céréales et légumineuses ».

Les cultures ont été regroupées en 11 catégories.

Tableau 52 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de couverts à capacité de fixation de l'azote atmosphérique

Catégorie	Couvert/Espèce	Ntotal_eq	Source mobilisée avec numéro de page
GCU	Soja	20,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Soja p14
GCU	Trèfle	30,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Trèfle p14
GCU	Luzerne	40,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Luzerne retournée fin d'été p14
GCU	Légumes secs	30,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Féverole p14
GCU	Protéagineux	30,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Féverole p14
GCU	Engrais vert	10,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Méteil p14
GCU	Mélange céréales légumineuses	10,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Méteil p14
SF	Mélange fourrager	10,00	Chambre agriculture Normandie, Guide de calcul des doses d'azote, Méteil p14
SF	Parcours herbeux	10,00	Estimation à partir de la composition des prairies permanentes - apport estimé au prorata de la part de légumineuse (base trèfle)
SF	Prairie permanente	10,00	Estimation à partir de la composition des prairies permanentes - apport estimé au prorata de la part de légumineuse (base trèfle)

Source : AND International d'après Chambre Agriculture de Normandie et Agreste

Estimation des reliquats azotés par région

Les reliquats azotés des couverts/espèces ayant une capacité à fixer l'azote atmosphérique ont été évalués à 28 600 tonnes pour l'ensemble de la France. Les régions les mieux pourvues sont l'Occitanie, la Nouvelle-Aquitaine et la Bourgogne Franche-Comté.

Tableau 53 : Estimation des reliquats azotés par région en tonnes en 2020

Régions	Reliquats azotés
Auvergne-Rhône-Alpes	3 983
Bourgogne-Franche-Comté	2 959
Bretagne	828
Centre-Val de Loire	913
Corse	436
Grand Est	2 661
Guadeloupe	1
Guyane	52
Hauts-de-France	590
Île-de-France	349
La Réunion	4
Martinique	1
Normandie	1 570
Nouvelle-Aquitaine	3 129
Occitanie	6 864
Pays de la Loire	2 158
Provence-Alpes-Côte d'Azur	2 124
Total général	28 623

Source : AND International à partir de données Agence Bio, Agreste, Chambre Agriculture de Normandie

3.3.8.2 Dépôts atmosphériques

Principe de prise en compte des dépôts atmosphériques dans le raisonnement de la fertilisation

Les dépôts atmosphériques (principalement azote) sont souvent négligés dans l'équation simplifiée du bilan de fertilisation dans les systèmes conventionnels. Compte tenu des spécificités de l'agriculture biologique, ils sont analysés ici.

3.3.8.2.1 Apports d'azote atmosphérique

La déposition d'azote par les pluies serait liée à différents phénomènes dont la re-déposition des pertes d'azote dans l'atmosphère et la formation de nitrate d'ammoniaque dans l'atmosphère lors d'épisodes orageux. L'impact quantitatif de ce phénomène est mal documenté par les organismes d'étude et de recherche au sein des écosystèmes cultivés. Les dépositions d'azote atmosphérique sont évaluées entre 5 et 15 kgN/ha/an²². En moyenne, la déposition d'azote atmosphérique sur les sols peut être **estimée à 12 unités/ha/an sur le territoire métropolitain**²³. Cette valeur qui semble cohérente est prise en compte comme apport non MAFOR pour la fertilisation des cultures biologiques.

Au niveau national, cela correspond donc à un volume de **31 100 tonnes** d'azote équivalent engrais.

Tableau 54 : Estimation des dépositions d'azote atmosphériques sur les surfaces cultivées en AB en 2020 en tonnes d'azote efficace

Régions	Azote équivalent engrais en tonnes
Auvergne-Rhône-Alpes	3 637
Bourgogne-Franche-Comté	2 671
Bretagne	1 887
Centre-Val de Loire	1 214
Corse	383
Grand Est	2 569
Guadeloupe	10
Guyane	45
Hauts-de-France	642
Île-de-France	434
La Réunion	23
Martinique	8
Mayotte	1
Normandie	1 505
Nouvelle-Aquitaine	4 017
Occitanie	6 790
Pays de la Loire	2 972
Provence-Alpes-Côte d'Azur	2 283
Total général	31 092

Source : AND International à partir de données Agence Bio et Poisvert et al.

3.3.8.2.2 Apports de phosphore atmosphérique

Le phosphore est un élément peu mobile. La littérature confirme ainsi que les apports de phosphore d'origine atmosphériques sont quasiment nuls. Selon le MTES, « La déposition atmosphérique étant négligeable, les entrées se font essentiellement par les apports minéraux et organiques »²⁴.

²² Agrotransfert et territoire, 2016, Gestion de l'azote en agriculture biologique.

²³ Poisvert . F. Curie . F. Moatar, avril 2016, Annual agricultural N surplus in France over a 70-year period, C Université de Tours. p.14.

²⁴ MTES, 2019, Rapport sur l'état de l'environnement, Fiche thématique sur le cycle du phosphore.

3.3.8.2.3 Apports de potassium atmosphérique

L'étude de la littérature scientifique et technique semble montrer que la déposition atmosphérique du potassium (par la mer, les forêts, les rejets des activités biologiques et humaines) est négligeable. Elle n'est par exemple pas prise en compte par l'UNIFA dans la description du cycle du potassium. Des études nord-américaines tendent à montrer que les apports atteignent de 1 à 1,5 kg par hectare et par an maximum et peuvent même être nuls selon les endroits des relevés²⁵²⁶. Ce niveau d'apport apparaît effectivement négligeable vis-à-vis des besoins des cultures. Il n'est donc pas pris en compte dans les calculs.

3.3.8.3 Fixation non symbiotique de l'azote

L'air est composé en volume à 78 % de diazote. Ainsi au-dessus de chaque hectare, se trouve une colonne gazeuse de 78 000 t d'azote²⁷. Cet azote atmosphérique peut être fixé par des bactéries symbiotiques des légumineuses (voir partie sur les reliquats d'azote). Cependant il existe aussi des mécanismes biologiques de fixation libre par des bactéries présentes sur les feuilles ou dans les sols. Ce mécanisme est connu sous le nom de diazotrophie bactérienne.

La fixation libre de l'azote peut se faire de façon spontanée dans les cultures agricoles, ou de façon « forcée » par ajout de biostimulants ou de bactéries extérieures. Selon les agro-écologues Joseph Pousset (Agriculture Naturelle, Éditions France Agricole 2008) et Francis Buaille (Revitaliser les sols, Dunod 2020), la fixation libre spontanée peut apporter un potentiel de 30 à 50 unités par an. Cependant ces apports peuvent être bien inférieurs si les conditions d'activité des bactéries ne sont pas remplies (trop forte présence d'azote dans le sol, manque d'oxygène...). L'efficacité de cette fixation libre naturelle basée sur l'activité enzymatique des nitrogénases dépend aussi de différents facteurs qui peuvent être favorisés par des pratiques ciblées, notamment des apports ou le maintien de la présence de minéraux et d'oligo-éléments spécifiques sous forme biodisponible.

En l'absence de quantification fiable et vu la variabilité des conditions d'expression de la diazotrophie, le COMIFER considère la fixation non symbiotique comme un phénomène de faible ampleur, compensant les pertes du sol par voie gazeuse (dénitrification pour l'essentiel).

3.3.8.4 Minéralisation de l'humus

La minéralisation de l'humus est un poste important dans l'apport des éléments NPK dans la solution du sol et donc la fertilisation des plantes. La matière organique humifiée contiendrait presque 90% de l'azote organique total du sol²⁸. L'apport régulier de produits résiduels organiques contribue à augmenter le stock de carbone et d'azote organique contenu dans l'humus du sol. Le projet CASDAR, Gestion Durable des Sols avec des PRO a montré qu'au bout de 10 ans d'apports annuels de fumier de bovins à la dose de 100 kg d'azote/ha, le stockage d'azote organique représentait 330 kg/ha soit 1/3 de l'azote apporté. La minéralisation nette de l'humus du sol est variable et dépend de nombreux facteurs (température, microbiologie, l'humidité, teneur en NPK, rapport C/N et C/P, caractéristiques du sol ou coefficient de minéralisation, type de culture). Ce processus peut minéraliser 2 à 3% du pool d'azote organique contenu dans l'humus²⁹ chaque année et apporter entre 40 et 100 unités d'azote par hectare et par an³⁰.

La minéralisation des éléments nutritifs les années suivants l'épandage de ces matières peut être significatif d'autant plus que leur apport est régulier et fréquent. Cela est particulièrement le cas de l'azote. A moyen terme (2-3 ans), l'azote organique minéralisé provient de la fraction moins facilement

²⁵ Rock Ouimet et Louis Duchesne, 2009, Dépôts atmosphériques dans les forêts au Québec.

²⁶ Department of Forestry and Environmental Conservation, Clemson University, Quantifying and Mapping Atmospheric Potassium Deposition for Soil Ecosystem Services Assessment in the United States, 2019.

²⁷ Buaille, 2020. Revitaliser les sols, Dunod.

²⁸ Arvalis, 2011. La minéralisation de l'humus. Le socle des fournitures d'azote par le sol. Perspectives Agricoles.

²⁹ Agridea Lindau/ FiBL, 2013. Fourniture d'azote par la matière organique du sol

³⁰ Agrotransfert et Territoires, 2016. Fiches thématiques - Gestion de l'azote en Agriculture Biologique.

biodégradable de la matière organique de la MAFOR épandue tandis qu'à plus long terme (10 ans ou plus), elle provient de la minéralisation de la matière organique humifiée³¹ (Houot et al, 2013).

A l'instar des autres paramètres du bilan de fertilisation azotée, la minéralisation de l'humus est généralement estimée à l'échelle de la parcelle et/ou de l'exploitation à partir de l'équation du COMIFER suivante.

$$Mh = Km \times TNorg \times JN$$

avec :

- Km (ou K2) le taux de minéralisation de l'azote humifié calculé sur la base d'un coefficient standard ($Km_{standard}$) modulé par la fréquence et le type d'apport de produits résiduaux organiques (F_{syst}). Celui-ci se calcule tel que $Km = Km_{standard} \times F_{syst}$. Le
- TNorg : le stock d'azote organique humifié de la couche minéralisante calculé sur la base du pourcentage d'azote total présent dans le sol (%Nt), la profondeur (30 cm) et la densité apparente et le pourcentage d'éléments grossiers. Celui se calcule tel que : $TNorg = \%Nt \times Prof \times Da \times (100 - \% Vol EG) / 100 G$.
- JN : le nombre de jours normalisés sur la période de calcul du bilan (avec température > 15°C).

Cette approche n'a pu être menée dans le cadre de cette étude car les données disponibles ne permettent pas d'approcher les taux de minéralisation ($Km_{standard}$) ni les stocks d'azote organique humifiés (TNorg) par région. Cette extrapolation requière de disposer de données sur la composition (le taux moyen d'argile des sols, le taux de calcaire) et la texture des sols (le volume moyen d'éléments grossiers et la densité apparente) qui n'existent pas au niveau régional.

3.3.8.5 Minéralisation des résidus des cultures précédentes

La minéralisation de l'azote associée à un retournement d'une prairie, aux résidus d'une précédente culture ou d'une culture intermédiaire peuvent conduire à des apports de NPK. L'apport potentiel des résidus de culture en P et K dépend de la partie récoltée de plante. La majorité du phosphore prélevé par la culture étant contenu dans le grain, si la culture est destinée à produire des graines (blé, tournesol, colza, soja...), le phosphore prélevé sera donc exporté. Au contraire la majorité du potassium (80 à 90 %) est présent dans les parties végétales à savoir les tiges et les feuilles, sous une forme très soluble. L'enfouissement et la décomposition des pailles, chaumes ou/autres résidus dans le sol permet ainsi de libérer le potassium sous une forme identique à celle d'un engrais potassique.

Les données disponibles ne permettent pas de déterminer les surfaces de prairies biologiques ayant été retournées, ni les pratiques en matière d'exportation ou non de pailles, ni les surfaces de cultures intermédiaires. Par conséquent, ces postes n'ont pu être intégrés dans le bilan de fertilisation simplifié.

3.3.8.6 Gisement du sol

La teneur du sol en éléments fertilisants est un facteur pris en compte dans les calculs de dose d'engrais à titre individuel par l'agriculteur et au cas par cas, selon l'hétérogénéité de ses parcelles.

Le sol est en effet un gisement majeur en P et K. Cependant ce gisement ne peut pas être directement traduit en équivalent engrais.

Le calcul de fertilisation du COMIFER contourne cette difficulté en attribuant à chaque situation un coefficient multiplicatif des exportations. Ce coefficient tient compte de la teneur du sol, du type de sol, de l'ancienneté des derniers apports de fumure et des exigences de la culture.

Une réflexion a eu lieu pour transformer les données des teneurs P et K des sols français en un coefficient multiplicatif des exportations moyennes par région pour estimer les besoins dans la base de données générale. En se basant sur la teneur moyenne régionale de chaque sol et sur les besoins d'une culture moyennement exigeante on peut en déduire facilement un coefficient multiplicateur moyen. Cependant cette méthode semble hasardeuse du fait de la grande hétérogénéité des sols et du fait que les coefficients multiplicateurs n'évoluent pas de façon linéaire avec la teneur du sol.

A titre d'exemple, ce raisonnement appliqué au potassium pourrait conduire à estimer un coefficient de 0 pour une région fortement pourvue en moyenne (cas du Languedoc Roussillon par exemple pour le

³¹ Houot S., Pierre P., Decoopman B., Trochard R., Gennen J., Luxen P. (2015) : "Minéralisation de produits résiduaux organiques : des sources d'azote variées", *Fourrages*, 224, 257-264.

potassium). Or il est certain que ce besoin n'est pas nul par le fait même que les données du premier décile et quartile (-cf annexe 10) montre des besoins existants.

Pour transcrire de façon plus rigoureuse les teneurs de la BDAT en besoins moyens par régions, il faudrait pouvoir accéder aux données moyennes de chaque quartile ou encore mieux de chaque décile, or la BDAT fournit au mieux le premier et le dernier décile ou quartile.

La BDAT a cependant permis de réaliser une évaluation qualitative de la teneur en NPK des sols métropolitains. Cette évaluation est adjointe en annexe 10.

3.4 Synthèse des besoins nutritifs des cultures conduites en AB

3.4.1 Synthèse des besoins NPK par type de couvert

Les besoins totaux en NPK équivalents engrais pour les couverts cultivés en Agriculture Biologique en 2020 ont été estimés respectivement à 232 200 tonnes d'azote, 84 500 tonnes de phosphore et 263 400 tonnes de potassium. Les surfaces fourragères concentrent la majeure partie des besoins soit 74% des besoins en azote, 68% des besoins en phosphore et 81% des besoins en potassium.

Tableau 55 : Synthèse de besoins NPK par catégorie de couvert cultivé en AB en 2020 en tonnes équivalent engrais

Catégorie de couvert	Besoin N en tonnes /an	%	Besoin P en tonnes/an	%	Besoin K en tonnes/a n	%
Autres	988	0%	321	0%	1 182	0%
Arboriculture	3 960	2%	1 764	2%	5 375	2%
Grandes cultures	45 180	19%	21 991	26%	28 510	11%
Légumes	6 019	3%	2 279	3%	6 668	3%
PPAM	568	0%	546	1%	562	0%
Surfaces fourragères	171 794	74%	57 587	68%	214 251	81%
Viticulture	3 711	2%	-	0%	6 872	3%
Total général	232 220	100%	84 489	100%	263 420	100%

Source : AND International

3.4.2 Synthèse des besoins NPK par région

Les besoins en éléments nutritifs sont concentrés dans les régions disposant des plus grandes surfaces fourragères et de grandes cultures conduites en AB. Les régions Occitanie (19%), Auvergne Rhône Alpes (13%), Nouvelle Aquitaine et Pays de la Loire comptent pour la grande majorité des besoins estimés.

Tableau 56 : Synthèse de besoins NPK des couverts conduits en AB par région en 2020 en tonnes équivalent engrais

Régions	Besoins totaux N en tonnes / an	%	Besoins totaux P en tonnes/an	%	Besoins totaux K en tonnes/an	%
Auvergne-Rhône-Alpes	30 550	13%	10 104	12%	33 774	13%
Bourgogne-Franche-Comté	19 071	8%	7 736	9%	22 599	9%
Bretagne	17 147	7%	5 540	7%	17 634	7%
Centre-Val de Loire	8 118	3%	3 315	4%	8 414	3%
Corse	3 144	1%	897	1%	3 247	1%
Grand Est	19 483	8%	7 480	9%	22 334	8%
Guadeloupe	86	0%	32	0%	81	0%
Guyane	395	0%	112	0%	386	0%
Hauts-de-France	5 325	2%	1 929	2%	5 660	2%
Île-de-France	2 471	1%	1 270	2%	3 105	1%
La Réunion	153	0%	55	0%	133	0%
Martinique	71	0%	21	0%	54	0%

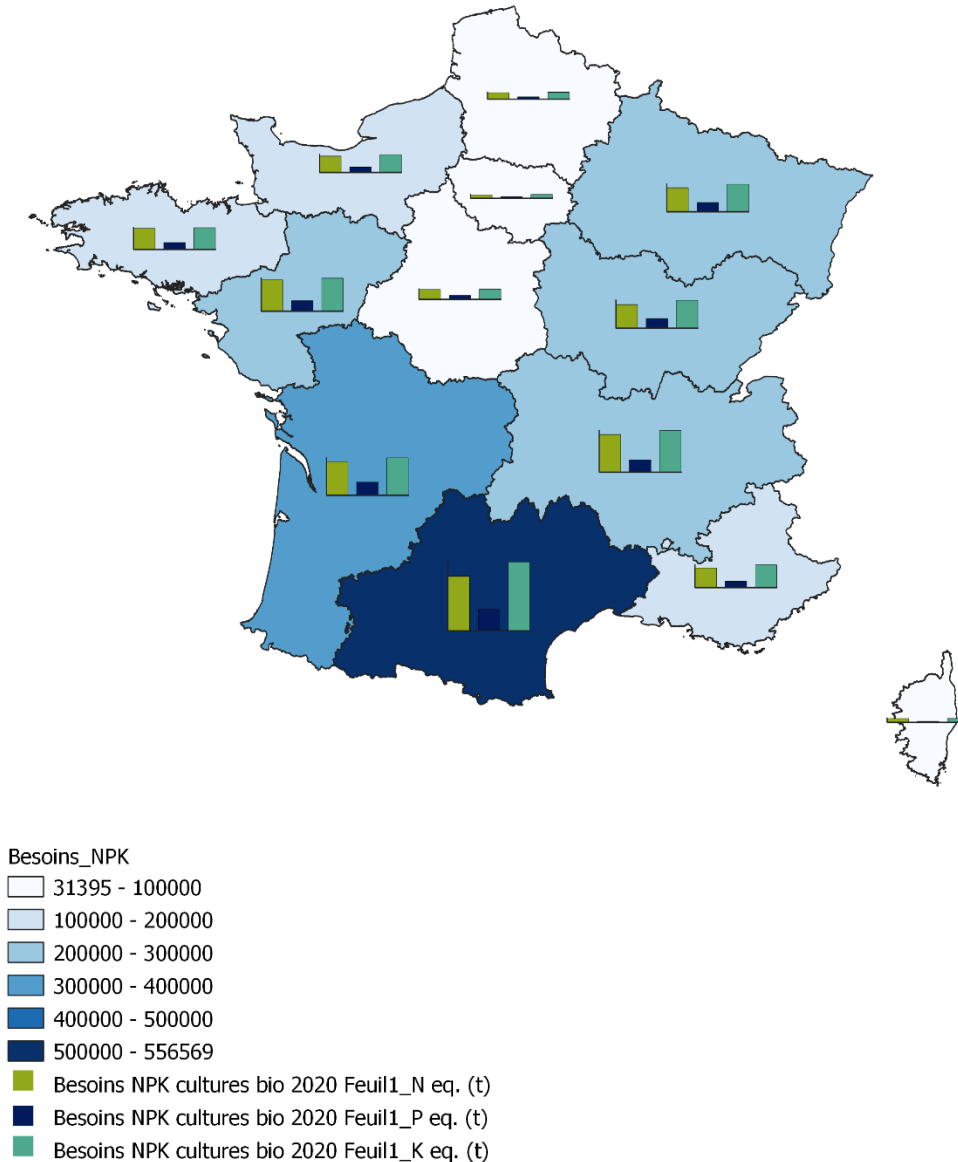
Étude prospective sur l'estimation des besoins actuels et futurs de l'agriculture biologique en fertilisants organiques et recommandations en vue de son développement – Rapport final

Mayotte	6	0%	2	0%	7	0%
Normandie	13 236	6%	4 355	5%	14 491	6%
Nouvelle-Aquitaine	27 316	12%	10 623	13%	30 356	12%
Occitanie	44 264	19%	17 469	21%	55 924	21%
Pays de la Loire	25 425	11%	8 491	10%	26 750	10%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	15 958	7%	5 058	6%	18 470	7%
Total général	232 220	100%	84 489	100%	263 420	100%

Source : AND International

3.5 Cartographie des besoins en éléments nutritifs

Figure 8 : Cartographie des besoins totaux des cultures engagées en AB en 2020 en NPK en tonnes équivalent engrais et répartition de la SAU engagée en AB en ha



3.6 Bilan de fertilisation

Le bilan de fertilisation consiste à analyser de façon simplifiée la capacité des gisements de MAFOR utilisables en Agriculture Biologique et mobilisables (phase 1) à couvrir les besoins estimés des cultures conduites en bio en éléments nutritifs primaires (phase 2). Il s'agit donc de mesurer à la fois les équilibres existants par région et par élément nutritif mais également de mesurer la part des besoins des cultures couverte par les MAFOR UAB. Le bilan de fertilisation simplifié été établi à l'échelle de la France, DOM et importations incluses. Le bilan est approché de deux façons différentes :

- En valeur absolue par élément nutritif (tonnes) : cela correspond à une simplification du bilan de masse permettant de mesurer les déficits ou surplus de NPK en tonnes équivalent engrais :

$$\text{Bilan de masse simplifié en tonnes} = \text{NPK eq. apportés par MAFOR UAB} + \text{autres apports NPK eq} - \text{Besoins NPK eq. cultures bio} - \text{pertes NPK eq}$$

- En valeur relative (%) : cela correspond à la capacité du gisement de MAFOR mobilisable et utilisable en AB à couvrir les besoins des couverts engagés en AB de NPK en tonnes équivalent engrais :

$$\text{Part de fertilisation MAFOR en \%} = \frac{\text{NPK eq. engrais apportés par MAFOR UAB}}{\text{Besoins NPK eq. engrais SAU bio} - \text{pertes} + \text{autres apports}}$$

3.6.1 Bilan de fertilisation France

Le bilan de fertilisation national du système MAFOR UAB / cultures biologiques, DOM et importations incluses, dépend des paramètres considérés.

Si l'on tient compte de l'**azote total** contenu dans le gisement de MAFOR UAB, alors le bilan de fertilisation est en excès de **+ 499 kt**. Au contraire, si l'on ne considère que les apports **d'azote efficace** (en incluant les arrières-effets) alors le bilan de fertilisation varie entre **-23 kt** dans les conditions les moins bonnes (Ntotal_eq_min) et **+ 83 kt** dans des conditions de gestion optimales (Ntotal_eq_max). Pour mémoire, les coefficients d'efficacité de l'azote dépendent de multiples paramètres tels que : la température, l'humidité, la culture réceptrice, le type de sol, la période d'épandage, le matériel utilisé et le délai d'enfouissement etc... Les MAFOR mobilisables UAB pourraient ainsi couvrir entre 90% à 150% des besoins nets en azote efficace des cultures conduites en AB en France.

En phosphore, les volumes de MAFOR UAB et mobilisables permettent de couvrir théoriquement la totalité des besoins de phosphore des cultures biologiques avec un excès de **274 kt**. Le gisement de phosphore équivalent engrais contenu dans les MAFOR UAB pourraient ainsi apporter près de **4,2 fois** les besoins des surfaces bio actuelles.

En potassium, la situation est semblable à celle du phosphore avec un excès potentiel de **918 kt** équivalent engrais. Cela permettrait de couvrir jusqu'à **3,5 fois** les besoins de la sole cultivée en AB en 2020.

Ces données sont à considérer avec prudence compte tenu des hypothèses nécessaires à leur évaluation et aux limites de l'approche simplifiée.

Tableau 57 : Bilan de fertilisation au niveau national en tonnes et en %

BILAN FERTILISATION	N total	Ntotal_eq max	Ntotal_eq min	P eq	K eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	499	83	-23	274	918
2. Part de la fertilisation MAFOR dans la couverture des besoins en %	389%	148%	87%	424%	349%

Source : AND International

3.6.1 Bilan de fertilisation France – hypothèse autosuffisance AB

Afin de mesurer l'autonomie du système AB, nous avons décliné un second bilan de fertilisation ne retenant comme MAFOR UAB que les seuls effluents issus d'élevages biologiques.

D'après nos estimations, le bilan de fertilisation serait largement déficitaire pour chaque élément considéré. En ne tenant compte que de l'azote efficace (Ntotal_eq_max et Ntotal_eq_min), le déficit serait compris entre **-152 et -161 kt** ce qui signifie que les effluents issus d'élevages biologiques ne couvriraient **que 7% à 12% des besoins des cultures engagées en AB. Le constat est le même en phosphore et potassium, les effluents issus d'élevages biologiques ne permettant de répondre qu'à respectivement 14% et 9% des besoins nets des cultures biologiques.**

Tableau 58 : Bilan de fertilisation hypothèse autosuffisance AB au niveau national en tonnes et en %

BILAN FERTILISATION	N total	Ntotal_eq max	Ntotal_eq min	P eq	K eq
---------------------	---------	---------------	---------------	------	------

1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	-119	-152	-161	-60	-183
2. Part de la fertilisation MAFOR dans la couverture des besoins en %	31%	12%	7%	14%	9%

Source : AND International

3.6.2 Bilan de fertilisation NPK par région

Le bilan de fertilisation a été réalisé au niveau des seules régions métropolitaines, en excluant les volumes de MAFOR importés, afin d'estimer les situations potentielles d'excès ou de déficit.

En matière d'azote, la situation est contrastée dans le cas de l'hypothèse Ntotal_eq_max. Les bilans sont généralement positifs à l'exception notables de l'Occitanie, et la Région PACA et de la Corse. Pour ces régions, la couverture des besoins azotés des cultures est d'ores et déjà un défi. Les régions d'élevage telles que la Bretagne, la Normandie et les Pays de la Loire sont largement excédentaires ; D'autres régions bénéficient d'un faible développement de surfaces biologiques (Grand Est, Hauts de France) ce qui favorise les bilans excédentaires.

Dans le cas de l'hypothèse d'un coefficient équivalent engrais minimum (Ntotal_eq_min), la situation est très dégradée pour l'ensemble des régions à l'exception de la Bretagne, la Normandie, les Hauts de France et les régions ultramarines.

En phosphore et en potassium, les bilans de fertilisation sont tous positifs mis à part pour la Corse et la région PACA.

Tableau 59 : Bilan de fertilisation au sein de chaque région métropolitaine en tonnes équivalent engrais (importations exclues)

Régions	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
Auvergne-Rhône-Alpes	4 008	-6 807	27 788	73 201
Bourgogne-Franche-Comté	3 205	-2 660	16 098	51 669
Bretagne	28 537	6 201	48 947	91 478
Centre-Val de Loire	1 085	-1 428	8 589	20 669
Corse	-2 090	-2 134	-507	-2 176
Grand Est	6 355	-903	23 840	70 112
Guadeloupe	419	177	632	1 450
Guyane	-122	-195	144	278
Hauts-de-France	13 423	7 002	25 736	66 662
Île-de-France	18	-151	1 739	4 532
La Réunion	1 963	680	2 419	3 538
Martinique	274	96	424	838
Mayotte	250	131	357	840
Normandie	13 722	4 416	29 154	81 752
Nouvelle-Aquitaine	9 334	-2 452	29 797	77 010
Occitanie	-12 274	-19 138	7 757	15 932
Pays de la Loire	14 250	-607	38 535	95 074
Provence-Alpes-Côte d'Azur	-9 001	-9 443	-574	-6 693
TOTAL	73 356	-27 213	260 875	646 166

Source : AND International

L'analyse de la couverture des besoins NPK par les MAFOR UAB permet d'affiner le bilan de masse simplifié régional. En azote, les régions accusant les plus grands déficits en valeur absolue sont également celles qui présentent la couverture de leurs besoins par les MAFOR UAB la plus faible. Selon les hypothèses de gisement d'azote retenues (max ou min) et à l'exclusion des DOM dont les situations sont atypiques (surfaces biologiques très limitées) certaines régions disposent de ressources endogènes significatives telles que la Bretagne (entre 142% et 297% de ses besoins azotés), les Hauts de France (263% et 420%) Nouvelle Aquitaine (87% et 145%), les Pays de la Loire (96% et 169%) et la Normandie (142% et 234%). Concernant le phosphore et le potassium, toutes les régions présentent des situations d'excès (> 100%) à l'exclusion notable de la Corse et de la PACA.

Tableau 60 : Couverture des besoins NPK annuels en équivalent engrais des cultures bio, reliquats inclus, par les MAFOR UAB en % (importations exclues)

Régions	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
Auvergne-Rhône-Alpes	117%	70%	375%	317%
Bourgogne-Franche-Comté	124%	80%	308%	329%
Bretagne	298%	143%	983%	619%
Centre-Val de Loire	118%	76%	359%	346%
Corse	10%	8%	43%	33%
Grand Est	145%	94%	419%	414%
Guadeloupe	667%	340%	2060%	1887%
Guyane	59%	35%	228%	172%
Hauts-de-France	428%	271%	1434%	1278%
Île-de-France	101%	91%	237%	246%
La Réunion	1662%	641%	4505%	2753%
Martinique	548%	257%	2098%	1663%
Mayotte	4864%	2600%	14933%	12214%
Normandie	235%	143%	769%	664%
Nouvelle-Aquitaine	146%	88%	381%	354%
Occitanie	60%	37%	144%	128%
Pays de la Loire	170%	97%	554%	455%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	22%	18%	89%	64%
TOTAL	143%	84%	409%	345%

Source : AND International

3.7 Conclusions

L'analyse des bilans de fertilisation et de besoins en NPK montrent plusieurs éléments :

- Les besoins de NPK sont concentrés géographiquement sur quelques régions et sur une poignée de cultures :
 - + 60% des besoins en NPK eq des cultures conduites en AB eq. engrais sont localisés en régions Occitanie, Auvergne Rhône-Alpes, Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire.
 - + de 80% des besoins NPK eq concernent les surfaces fourragères et les grandes cultures et dont 74% pour les seules cultures fourragères.
 - 16 cultures/couverts conduits en AB concentrent 90% des besoins NPK en France.
- Les bilans de fertilisation sont contrastés selon les éléments nutritifs considérés et entre les régions :
 - Concernant le phosphore et le potassium :
 - Au niveau national, la situation est globalement excédentaire ; le gisement de MAFOR mobilisable UAB permet de couvrir près de 3,5 les besoins estimés des cultures biologiques
 - Au niveau régional, toutes les régions sont largement excédentaires à l'exception de la Corse et la PACA (< 100%) ; à noter l'Occitanie dont l'excédent est limité.
 - Concernant l'azote au niveau national, la situation est contrastée selon les hypothèses étudiées :
 - Le bilan est très excédentaire si on tient compte du Ntotal avec une couverture des besoins de 3,8.

- Le bilan simplifié est excédentaire avec l'hypothèse Neq max (147%) tandis qu'il est très déficitaire avec Neq min (85%).
- Les autres apports (reliquats azotés et dépositions atmosphériques) ainsi que les arrières-effets représentent une part significative du gisement d'azote efficace mobilisable estimé à 17% de d'azote total apporté par les MAFOR UAB.
- Concernant l'azote au niveau régional, les régions présentent des profils différents selon l'importance de l'élevage bio et conventionnel et des surfaces conduites en AB
 - Certaines régions présentent des bilans favorables de part l'importance de l'élevage (Bretagne, Normandie) ou de la faiblesse des surfaces engagées en AB (Hauts de France).
 - Certaines régions présentent des bilans à l'équilibre ou déficitaires selon les options étudiées ; c'est le cas des régions Auvergne Rhône Alpes, Bourgogne Franche Comté, Centre Val de Loire, Grand Est, Nouvelle Aquitaine, et Pays de la Loire.
 - Certaines régions présentent des déficits dans les différentes options : Corse, Ile de France, Occitanie et PACA.
 - DOM : surfaces engagées en AB très limitées conduisent à une large couverture des besoins estimés.

L'analyse des bilans de fertilisation met en lumière la fragilité en apparence d'un développement des filières végétales biologiques au sein des régions où l'élevage, biologique ou conventionnel, demeure limité et plus particulièrement concernant la disponibilité de l'azote. C'est le cas de régions majeures dans le développement de l'AB en France comme l'Occitanie, la Bourgogne Franche-Comté, l'Auvergne Rhône Alpes et la PACA. Des trois éléments nutritifs étudiés, l'azote est de loin le plus limitant en apparence.

3.8 Limites

L'exercice d'évaluation du gisement UAB et des besoins en NPK des cultures conduites en AB demeure un exercice exploratoire et théorique. En effet, seule une partie des MAFOR mobilisables et UAB est aujourd'hui valorisée sur des terres biologiques. La situation théorique d'équilibre voire d'excès présentée ci-dessus serait donc plus dégradée dans la réalité. Or les rendements observés de certaines productions (céréales notamment) attestent d'une couverture des besoins.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce décalage entre les besoins estimés et les apports mobilisables, notamment sur la couverture azotée :

- Méthode:
 - Le bilan de fertilisation N ou PK s'applique généralement à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation, son extrapolation aux niveaux régional et national nécessite de simplifier certains paramètres pouvant pourtant être significatifs dans la gestion des éléments fertilisants. Par exemple, la minéralisation de l'humus du sol, les effets de stocks, les pertes par lixiviation n'ont pas pu être approchés quantitativement dans ces travaux.
- Gisement et apports :
 - Gisement mobilisable : l'étude s'intéresse aux volumes théoriquement mobilisables et utilisables en AB. La plupart des effluents non bio estimés dans le cadre de la phase 1 disposent de débouchés existants. Leur mobilisation pour l'agriculture biologique nécessitera donc des ajustements économiques et logistiques pour les surfaces biologiques bénéficiaires et également pour les exploitations non biologiques ne bénéficiant plus de ces apports.
 - Minéralisation de l'humus : dans le bilan de masse du COMIFER, les arrières-effets des MAFOR sont intégrés dans les apports liés à la minéralisation nette de l'humus du sol (Mh). Nous avons fait le choix d'estimer les arrières-effets dans la phase 1 via l'introduction de Keq_organique tel que proposé dans l'étude réalisée par ICARE & Consult. Au delà de ce facteur, la minéralisation de l'humus du sol peut apporter des quantités

très significatives. On peut supposer que les systèmes biologiques, qui bénéficient d'épandages réguliers de matières fertilisantes organiques ; optimisent ce processus. La minéralisation des éléments nutritifs les années suivants l'épandage de ces matières peut être significatif. Cependant les données disponibles ne permettent pas d'extrapoler les apports de Mh à l'échelle de la région, le calcul dépendant de paramètres propres à chaque parcelle (stock d'azote organique humifié de la couche minéralisant, texture du sol, teneur en calcaire et argile, ...³²).

- Minéralisation des résidus de culture et des cultures intermédiaires : les données de surface disponibles ne permettent pas de connaître les successions de cultures mises en œuvre et l'ensemble des cultures intermédiaires implantées. En système grandes cultures biologiques, il peut être supposé que les cultures intermédiaires soient maximisées dans les rotations pour bénéficier de la minéralisation de la fraction azotée organique.
- En système Bio, les arrières effets du phosphore épandu est très important, puisqu'à l'échelle d'une rotation longue, le phosphore total apporté par les Mafor, devient disponible dans les cycles biologiques. Le bilan est donc moins dégradé si l'on considère les apports de Ptotal plutôt que celui de P équivalent engrais (Peq).
- Besoins et pertes :
 - Couverts : la classification des couverts ne permet pas de connaître avec précision leur composition, cela est le cas notamment des prairies permanentes, parcours, mélanges qui peut être composés de façon significative de légumineuses. Les trois quarts des besoins nets de NPK sont liés aux cultures fourragères dont une grande part de prairies. Pour ces dernières, la composition moyenne en légumineuse étant inconnue, elle a été estimée sur la base de données nationales autour de 10% de légumineuse en moyenne. Cette proportion peut potentiellement être plus élevée.
 - Pertes : les pertes potentielles ont été évoquées mais non incluses dans le bilan de fertilisation car trop hétérogènes pour être extrapolées au contexte des pratiques biologiques qui utilise des matières fertilisantes organiques dont la fraction minérale est par nature plus limitée que les engrais de synthèse.
 - Les pertes d'éléments nutritifs spécifiques aux systèmes biologiques ne sont pas connues et les données existantes sont difficilement généralisables. Cependant il peut être supposé que celles-ci soient plus faibles en systèmes grandes cultures biologiques du fait de rotations plus longues, d'apports de MAFOR ayant des fractions azotées minérales plus faibles et des pratiques favorisant la vie microbienne du sol et la minéralisation lente.

³² COMIFER, 2013. Calcul de la fertilisation azotée ; guide de prescriptions pour une application locale. p.

4. PHASE 3 : ANALYSE COMPARATIVE OFFRE ET DEMANDE A HORIZON 2030 : « DE QUOI DISPOSERONS NOUS ? »

4.1 Objectifs de la phase 3

L'objectif de cette phase est de proposer des scénarii contrastés sur l'évolution de l'offre et la demande en matières fertilisantes utilisables en AB d'ici 2030 en fonction de l'évolution conjointe de plusieurs variables.

4.2 Méthodologie de la phase 3

La méthode des scénarii vise à concevoir les futurs possibles et d'explorer les cheminements qui y conduisent en vue d'éclairer la prise de décision et l'action qui en découle. Pour ce faire, un groupe d'une vingtaine d'experts a été mobilisé. Pour chacun de ces scénarii, un bilan de fertilisation simplifié a été établi **selon 2 modalités** :

- Modalité A : Bilan fertilisation incluant toutes les cultures : ce bilan inclue toutes les surfaces cultivées en AB y compris les prairies permanentes et parcours herbeux dont les modalités de fertilisation sont méconnues en AB.
- Modalité B : Bilan de fertilisation excluant les prairies permanentes et parcours herbeux ainsi que les excréments des élevages bio sur ces terres : cette modalité permet de mieux apprécier les besoins nets en éléments fertilisants pour les cultures. En effet, la fertilisation des prairies permanentes et des parcours herbeux est estimée limitée voire nulle en fonction de la proportion de légumineuses, des rendements moyens et des pratiques d'épandage d'effluents.

La méthodologie employée a suivi une démarche en 5 étapes et articulée 2 tâches successives.

Tableau 61 : Méthodologie phase 3

Tâches	Étapes	Mise en œuvre dans le cadre de cette étude	Séances
Tâche 5	A- Définition du problème et le choix de l'horizon	Problème : quel équilibre entre gisements de MAFOR et besoins des productions végétales engagées en AB d'ici 10 ans ? Horizon : 2030	/
	B- Identification des variables clés et regroupement autour de variables de synthèse	Cette étape a été coordonnée par les consultants et alimentée par : <ul style="list-style-type: none"> • les analyses réalisées au cours des premières phases de l'étude • les échanges avec le groupe d'experts 	Groupe d'expert – séance 1
	C- Élaboration des hypothèses et des micro scénarii	Cette étape s'appuie sur : <ul style="list-style-type: none"> • les échanges avec le groupe d'experts • une étude documentaire et statistique 	Groupe d'expert – séance 2
Tâche 6	D- Construction des macro-scénarios	Cette étape a été coordonnée par les consultants et alimentée par les échanges avec le groupe d'expert	Groupe d'expert –séance 3
	E- Choix stratégiques	Position des acteurs entre le champ des possibles et le champ des souhaitables.	

Un groupe d'experts a été mobilisé pour cette phase, sa composition est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 62 : Membres du groupe d'experts mobilisés

Organisation	NOM	Prénom	Poste
AACF	COLIN	Philippe	Agriculteur / Association des Agriculteurs Composteurs de France
AAMF	MEINRAD	Philippe	Agriculteur/ Association des Agriculteurs méthaniseurs de France
ADEME	MULLER	Fabienne	Ingénieure, Service Economie Circulaire et Déchets
ADEME	PIERART	Antoine	Service Forêt Alimentation et Bioéconomie
AFAIA	LARGANT	Laurent	Délégué général
ITAB	MENARD	Jérôme	Administrateur ITAB / agriculteur
ITAB	GARCIA	François	Administrateur ITAB / agriculteur
APCA	LECAT	Alain	Animateur référent national Grandes cultures biologiques APCA
CIRAD/ISTOM	PAILLAT	Jean-Marie	Chercheur Unité Recyclage & Risques
COMPOST PLUS	BORNE	Mathilde	Déléguée Générale Compostplus
FAM	MONOD	Loïc	Chargé d'études bioéconomie
IFIP	ALIBERT	Laurent	Ingénieur d'étude
INAO	CATROU	Olivier	Responsable du pôle agriculture biologique / mission économie
INRAE	HOUOT	Sabine	Directrice de Recherche : Produits résiduaire organiques, compostage, matières organiques - N
ITAB/ COMIFER groupe pro	BUREL	Enguerrand	Grandes cultures & Fertilisation
LCA - ouest	JULLIEN	Thomas	Chargée de mission agriculture biologique – La coopération agricole ouest
LCA – Ferti Eveil	LECOEUR	Ludovic	Directeur Fertil Eveil
LCA	CAILLE	Jérôme	Président Commission Bio LCA
MTES	PARISSE	Sandrine	Chargée de mission agriculture / statistiques
UNIFA	JOFFRET	Ines	Chargée de mission Règlementation & Normalisation
FNAB	GOLDEN	Catherine	Chargé de mission grandes cultures

4.3 Résultats de la phase 3

4.3.1 *Identification des variables clefs et des variables de synthèse*

La première séance du groupe d'experts a permis de définir les variables clefs agissant sur le système MAFOR UAB et de procéder à des premiers regroupements autour de variables de synthèses. Celles-ci ont été sélectionnées en fonction de leur impact sur le système MAFOR UAB, c'est à dire leur capacité à faire évoluer d'ici 2030 l'offre et/ou la demande en MAFOR UAB et leur sensibilité aux interventions / politiques publiques.

L'ensemble des variables clefs est présenté en annexe 10. Le tableau suivant présente les 6 variables de synthèse retenues :

- V1 : Surfaces conduites en AB en 2030
- V2 : Part de légumineuses dans l'assolement AB en 2030
- V3 : Evolution des effectifs d'animaux d'élevage en 2030 par rapport à 2020
- V3Bis : Evolution des effectifs d'animaux biologiques en 2030 par rapport à 2020
- V4 : Part des effluents UAB (réglementation UE) en 2030
- V5 : Evolution de la méthanisation en tmB et % des digestats UAB en 2030 par rapport à 2020
- V6 : Part des biodéchets valorisés comme fertilisants et UAB en 2030

Tableau 63 : Variables de synthèses sélectionnées

Aspect du système concerné	Variable	Indicateurs	Unité	Sensibilité politique publique	Impacts sur la fertilisation MAFOR UAB	Horizon temporel	Facteurs/variables influençant la variable	Facteurs qui sont influencés par la variable
DEMANDE	1. Évolution assolement AB	Évolution assolement AB général	1000 ha	Fort	Fort	CT - MT - LT	- Évolution du marché bio - Évolution de l'élevage bio ruminants et monogastriques - Soutiens publics - Évolution typologie exploitation	Pratiques Besoins en MAFOR UAB
	2. Évolution des pratiques des exploitations	Évolution surfaces légumineuses	% SAU lég. AB	Fort	Fort	MT - LT	-Cahier des charges clients -Soutien protéines végétales -Mise en place nouveau règlement AB -Politiques sourcing FAB -Évolution Élevage bio	Assolement Besoins et demande en MAFOR UAB
OFFRE	3. Évolution du cheptel conventionnel et AB	Évolution du cheptel et volumes d'effluents associés	En % base 2020	Fort	Fort	CT - MT	-Demande en produits animaux -Productivité du cheptel ; -Règlementations nationales et européennes (SNBC etc.)	Gisement UAB, Méthanisation, Assolement AC Prix du transport
	4. Définition UE élevage industriel	% effluents cheptel volailles et porcins et bovins UAB	% effluents UAB	Fort	Fort	CT - MT	-Vision de l'Agriculture Biologique au niveau UE -Attentes sociétales	Gisement MAFOR UAB
	5. Méthanisation et compostage des effluents agricoles	Quantité effluents méthanisés et composés et UAB	Mt MB	Fort	Fort (potentiel)	CT – MT	-Politique développement biogaz à la ferme - Prix du gaz - Évolution cheptel	Gisement MAFOR UAB
	6. Valorisation des biodéchets	Quantité biodéchets éq. compost UAB	Mt MB	Fort	Fort (potentiel)	CT - MT	- Gaspillage alimentaire -Tri à la source et taux de collecte -Développement de gestion <i>in situ</i>	Gisement MAFOR UAB

Source : AND à partir travaux groupe d'experts

4.3.2 *Définition des hypothèses d'évolution (micro-scénarios)*

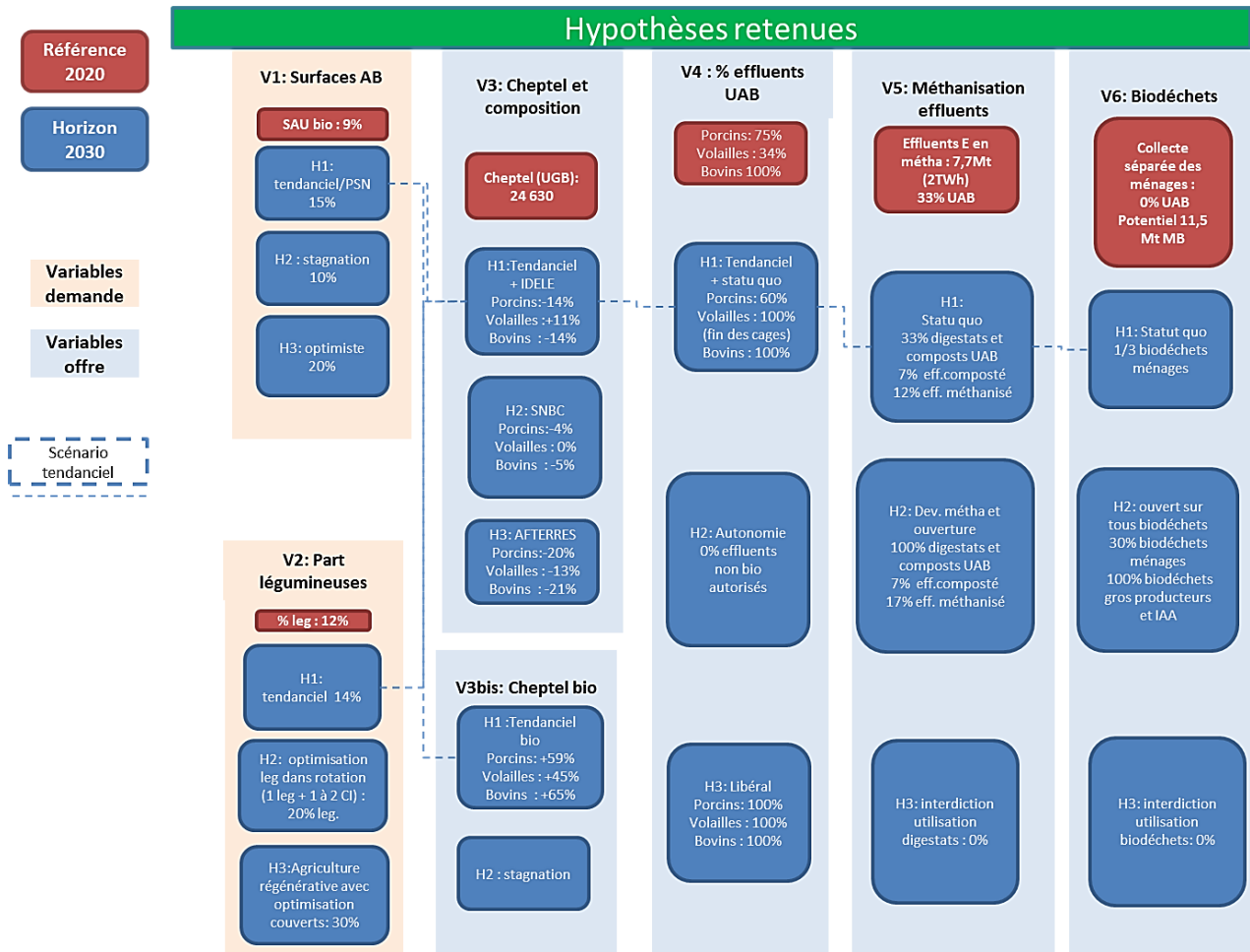
La seconde séance du groupe d'experts a permis de sélectionner plusieurs jeux d'hypothèses par variable. Pour chaque variable, 1 à 3 hypothèses ont été proposées au groupe d'expert à partir de différentes sources. Le cas échéant, ces hypothèses ont été interpolées pour correspondre à l'échéance de 2030.

- Séries statistiques :
 - o Agreste pour les séries statistiques concernant le cheptel (2010-2020),
 - o Agence Bio pour l'évolution de l'assolement et la part des légumineuses dans la SAU bio totale (Agence Bio),
- Plans & stratégies nationales
 - o Plan Stratégique National PAC 2023-2027 prévoit :
 - 18% SAU Bio d'ici 2027
 - baisse des aides couplées bovins
 - + Plan Protéines : doublement surfaces légumineuses de 1 à 2 M ha d'ici 2030
 - o Stratégie Nationale Bas Carbone prévoit un objectif de -40 % de GES d'ici 2030 tous secteurs confondus et de -18% pour le secteur agricole par rapport à 2015. D'ici 2050, les cibles suivantes sont fixées :
 - - 25 % du cheptel bovin laitier,
 - - 33 % du cheptel bovin autre que laitier,
 - - 82 % du surplus azoté via une augmentation de 84 % des cultures intermédiaires pièges à nitrates et une augmentation de 60 % des cultures intermédiaires à vocation énergétique.
- Études prospectives
 - o TYFA (Ten Years for Agroecology): modélisation du secteur agricole et alimentaire européenne réalisé par l'IDDRI et l'ASCA visant un abandon des pesticides et fertilisants de synthèses d'ici 2050 afin de réduire de 40% les émissions de GES du secteur. Cela inclue une baisse de 45% des productions animales et de 30% des productions végétales, une réduction du régime alimentaire européen (-35% de kcal).
 - o AFTERRES 2050 : modélisation du secteur agricole et alimentaire français réalisé par SOLAGRO visant à développer un scénario durable. En 2050, la production végétale est opérée à 45 % en agriculture biologique et 45% en production intégrée (semis directs, couverts végétaux, faibles recours aux intrants chimiques...). La production animale est essentiellement placée sous label ou sous signe de qualité donc intensifiée. L'autonomie alimentaire des élevages est privilégiée avec : des cheptels réduits pour s'adapter à la baisse de la consommation de viande et de lait et des races bovines mixtes qui valorisent les prairies naturelles, tandis qu'on observe une forte diminution des cheptels spécialisés. Le scénario s'appuie également sur la mobilisation de la biomasse agricole et forestière et une méthanisation qui couvre 1/3 des besoins nationaux en gaz.
 - o Prospective IDELE 2030 : l'étude prospective de l'IDELE anticipe une baisse de 600 000 têtes dans les élevages bovins viande d'ici 2030. Cela représente une baisse de 16% du cheptel allaitant d'ici 2030. Couplé à l'évolution tendancielle du cheptel laitier, cela implique une évolution du cheptel de bovins de -14% d'ici 2030.
 - o TRANSITION(S) 2050 ADEME : la démarche prospective vise à établir 4 scénarii neutre en carbone d'ici 2050 qui abordent l'ensemble des activités économiques. Pour l'agriculture, les principales hypothèses retenues sont les suivantes :
 - S1 Génération frugale : 70 % production végétale en bas niveau d'intrants (AB incluse), consommation de viande divisée par 3, extensification de l'élevage et baisse du nombre d'UGB

- S2 Coopérations territoriales : consommation de viande baisse de -50 %, 50 % SAU en bas niveau d'intrants
- S3 Technologies vertes : -30 % de consommation de viande, +30 % consommation de produits biologiques bio, 20% SAU est en bas niveau d'intrants
- S4 Pari réparateur : 10 % de la SAU est en bas niveau d'intrants

Le tableau suivant présente les jeux d'hypothèses retenus pour chacune des variables de synthèse.

Tableau 64 : Hypothèses d'évolution à horizon 2030 retenues



Source : AND à partir travaux groupe d'experts

Après discussion avec le groupe d'experts, 4 chemins prospectifs ont été définis esquissant les premiers macro-scénarios.

- **Scénario 1 tendanciel** : ce scénario prolonge de façon linéaire les tendances observées entre 2010 et 2020.
- **Scénario 2 développement intensif en MAFOR** : ce scénario dessine une France où l'agriculture biologique accroît sa dynamique de conversion et bénéficie de la mobilisation importante du gisement de MAFOR UAB pour lesquelles les restrictions d'usage en AB sont levées. L'autonomie se fait à l'échelle des territoires plus qu'à l'échelle de l'exploitation.
- **Scénario 3 développement autonome de l'AB** : ce scénario propose un chemin de développement des surfaces en AB, qui maximise l'autonomie en NPK au niveau de l'exploitation dans un cadre réglementaire qui reste restrictif sur l'emploi de MAFOR UAB.
- **Scénario 4 consolidation frugale en MAFOR** : ce scénario part d'un marché en AB en stagnation dans un contexte général de baisse des effectifs animaux et de restrictions fortes d'usage de MAFOR UAB.

4.3.3 Scénario 1 tendanciel

4.3.3.1 Moteur narratif

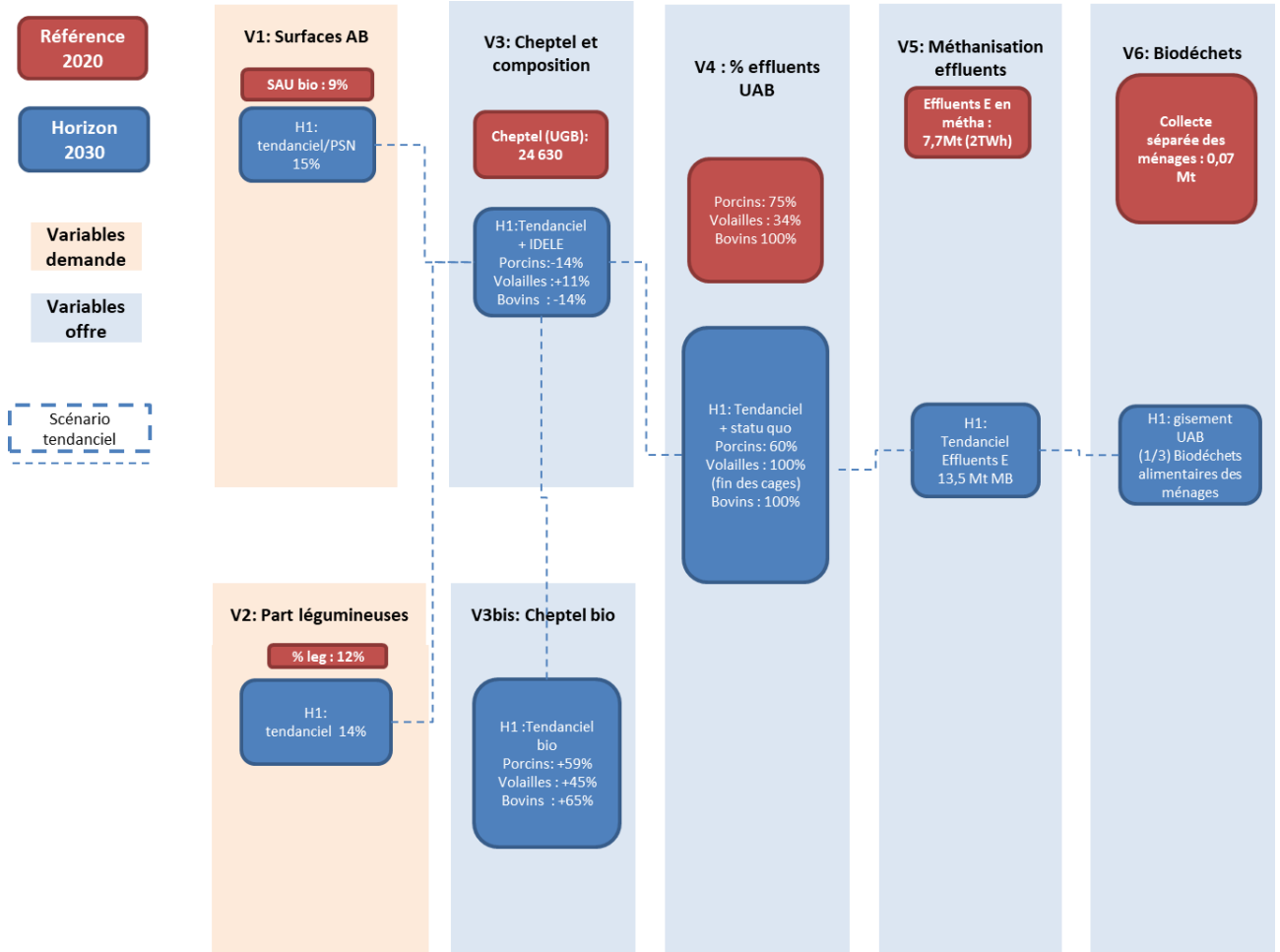
Scénario tendanciel général : contexte général

- Le secteur biologique poursuit la tendance observée ces 10 dernières années, le marché et les surfaces progressent.
- Les consommateurs continuent de consommer plus de produits bio, cependant ils sont également séduits par d'autres labels environnementaux. Le marché des produits biologiques poursuit le rythme tendanciel de ces 10 dernières années.
- Le règlement européen n'est pas modifié, le statu quo prévaut concernant l'utilisation d'effluents issus d'élevages industriels. Les ratios d'utilisation estimés sur 2020 sont maintenus en 2030.
- L'AB se développe assez peu dans les régions de grandes cultures, d'autant plus que d'autres filières émergent (fermes labellisées bas carbone, HVE...).

Évolution du système MAFOR UAB

- Les surfaces en AB suivent la tendance linéaire de ces 10 dernières années. La SAU bio passe de 9 % en 2020 à 15 % en 2030, ce qui demeure en deçà des objectifs du PSN.
- Il y a peu de changement de pratiques des agriculteurs biologiques qui maintiennent un taux de légumineuses semblable à celui pratiqué actuellement. Le statu quo sur le règlement laisse encore des possibilités de fertilisation.
- Cependant la tension est de plus en plus forte sur les MAFOR avec une demande accrue de la part des systèmes UAB et autres. **Le recours aux MAFOR par les filières conventionnelles progresse du fait de l'augmentation des prix des engrais azotés.** Cela incite les filières à un recours plus important à des MAFOR comme les déchets verts, déchets du bois, biochar et composts.
- Par ailleurs les cheptels porcins et bovins poursuivent leur décline à cause de la baisse de la consommation de viande, de la concurrence internationale et des difficultés de transmission. Le cheptel de volailles (chair et pondeuse) poursuit sa croissance, tiré par une consommation dynamique. Le gisement en MAFOR baisse.
- La méthanisation se développe et conduit à une situation paradoxale. Certains systèmes AB se retrouvent privés de ressources en effluents qui passent dans les méthaniseurs non UAB, tandis que d'autres profitent des ressources en digestats UAB pour se développer.
- Le recours possible aux biodéchets des ménages issus de la collecte séparée offre peu de valorisation en AB, car la gestion de collecte se fait principalement *in situ*.

4.3.3.2 Cheminement et jeux d'hypothèses



4.3.3.3 Bilans de fertilisation

- **Bilan de fertilisation A– toutes cultures**

Le gisement MAFOR peut théoriquement assurer les besoins de l'AB en N total avec un taux de couverture de près de 200%. La part des effluents demeure majoritaire (83%), suivi des digestats (9%) et des composts d'effluents (6%) dans l'azote total issu du gisement UAB.

En considérant seulement l'azote efficace, le taux de couverture serait compris entre 98% (conditions optimales de gestion de l'azote) et 53% (conditions non optimisées de gestion de l'azote). Le taux de couverture du gisement UAB est de 200 % environ en phosphore et potassium efficace.

Le facteur limitant est l'azote qui nécessite une emprise de la totalité du gisement de MAFOR UAB pour couvrir les besoins des cultures biologiques.

Tableau 65 : Gisement et besoins en NPK tonnes équivalent engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario tendanciel toutes cultures

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	278 819	151 495	296 886	805 035
<i>dont effluents bio</i>	9%	9%	10%	12%
Reliquats	30 032	30 032		
Dépôts atmosphériques	48 427	48 427		
Total	357 277	229 953	296 886	805 035

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 425	506	1 767
Fruits	6 169	2 748	8 371
Grandes cultures	70 368	33 993	39 195
Légumes	10 368	3 918	11 483
Plantes aromatiques	884	851	876
Surfaces fourragères	267 571	89 693	333 699
Vigne	5 780	0	10 703
Total	362 564	131 710	406 095

Bilan fertilisation A	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	348 600	-5 300	-132 600	165 200	398 900
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	223%	98%	53%	225%	198%

Source : AND-International

- **Bilans de fertilisation B– sans prairies permanentes ni parcours herbeux**

En excluant les prairies permanentes et les parcours herbeux, les ratios de couverture des besoins progressent. En effet le besoin total en NPK efficace se trouve réduit de près de 50%. Ainsi entre 100% et 191% des besoins en N efficace sont couverts par l'évolution tendancielle du gisement et des surfaces en AB. Les besoins en phosphore et potassium sont couverts à hauteur de 340%.

L'azote demeure l'élément le plus limitant : couvrir les besoins en azote des cultures engagées en AB d'ici 2030 implique une mobilisation à minima de la moitié du gisement de MAFOR UAB.

Tableau 66 : Gisement et besoins en NPK tonnes équivalent engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario tendanciel sans parcours herbeux ni prairies permanentes

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	268 986	145 765	285 033	765 951
<i>dont effluents bio</i>	5%	6%	6%	8%
Reliquats	15 866	15 866		
Dépôts atmosphériques	31 407	31 407		
Total	316 259	193 038	285 033	765 951

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 425	506	1 767
Fruits	6 169	2 748	8 371
Grandes cultures	70 368	33 993	39 195
Légumes	10 368	3 918	11 483
Plantes aromatiques	884	851	876
Surfaces fourragères	93 187	40 865	152 340
Vigne	5 780	0	10 703
Total	188 180	82 882	224 735

BILAN FERTILISATION B	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	465 700	128 100	4 900	202 200	541 200
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	431%	191%	103%	344%	341%

Source : AND-International

4.3.4 Scénario 2 : développement intensif en MAFOR

4.3.4.1 Moteur narratif

Scénario "développement intensif" : contexte général

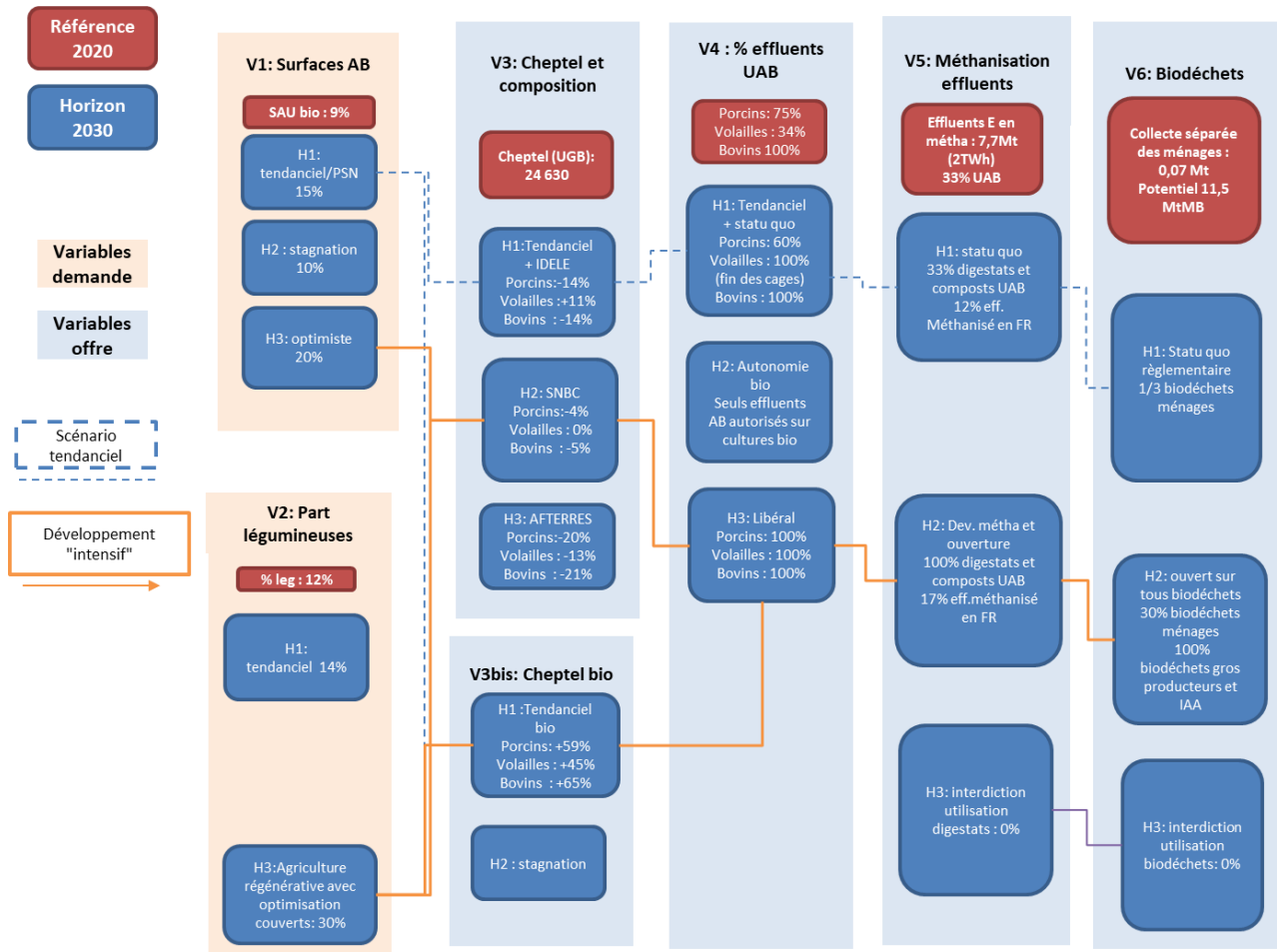
- Le « contrat social de la bio » évolue et vise à atteindre différents objectifs environnementaux notamment le principe du retour à la terre des éléments fertilisants. La réglementation européenne s'assouplit et autorise le recyclage des éléments fertilisants de l'agriculture conventionnelle. Les produits biologiques demeurent acceptés en tant que tel et toujours reconnus pour leurs vertus liées à l'absence d'usage de produits de synthèse.
- La consommation intérieure demeure très dynamique, le marché progresse, les IAA poursuivent le référencement de nombreux produits biologiques. Les prix des produits Bio sont accessibles en rayon.
- Les marges de production en AB sont bonnes et attirent de nouveaux producteurs.

Évolution du système MAFOR UAB

- Les surfaces en AB se développent fortement et atteignent 20 % de la SAU. Les systèmes de 100 % grandes cultures jusqu'ici réfractaires se convertissent autour d'une agriculture biologique productive. Les exploitations profitent également de la conversion pour être labellisées bas carbone et bénéficier d'un soutien financier complémentaire.
- Les surfaces en légumineuses restent au même niveau à 14 % de la sole globale des terres arables AB dans les systèmes AB du fait de possibilités d'apporter de l'azote par ailleurs.
- Les cheptels porcins et bovins poursuivent leur décline tendancielle et se convertissent au bio. Le cheptel de volailles conventionnel (chair et poule) poursuit sa croissance, suivant le dynamisme de la consommation. Le cheptel bio poursuit sa progression de croissance au même rythme que celle observée entre 2010 et 2020.
- La réglementation européenne en AB s'ouvre sur l'utilisation des effluents issus d'élevages industriels, des digestats de méthanisation et des matières fertilisantes issues des biodéchets.
- La réglementation permet d'accroître le gisement de biodéchets UAB : 1/3 du gisement des ménages est mobilisé ainsi que 100 % des biodéchets issus des gros producteurs et des IAA (hors boues).

- La méthanisation et la valorisation des biodéchets progressent très fortement en France. Les acteurs de l'agrofourniture s'emparent du marché de la collecte et de la transformation de ces gisements. Dans un contexte concurrentiel accru, les acteurs s'organisent et structurent des filières de MAFOR dédiées à l'AB afin d'alimenter les régions déficitaires et les cultures rémunératrices.
- La disponibilité de ces gisements encourage les conversions d'exploitations sans élevage dans des zones à haut potentiel. Les rendements en AB progressent ce qui soutient le maintien de prix accessibles aux consommateurs du Bio en rayon.
- La Bio devient encore plus dépendante des filières d'élevage conventionnels pour assurer ses besoins et compenser ses exportations d'éléments NPK. Les filières conventionnelles doivent cependant elles aussi sortir de l'économie linéaire des engrais. Les filières conventionnelles mobilisent le gisement des excréta humains et des autres MAFOR non UAB.

4.3.4.2 Cheminement et jeux d'hypothèses



4.3.4.3 Bilans de fertilisation

• Bilan de fertilisation A– TOUTES CULTURES

Le gisement MAFOR peut théoriquement assurer les besoins de l'AB en N total avec un taux de couverture de plus de 200%. La part des effluents demeure toujours majoritaire dans ce scénario (73 %) mais à un niveau plus faible que le tendanciel (83 %), suivi des digestats (17 % vs 9 %) et des composts d'effluents (=6 %) dans l'azote total issu du gisement UAB. En dépit de l'ouverture aux biodéchets, l'azote issu de ces composts demeure limité dans le gisement brut (1,93 % vs 0 %).

Le scénario prévoit une SAU bio à 20% et donc un doublement des besoins NPK par rapport à la situation de 2020.

Dans des conditions de gestion optimale de l'azote, le gisement MAFOR UAB projeté à horizon 2030 peut théoriquement assurer plus de 100 % des besoins en azote efficace. Dans des conditions d'une

mauvaise gestion du cycle de l'azote (Neq min), le taux de couverture baisserait à 56 % en utilisant tout le gisement MAFOR. Cela conduirait à un déficit de -165 kt d'azote équivalent engrais.

Les besoins de P et K seraient largement couverts par le gisement de MAFOR projeté à 2030 avec des taux de couverture respectivement de 192% et de 175 %.

La couverture des besoins de 20% de la SAU bio à horizon 2030 nécessite une gestion optimale de l'azote, la mobilisation de l'ensemble des ressources actuelles UAB ainsi que l'ouverture de nouvelles ressources (effluents bruts et transformés issus d'élevages industriels).

Tableau 67 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 2 toutes cultures

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	390 632	213 578	337 490	950 414
<i>dont effluents bio</i>	6%	7%	9%	10%
Reliquats	40 042	15 866		
Dépositions atmosphériques	64 569	31 407		
Total	494 519	260 127	335 579	946 443

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 900	675	2 357
Fruits	8 225	3 664	11 161
Grandes cultures	93 823	45 324	52 260
Légumes	13 823	5 224	15 310
Plantes aromatiques	1 179	1 135	1 168
Surfaces fourragères	356 759	119 590	444 930
Vigne	7 706	0	14 271
Total général	483 416	175 612	541 456

BILAN FERTILISATION A	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	411 800	11 800	-165 200	161 900	409 000
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	209%	103%	56%	192%	176%

Source : AND-International

• **Bilan de fertilisation B– sans prairies permanentes ni parcours herbeux**

En considérant seulement les besoins des cultures bio hors prairies permanentes et parcours herbeux, les besoins NPK se trouvent divisés de moitié. Le gisement en MAFOR UAB permet de couvrir plus largement les besoins en N, P et K.

Dans des conditions de gestion de l'azote non optimisé, le scénario 2 implique toutefois la mobilisation de la quasi-totalité du gisement pour répondre aux besoins des cultures.

Dans un contexte de concurrence accrue sur le gisement de MAFOR, l'atteinte de 20% de SAU cultivé en AB d'ici 2030, implique donc une gestion optimisée de l'AB dans les filières d'élevages et également au sein des exploitations AB utilisatrices.

Tableau 68 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 2 sans prairies ni parcours herboux

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	380 800	207 848	325 637	911 330
<i>dont effluents bio</i>	6%	7%	9%	11%
Reliquats	21 155	15 866		
Dépôts atmosphériques	41 875	31 407		
Total	443 830	255 121	325 637	911 330

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 900	675	2 357
Fruits	8 225	3 664	11 161
Grandes cultures	93 823	45 324	52 260
Légumes	13 823	5 224	15 310
Plantes aromatiques	1 179	1 135	1 168
Surfaces fourragères	124 248	54 487	203 118
Vigne	7 706	0	14 271
Total	250 905	110 509	299 645

BILAN FERTILISATION B	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	576 600	192 900	20 000	215 100	611 700
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	407%	203%	111%	295%	304%

Source : AND-International

4.3.5 Scénario 3 : développement autonome de l'AB

4.3.5.1 Moteur narratif

Scénario "développement autonome" : contexte général

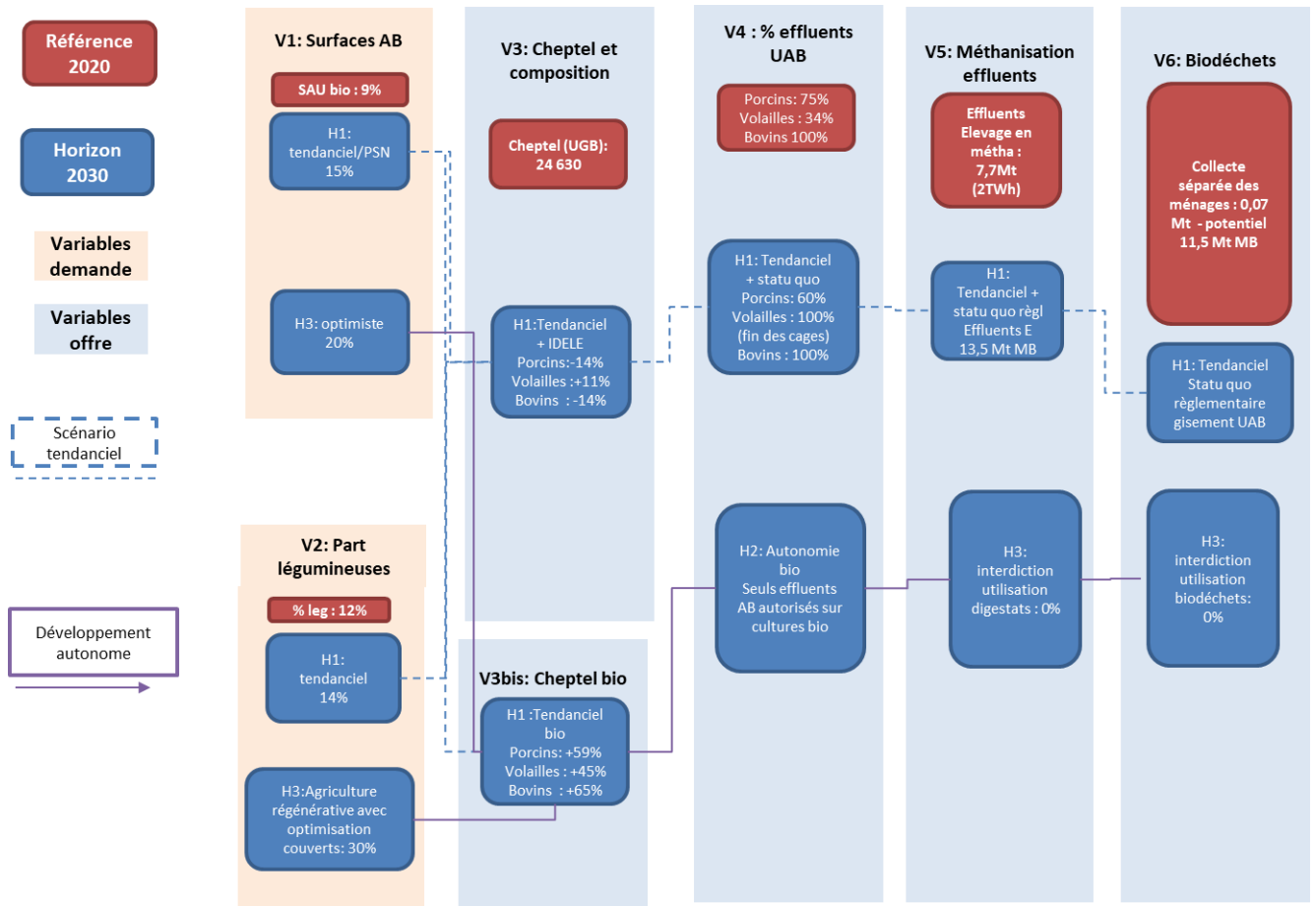
- La réglementation biologique UE et son interprétation française visent à une autonomisation de l'AB, au nom d'un retour aux fondamentaux de l'AB.
- Les pouvoirs publics continuent de miser prioritairement sur l'AB pour remplir les objectifs de protection de l'environnement.
- À l'exclusion des effluents issus d'élevages biologiques, les MAFOR extérieures sont interdites. C'est l'agriculture conventionnelle qui est chargée d'assurer les missions de recyclage des MAFOR.
- Le développement du bio est important. Ce rythme soutenu des conversions s'explique par un marché dégradé des cultures conventionnelles, une réglementation de plus en plus restrictive, et l'émergence de circuits sécurisants pour la bio (essor des marchés en circuits-courts ou de proximité, marchés publics, marchés de clients à fort pouvoir d'achat) permettant de s'affranchir des aléas du marché alimentaire de la grande distribution et spécialisée. Les nouveaux producteurs s'installent principalement dans des zones agricoles à faible potentiel, sur un modèle extensif.
- Le « choc des surfaces » ne crée pas de « choc de l'offre » (en quantité), car l'agriculture biologique est plus extensive. Le bio français en rayon devient plus cher, et se trouve

concurrenté par les produits importés. En grandes cultures, les producteurs trouvent des débouchés rémunérateurs mais élitistes avec des cultures peu exigeantes en azote comme les blés anciens, orges anciennes.

Évolution du système MAFOR UAB

- Les surfaces en AB se développent prioritairement dans les territoires à faibles potentiels agricoles (montagne, zones intermédiaires, parcs naturels...) et dans les territoires ciblés en matière de protection de l'environnement.
- L'élevage biologique extensif progresse du fait de la nécessité de recoupler l'élevage aux productions végétales et de gagner en autonomie au niveau de l'exploitation.
- Les exploitations sans élevage sont peu nombreuses à se convertir en AB du fait de la difficulté de s'approvisionner en matières fertilisantes UAB, qui sont prioritairement mobilisées par les exploitations spécialisées aux productions les plus rémunératrices (arboriculture, maraîchage, certaines grandes cultures).
- Les légumineuses sont maximisées dans les rotations (cultures primaires, secondaires et intermédiaires) pour couvrir les besoins en azote jusqu'à 30 % de la SAU (vs 14 % en tendanciel). La multiplication des légumineuses pose des difficultés agronomiques, pour valoriser tout l'azote et également en matière de maladies.
- La multiplication des systèmes avec "jachère de trèfle ou de luzerne", limite les productions biologiques commercialisées.
- La tendance de l'AB à développer des systèmes auto-fertiles pousse à l'agroforesterie. L'AB développe la valorisation des déchets verts et déchets de l'exploitation du bois.
- Les surfaces augmentent, mais les rendements stagnent voire baissent du fait de l'extensification de la production et de situation de carences en phosphore dans les sols. Les systèmes d'élevage exportent des carences d'un atelier à l'autre avec des résultats zootecniques et agronomiques qui déclinent.
- En parallèle, une offre de produits de type HVE ou agriculture bas-carbone se développe pour assurer le recyclage des MAFOR non UAB. Ces filières sont chargées d'assurer les services écologiques que l'AB ne veut pas assumer notamment le retour au sol des matières.

4.3.5.2 Cheminement et jeux d'hypothèses



4.3.5.3 Bilans de fertilisation

- **Bilan de fertilisation A– TOUTES CULTURES**

Le scénario 3 a été construit afin de mesurer les effets sur les équilibres de fertilisation dans une situation extrême combinant un doublement de la SAU bio et une réduction drastique du gisement MAFOR UAB.

En dépit de la progression de effectifs d'élevage biologique et des légumineuses, le gisement MAFOR ne peut théoriquement assurer qu'une part des besoins des cultures en équivalent engrais : entre 5 et 8 % des besoins en azote, 16% des besoins en phosphore et 20 % des besoins en potassium.

Le scénario 3 est le seul scénario pour lequel la part des effluents est minoritaire dans la fourniture des besoins en azote (19 %). En dépit la maximisation des légumineuses, celles-ci ne fourniraient que 31 % des apports d'azote total et la seconde moitié du gisement azoté serait fourni par les dépôts atmosphériques.

Le déficit en éléments fertilisants est estimé aux environs de 360 000 tonnes en azote efficace, 93 000 tonnes en phosphore efficace et 241 000 tonnes en potassium efficace.

Le faible taux de couverture conduit vraisemblablement à une chute des rendements, une décapitalisation des sols et un recentrage nécessaire sur les productions bio à très fort prix de vente

Tableau 69 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 3 toutes cultures

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	24 581	14 323	29 632	97 711
<i>dont effluents bio</i>	100%	100%	100%	100%
Reliquats	40 042	40 042		
Dépôts atmosphériques	64 569	64 569		
Total	129 193	118 935	29 633	97 712

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 900	675	2 357
Fruits	8 225	3 664	11 161
Grandes cultures	93 823	45 324	52 260
Légumes	13 823	5 224	15 310
Plantes aromatiques	1 179	1 135	1 168
Surfaces fourragères	356 759	119 590	444 930
Vigne	7 706	0	14 271
Total général	483 416	175 612	541 456

BILAN FERTILISATION - A	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal eq_max	Bilan fertilisation Ntotal eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	-313 500	-354 200	-364 500	-146 000	-443 700
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	17%	6%	4%	17%	18%

Source : AND International

• **Bilan de fertilisation B – SANS PP**

En excluant les surfaces de prairies permanentes et de parcours herbeux des besoins, le bilan de fertilisation se trouve très légèrement amélioré. En effet, les taux de couverture en azote efficace sont compris entre 5 % et 8 % et sont respectivement à 16 % et 20 % pour le phosphore et le potassium. Cette légère amélioration du bilan s'explique par le fait que

- La moitié des apports d'azote du scénario 3 est fournie par les dépôts atmosphériques et celles-ci sont directement proportionnelles aux surfaces
- Une part importante des excréments des élevages biologiques (40%) sont exclus du bilan de fertilisation car excrétés directement sur les prairies et parcours herbeux et donc non mobilisables pour d'autres cultures en AB.

Tableau 70 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 3 sans prairies permanentes ni parcours herbeux

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	14 749	8 594	17 779	58 627
dont effluents bio	100%	172%	83%	25%
Reliquats	21 155	21 155		
Dépôts atmosphériques	41 875	41 875		
Total	77 780	71 626	17 780	58 627

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	1 900	675	2 357
Fruits	8 225	3 664	11 161
Grandes cultures	93 823	45 324	52 260
Légumes	13 823	5 224	15 310
Plantes aromatiques	1 179	1 135	1 168
Surfaces fourragères	124 248	54 487	203 118
Vigne	7 706	0	14 271
Total général	250 905	110 509	299 645

BILAN FERTILISATION B	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal eq_max	Bilan fertilisation Ntotal eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	-148 700	-173 100	-179 300	-92 700	-241 000
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	21%	8%	5%	16%	20%

source : AND-International.

4.3.6 Scénario 4 : consolidation frugale en MAFOR

4.3.6.1 Moteur narratif

Contextualisation

- L'AB est moins soutenue par les pouvoirs publics, ceux-ci privilégient d'autres démarches pour répondre aux grands enjeux environnementaux (climat, biodiversité, qualité des eaux...).
- L'AB se développe assez peu ; les surfaces biologiques progressent dans les zones où l'AB est la plus adaptée au contexte pédoclimatique et où la densité de producteurs biologiques permet de maintenir une émulation collective. Dans ces territoires, le différentiel de productivité AB et AC est limité (production de lait dans le grand ouest, production de vin dans le sud est...). Ce

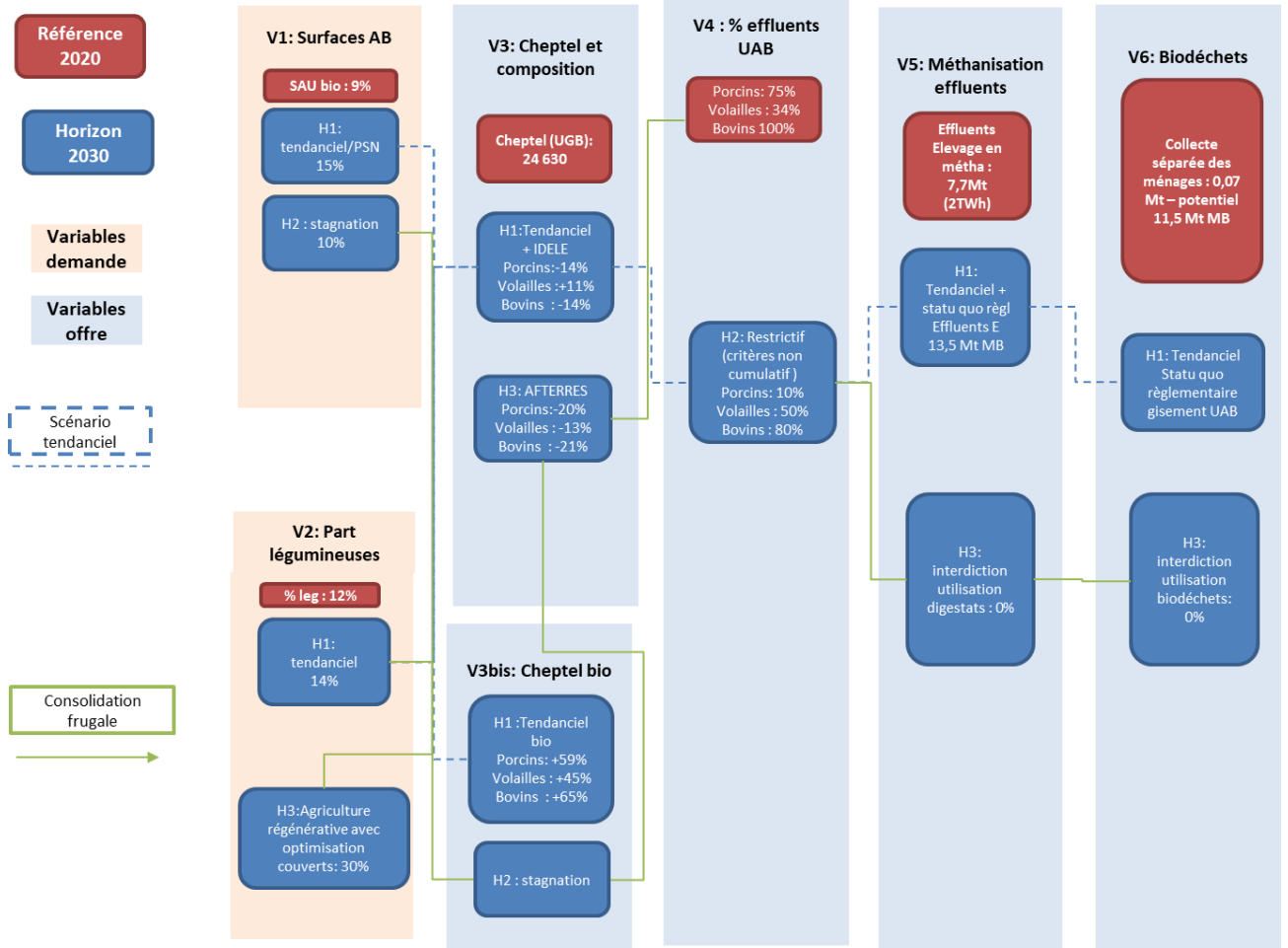
développement limité dans des territoires circonscrits permet de maintenir des filières de commercialisation en circuits longs.

- Les filières céréalières biologiques se recentrent prioritairement dans les territoires d'élevage où la présence d'élevage non industriel assure la couverture des besoins en NPK.
- Un modèle d'AB se développe reposant sur des exploitations mixtes avec un atelier d'élevage conventionnel et une partie des surfaces converties à l'AB, dont la production est orientée sur les cultures les plus rémunératrices.
- Le marché alimentaire biologique stagne en lien avec la chute du pouvoir d'achat. La baisse des soutiens publics et la stagnation de la productivité font augmenter les coûts de production.
- La réglementation n'évolue pas au niveau UE sur la définition d'élevage industriel, certaines possibilités de fertilisation sont ainsi conservées.
- Face à un marché en stagnation, les filières bio adoptent une attitude défensive pour maintenir une différenciation vis-à-vis de l'agriculture conventionnelle. L'utilisation de digestats de méthanisation et de biodéchets est interdite. Les autres MAFOR figurant à l'annexe II du règlement UE restent autorisées et utilisées.

Évolution du système MAFOR UAB

- Les surfaces en agriculture biologique ne progressent pas et stagnent à 10% de la SAU.
- Les pratiques évoluent car les exploitations tentent de compenser l'exclusion de certaines MAFOR par l'augmentation de la part des légumineuses dans la sole AB qui monte à 30%.
- En parallèle, les filières conventionnelles se « verdissent »,
 - Le régime alimentaire se végétalise et les effectifs animaux baissent de façon significative.
 - La méthanisation se développe fortement, les digestats sont valorisés sur les surfaces conventionnelles qui s'inscrivent dans des démarches concurrentes à l'AB (Label Bas Carbone, HVE...).
 - Ces démarches valorisables sur les produits concurrencent les produits biologiques en rayon dont le marché stagne.
- Face à cette stagnation du marché (et donc des surfaces), la puissance publique mise sur d'autres filières (HVE et autres...) pour remplir ses objectifs (boucler les cycles des minéraux gestion de la biodiversité) de développement durable. Cela suscite des tensions sur l'allocation de l'argent public.
- Ce sont les filières non bio qui reçoivent en priorité le développement du gisement de biodéchets et des digestats.
- Le recours aux MAFOR est faible en AB, par manque de volumes disponibles UAB et d'intérêt pour les metteurs en marché du fait des volumes en jeu.
- Les systèmes d'élevage Bio exportent des carences (phosphore principalement) d'un atelier à l'autre avec des résultats zootechniques et agronomiques qui déclinent.

4.3.6.2 Cheminement et jeux d'hypothèses



4.3.6.3 Bilans de fertilisation

- Bilans de fertilisation – TOUTES CULTURES**

Le scénario 4 est un scénario intermédiaire basé sur une logique où l'Etat se désinvestirait du développement de l'AB dont la dynamique se verrait dépendre des initiatives des acteurs privés (producteurs et/ou transformateurs et/ou distributeurs).

Dans ce contexte, le gisement UAB subirait une réduction de la disponibilité de l'azote disponible par la baisse des effectifs conventionnels et l'interdiction de l'utilisation, de biodéchets et de digestats de méthanisation.

Le bilan de fertilisation toutes cultures montre que la mobilisation totale du gisement UAB permettrait de couvrir 50% à 85% des besoins en azote efficace et plus de deux fois les besoins en P et K.

Ce scénario implique une sanctuarisation de effluents d'élevage issus d'élevages non industriels pour la bio avec sans doute l'apparition des conflits d'usage sans doute forts entre filières bio et « non industrielles » non bio.

Tableau 71 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 4 toutes cultures

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	157 404	92 247	193 517	570 404
<i>dont effluents bio</i>	9%	9%	9%	9%
Reliquats	23 176	23 176		
Dépôts atmosphériques	32 285	32 285		
Total	212 866	147 708	193 517	570 404

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	950	337	1 178
Fruits	4 112	1 832	5 581
Grandes cultures	46 912	22 662	26 130
Légumes	6 912	2 612	7 655
Plantes aromatiques	589	567	584
Surfaces fourragères	178 383	59 796	222 469
Vigne	3 853	0	7 136
Total général	241 713	87 807	270 733

BILAN FERTILISATION A	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	229 200	-28 800	-94 000	105 700	299 700
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	223%	85%	50%	220%	211%

Source : AND International

- **Bilans de fertilisation – sans prairies permanentes ni parcours herbeux**

En excluant les surfaces en prairies permanentes et parcours, le bilan de fertilisation s'améliore mécaniquement. Les taux de couverture permettent de répondre entre 95% et 162% des besoins en azote efficace des cultures biologiques et plus de trois fois les besoins en P et K.

L'azote demeure toujours le facteur limitant. Avec une gestion optimale de l'azote et malgré la baisse des effectifs d'animaux conventionnels et l'interdiction des digestats de méthanisation, la mobilisation des deux tiers du gisement permettrait de satisfaire aux besoins des cultures.

Tableau 72 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 4 sans prairies permanentes ni parcours herbeux

Gisement NPK tous MAFOR en tonnes eq engrais	Ntotal eq max	Ntotal eq min	Ptotal eq	Ktotal eq
Apports MAFOR	151 771	89 062	186 597	549 084
dont effluents bio	6%	5%	6%	6%
Reliquats	10 578	10 578		
Dépôts atmosphériques	20 938	20 938		
Total	183 286	120 578	186 597	549 084

Besoins NPK en tonnes eq engrais	N eq	P eq	K eq
Autres	950	337	1 178
Fruits	4 112	1 832	5 581
Grandes cultures	46 912	22 662	26 130
Légumes	6 912	2 612	7 655
Plantes aromatiques	589	567	584
Surfaces fourragères	62 125	27 244	101 561
Vigne	3 853	0	7 136
Total général	125 455	55 255	149 825

BILAN FERTILISATION B	Bilan fertilisation Ntotal	Bilan fertilisation Ntotal_eq_max	Bilan fertilisation Ntotal_eq_min	Bilan fertilisation P_eq	Bilan fertilisation K total_eq
1. Bilan de masse simplifié des cultures bio par les MAFOR UAB et reliquats en tonnes eq. engrais	307 000	57 800	-4 900	131 300	399 300
2. Part de la fertilisation MAFOR UAB dans la couverture des besoins en %	427%	162%	95%	338%	366%

Source : AND International

4.4 Conclusions

La comparaison des bilans de fertilisation sous les modalités A et B est présentée ci-dessous. En dépit des différences de périmètre entre ces deux modalités, il ressort les éléments suivants :

- Les bilans de fertilisation toutes cultures présentent des situations d'équilibre différentes selon les éléments fertilisants :
 - Concernant l'azote seul le scénario 2 développement intensif en MAFOR dans des conditions optimales permet de satisfaire aux besoins d'azote efficace. Le scénario 3 développement autonome, présente le déficit le plus important en azote.
 - Les besoins de P et K sont couverts par tous les scénarii sauf le scénario 3 développement autonome.
 - Le scénario 2 développement intensif est le plus confortable en matière de couverture de besoins tandis que le scénario 3 développement autonome présente un déficit généralisé NPK.
- Les bilans de fertilisation sans prairies permanentes ni parcours herbeux (figure 10 réduisent mécaniquement les besoins totaux estimés et améliorent ainsi les bilans de fertilisation simplifiés.

- Concernant l'azote, tous les scénarii présentent des taux de couverture proches ou supérieurs à 100 % à l'exception du scénario 3 développement autonome.
- Les besoins de P et K sont couverts par tous les scénarii sauf le scénario 3 développement autonome. Hormis le scénario 1 tendanciel, le scénario 4 consolidation frugale présente des taux de couverture les plus élevés en P et K.
- Le scénario 2 développement intensif est le plus confortable en matière de couverture de besoins tandis que le scénario 3 développement autonome présente un déficit généralisé NPK.

Figure 9 : Analyse croisée des bilans de fertilisation modalité A des 4 scénarii à horizon 2030

Bilan de fertilisation – toutes cultures – tous MAFOR

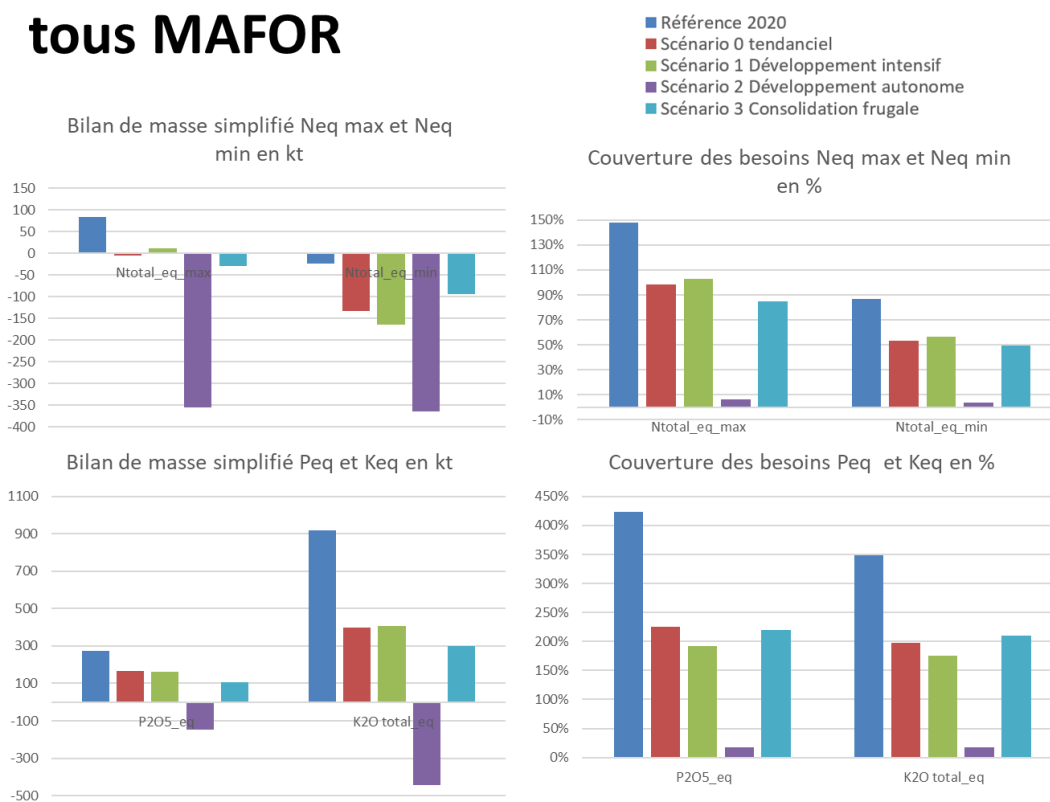


Figure 10 : Analyse croisée des bilans de fertilisation modalité B des 4 scénarii à horizon 2030

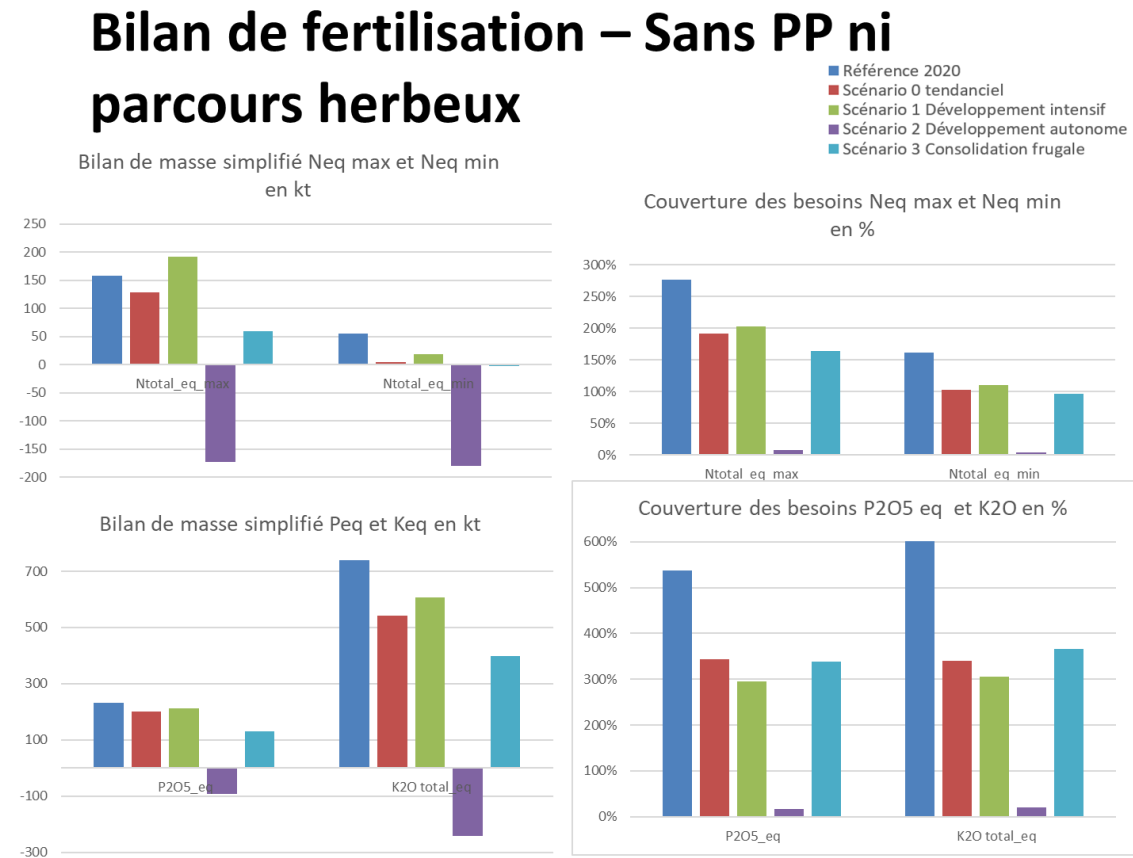
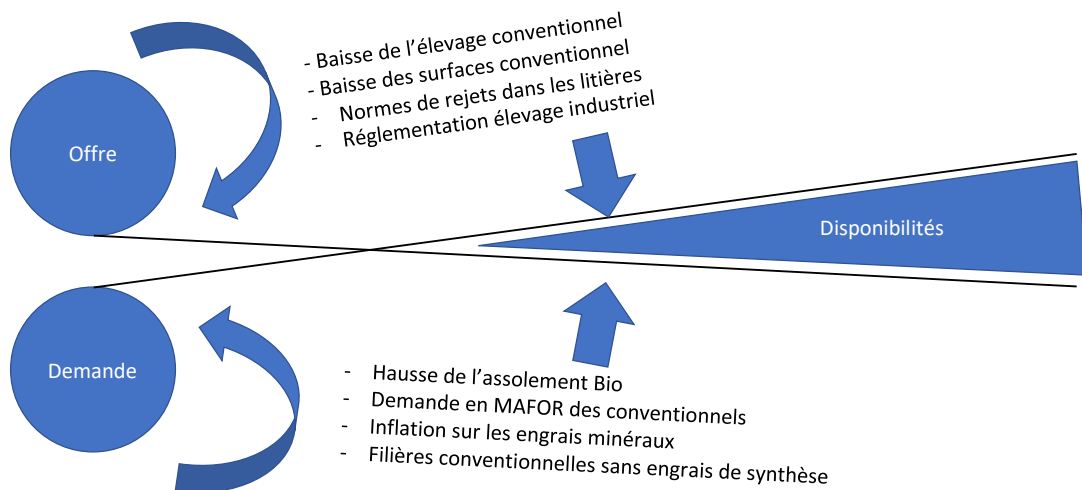


Figure 11 : Un effet de ciseau sur les disponibilités



5. PHASE 4 : ENSEIGNEMENTS ET RECOMMANDATIONS

5.1 Enseignements

Les principaux enseignements de l'étude sont mentionnés ci-dessous :

- La **situation de fertilisation UAB se dégrade entre la situation de référence 2020 et le scénario tendanciel à 2030** sous l'effet de l'accroissement des surfaces cultivées en AB, de la réduction des effectifs d'élevage conventionnel et du développement de la méthanisation.
- Dans tous les scénarii, **l'azote est le facteur limitant majeur** : la composition moyenne des MAFOR présente des teneurs en azote rapidement minéralisables en proportion plus faibles que pour le phosphore et le potassium. La **couverture des besoins azotés implique donc une mobilisation accrue du gisement** de MAFOR UAB pour satisfaire les besoins azotés et **une gestion optimale** tout au long de son cycle.
- Dans les scénarii 1, 2, 3, les **effluents d'élevage conventionnels demeurent une ressource prépondérante** dans la couverture des besoins des cultures biologiques, peu importe le développement de la SAU bio (doublement, progression ou stagnation).
- La mise à disposition de **nouveaux gisements** (compost de déchets bois, compost de biodéchets, digestats de méthanisation) contribue **de façon significative mais limitée** au renforcement du volume d'azote : la part de ces « nouvelles » ressources montent à 25% du gisement total d'azote dans le scénario 2. Le scénario 2 est le seul permettant d'augmenter de façon significative la disponibilité du gisement de NPK UAB par rapport au scénario de référence.
- La **qualité (chimique, sanitaire ...)** des MAFOR conditionne leur acceptabilité au sein de la filière AB.
- Les **filières biologiques et conventionnelles partagent un destin commun**. La dépendance de l'AB à l'agriculture conventionnelle risque de s'amplifier du fait même de son développement : plus la bio se développe et plus le conventionnel se réduit et donc moins le conventionnel peut fournir des MAFOR pour la bio. La couverture des besoins en NPK est particulièrement dépendante de l'évolution de l'élevage conventionnel et dans une moindre mesure de l'accès aux nouvelles ressources (digestats de méthanisation, biodéchets).
- Les **déséquilibres** constatés à l'échelle nationale peuvent s'avérer encore **plus criant à l'échelle régionale** compte tenu de la spécialisation des régions tant en élevage conventionnel (Bretagne, Pays de la Loire, Hauts de France) qu'en productions végétales biologiques (Occitanie, PACA).
- La question de la **transportabilité des MAFOR UAB** n'a pu être intégrée dans la base de données. Compte tenu des déséquilibres entre région, il y a un enjeu d'optimiser le transport des MAFOR UAB les plus riches en azote. La transportabilité des MAFOR UAB dépend de leur nature (liquide, mou ou sec), leurs teneurs en NPK (rapidement minéralisables), de la distance entre le puits et la source (cout du transport) ainsi que de de la marge brute de la culture récipiendaire. Le tableau suivant présente une estimation des distances maximales que peuvent parcourir certaines MAFOR UAB :

MAFOR	Distance maximum
Fientes de volailles séchées	<1000 km
Composts	<200 km
Digestats	<30 km
Effluents bruts	< 50 km
Engrais élaborés UAB	<1000 km

5.2 Freins, leviers et recommandations

Les discussions avec le groupe d'expert ont insisté sur les pistes qui doivent permettre aux exploitations en agriculture biologiques de gagner en autonomie aux échelles de l'exploitation, du territoire et au

niveau national. Toutes les pistes évoquées ne font cependant pas consensus et ne sont pas mobilisables de façon équivalente selon les scénarios.

Les tableaux ci-dessous présente les freins (rouge), leviers (verts) et les recommandations attachées visant à améliorer les bilans de fertilisation du système MAFOR UAB. L'impact de chaque frein et levier sur le volume de MAFOR a été apprécié de façon qualitative et les recommandations proposées ont été évaluées en fonction de leur cohérence avec les 4 scénarii évalués. Une priorisation des recommandations a été établie en fonction de leur capacité à impacter l'offre et la demande en MAFOR UAB. Ces actions concernent aussi bien les domaines de la recherche et du développement, de la transformation amont, des politiques publiques, du conseil agricole. L'enjeu central étant de favoriser l'autonomie et la fourniture d'éléments fertilisants UAB durablement disponibles pour les exploitations biologiques localisées dans les territoires les moins bien pourvus en gisements UAB.

Les recommandations formulées sont de plusieurs ordres :

- Soutien économique
- Actions de R&D
- Orientations réglementaires
- Formation/conseil

Tableau 73 : Freins, leviers et recommandations

Variables	Leviers / freins	Description du levier / frein	Impact du frein/levier sur volume MAFOR	Type de recommandation	Périmètre	Description de la recommandation	Cohérence avec scénario	Priorité
Évolution surfaces légumineuses	Augmentation des reliquats azotés	Les reliquats azotés issus de légumineuses permettent de satisfaire une partie des besoins des cultures.	Fort	Formation/ conseil	Exploitation	Optimisation de l'implantation de légumineuses au sein de la rotation en tête de rotation, culture primaire, secondaire, association et/ou interculture	2	1
Évolution surfaces légumineuses	Augmentation des reliquats azotés	Les reliquats azotés issus de légumineuses permettent de satisfaire une partie des besoins des cultures.	moyen	Soutien économique	National/ Régional/ Local	Soutien du développement des filières de valorisation / transformation des légumineuses AB.	1,2,3 et 4	1
Évolution surfaces légumineuses	Plafonnement agronomique des légumineuses	La trop forte prévalence de légumineuses dans les rotations risque d'entraîner des problématiques agronomiques en termes de maladies notamment	moyen	R&D	National	Financer des programmes de recherche en agronomie sur la tolérance et l'optimisation des agrosystèmes aux rotations avec fort recours aux légumineuses.	1,2,3 et 4	1
Évolution assolement AB	Bilan de fertilisation systématique à l'échelle des exploitations bio	Raisonnement approvisionnement NPK au niveau de l'exploitation AB	fort	Formation/conseil	Exploitation	Développement systématique de diagnostics de fertilisation simplifiés NPK pour les exploitations engagées en AB les plus vulnérables (système sans élevage) pour mesurer leur situation de fertilisation en NPK et les aider à raisonner la couverture de leurs besoins.	1, 2, 3 et 4	1
Autres traitements amont des MAFOR	Amélioration de la qualité des MAFOR UAB	Les traitements amont des MAFOR permettent d'améliorer la qualité physico chimique et sanitaire. Cela permet également d'améliorer leur transportabilité (séchage) et de réduire les pertes en N (méthanisation)	fort	Soutien économique	Régional	Soutien économique à l'investissement des filières de traitement amont (méthanisation, compostage, séchage) permettant la mise en marché de MAFOR UAB dédiées au marché AB et riche en azote	1 et 2	1
Biodéchets	Augmentation du gisement de MAFOR UAB	Les biodéchets sont aujourd'hui un levier parmi d'autres pour couvrir les besoins NPK des cultures biologiques. Il faut améliorer le taux de collecte et la valorisation UAB	fort	Soutien économique	National/ Régional/ Local	Soutien aux initiatives des collectivités et des acteurs privés permettant d'augmenter le taux de collecte des biodéchets destinés à des filières de valorisation UAB.	2	1
Biodéchets	Augmentation du gisement de MAFOR UAB	Les biodéchets sont aujourd'hui un levier parmi d'autres pour couvrir les besoins NPK des cultures biologiques. Il	fort	Soutien économique	Régional	Soutien économique des plateformes de compostage valorisant les biodéchets UAB via le FEADER, FEDER ou dispositifs ADEME.	2	1

		faut améliorer le taux de collecte et la valorisation UAB						
Biodéchets	Augmentation du gisement de MAFOR UAB	Les biodéchets sont aujourd'hui un levier parmi d'autres pour couvrir les besoins NPK des cultures biologiques. Il faut améliorer le taux de collecte et la valorisation UAB	fort	Règlementation	UE	Ouverture de la réglementation à l'utilisation de tous les biodéchets (ménages, gros producteurs et IAA)	2	1
Cheptel AB	Développement élevage AB	Développement de système de polyculture élevage en AB	fort	Soutien économique	Exploitation	Soutien prioritaire aux installations en AB et/ou aux projets de conversion des exploitations ayant un atelier d'élevage à travers les déclinaisons régionales du PSN PAC.	1, 2, 3 et 4	1
Cheptel conventionnel	Baisse concentration des exploitations et réduction des volumes d'effluents UAB	La baisse des effectifs animaux combiné à la concentration des élevages réduit la disponibilité d'effluents non industriels et UAB	fort	Soutien économique	National	Soutien aux projets de valorisation / transformation d'effluents d'élevages non industriels au sein du règlement UE dédiées aux cultures biologiques	1,2, et 4	1
Importations MAFOR UAB	de Distorsion concurrence	de La France importe des MAFOR UAB dont le caractère UAB est questionnable au regard des règles fixées au niveau national dans le guide de lecture. Cette situation peut entraver les acteurs français	moyen	Règlementation	UE	Harmonisation des règles de production et d'utilisation des MAFOR UAB en UE	1,2 et 4	1
Méthanisation	Augmentation du volume d'effluents conventionnels méthanisés	L'amélioration de l'efficience en NPK permet de réduire les besoins	moyen	Règlementation	National	Ouvrir la possibilité au niveau UE d'utiliser les digestats de méthanisation : les conditions d'ouverture n'ont pas été tranchées en groupe d'expert mais compte tenu de l'évolution de la méthanisation, un débat mérite d'être tenu en CNAB	1 et 2	1
Méthanisation AB	Augmentation du gisement de MAFOR UAB	le développement de la méthanisation constitue une opportunité pour les agriculteurs biologiques de gagner en autonomie de fertilisation	moyen	Soutien économique	Régional	Soutien économique des projets de méthanisation permettant de produire des digestats UAB via les appels d'offres nationaux / régionaux	1, 2 et 3	1
Evolution pratiques	Approfondissement de la connaissance des bilans de fertilisation régionaux	Compte tenu de la transportabilité limitée de la plus grande partie des MAFOR UAB, il convient d'affiner les bilans de fertilisation à l'échelle régionale	Fort	R&D	Régional	Mise en place d'observatoires régionaux de la fertilisation UAB afin de mesurer l'évolution des équilibres de fertilisation NPK, affiner les besoins des cultures avec des références régionales et identifier l'ensemble des ressources mobilisables UAB du territoire.	1, 2, 3 et 4	1

Evolution pratiques	des Mauvaise connaissance de la capacité de minéralisation de l'humus des sols conduits en AB	La minéralisation de l'humus du sol peut apporter plusieurs dizaines d'unités d'azote minéralisables par hectare et par an (jusqu'à 100 uN) selon les pratiques, cultures et conditions pédoclimatiques	Fort	R&D	Régional	Améliorer les connaissances sur la capacité de minéralisation de l'humus des sols (Mh) conduits en AB et leur capacité à fournir de l'azote minéralisable	1, 2, 3 et 4	1
R&D	Méconnaissance des fournisseurs de MAFOR UAB	Il n'existe pas de connaissance centralisée des producteurs de MAFOR UAB par territoire (digestats, composts, produits élaborés, effluents et autres)	fort	R&D	National/ Régional/ Local	Création d'une base de données cartographiant les fournisseurs potentiels de MAFOR UAB (plateformes de compostages, entreprises produisant des engrais élaborés, fournisseurs de digestats UAB etc.)	1,2,3 et 4	1
Autres gisements MAFOR UAB	Développement gisement MAFOR UAB	Le gisement de co produits de l'exploitation du bois est aujourd'hui inexploité, une partie pourrait être compostée et utilisée en AB. Sa teneur en N demeure limitée	faible	Soutien économique	National/ Régional/ Local	Soutien au développement de filières de compostage de co-produits de l'exploitation du bois UAB	1,2 et 4	2
Autres traitements amont des MAFOR	Amélioration de la qualité des MAFOR UAB	Il s'agit de s'assurer que les digestats UAB répondent aux exigences des industriels et distributeurs et de s'assurer de leur innocuité	faible	Règlementation	National	Intégrer les exigences de l'AB dans la révision de la norme de compost NF U 44-051	1,2,3 et 4	2
Cheptel AB	Développement élevage AB	Développement de système de polyculture élevage en AB	moyen	Soutien économique	Régional	Soutien aux filières d'élevages AB (abattoirs, laiteries...)	1, 2 et 3	2
Méthanisation AB	Amélioration de la qualité des MAFOR UAB	Il s'agit de s'assurer que les digestats UAB répondent aux exigences des industriels et distributeurs et de s'assurer de leur innocuité	faible	Règlementation	National	L'augmentation des exigences de qualité des produits entrants par exemple avec le projet de décret et arrêté «déconditionnement» (R. 543-226), rubrique ICPE 2791 qui fixe des seuils de propreté des soupes de biodéchets	1 et 2	2
Politique développement recyclage et valorisation MAFOR	de Non intégration de l'AB dans les politiques de recyclage / gestion des MAFOR	L'AB est rarement incluse dans les stratégies, politiques de valorisation des MAFOR au niveau national et/ou régional et/ou localement	moyen	Politique	National/ Régional / Local	Intégration de l'AB dans les différentes politiques (nationales et régionales et locales) de gestion, recyclage et de valorisation des MAFOR	1,2 et 4	2
Pratiques	Réduction des pertes en azote	l'azote est le facteur limitant en AB, il s'agit donc d'améliorer sa gestion tout au long de son cycle de l'excrétion par les animaux à l'épandage au champ	faible	Formation/conseil Soutien économique	Exploitation	Poursuite de l' amélioration des pratiques et des investissements pour réduire les pertes en azote au stockage dans les bâtiments et à l'épandage	1, 2, 3 et 4	2
R&D	Réduction besoins en NPK	L'amélioration de l'efficacité des variétés bio peut contribuer à augmenter le taux de couverture des besoins en NPK des cultures bio	moyen	R&D	National	Sélectionner des variétés plus efficaces vis-à-vis des nutriments du sol permettant d'obtenir des rendements équivalents avec moins d'apports en NPK efficace	1, 2, 3 et 4	2

6. ANNEXES

6.1 Annexe 1 : Liste des tableaux et figures

Tableau 1: Estimation du gisement MAFOR par grandes catégories	11
Tableau 2 : Répartition des matières fertilisantes autorisées en AB par catégorie de MAFOR	12
Tableau 3: Définition des Keq_{orga} pour les effluents d'élevage	15
Tableau 4: Références utilisées pour caractériser la composition en NPK total et NPK eq des effluents d'élevage	15
Tableau 5: Définition d'élevage industriel au sens du CNAB	16
Tableau 6: Critère 1 - Part des effectifs de volailles et de porcins en fonction du type de sol.....	16
Tableau 7: Critère 2 - Part des effectifs de volailles et de porcins en fonction de la taille des élevages	17
Tableau 8: Estimation du taux d'utilisation potentiel en AB	17
Tableau 9: Estimation du gisement d'effluents d'élevage mobilisable et du gisement utilisable en AB en milliers de tMB (kTMB) en France	18
Tableau 10: Estimation du gisement NPK total issus des effluents d'élevage en tonnes utilisables en AB	18
Tableau 11: Estimation des quantités d'azote efficace maximal ($N_{total_eq_max}$) et miniamble ($N_{total_eq_min}$) incluant les arrières-effets ($N_{total_eq_orga}$) ; issues des effluents d'élevage utilisables en AB en tonnes	19
Tableau 12: Estimation du gisement de digestats mobilisable et utilisable en AB par région en France en tMS	21
Tableau 13 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais issus de la méthanisation UAB	21
Tableau 14 : Quantités moyennes importées (tMB) sur le territoire national	23
Tableau 15 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR importées d'UE en France (t)	23
Tableau 16 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR importées en France (t) hors UE	23
Tableau 17: Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais des MAFOR d'origine forestière UAB en tMS	24
Tableau 18: Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de compost de coproduits bois en tonnes	25
Tableau 19 : Effectifs de poules pondeuses par mode d'élevage en 2019	26
Tableau 20 : Estimation de la part d'œufs UAB mis en œuvre en casserie	26
Tableau 21 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de produits et sous-produits d'origine animale collectable et utilisable en AB en tonnes	26
Tableau 22 : Estimation du gisement NPK total et équivalent engrais de produits et sous-produits d'origine végétale collectable et utilisable en AB en tMS en France.....	28
Tableau 23 : Estimation du gisement en minéraux des produits engrais organiques élaborés en France.....	29
Tableau 24 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK des vinasses et extraits en France	30
Tableau 25 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK des composts de déchets verts en France	32
Tableau 26 : Estimation du gisement en minéraux totaux et équivalent engrais en NPK en France issu de la tourbe	35
Tableau 27 : Estimation du gisement de MAFOR issues de compost de champignonnières collectables et utilisables en AB en tMS en France	36
Tableau 28 : Estimation NPK pour le gisement total collecté d'algues vertes	37
Tableau 29 : Gisement de MAFOR mobilisable et UAB en tonnes par catégorie	37
Tableau 30 : Gisement de MAFOR UAB en éléments nutritifs totaux par catégorie de MAFOR en tonnes	38
Tableau 31 : Gisement mobilisable UAB en éléments nutritifs équivalent engrais par type de MAFOR en tonnes	38
Tableau 32 : Gisement de MAFOR mobilisable UAB par régions en t	39
Tableau 33 : Gisement en NPK total des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes	39

Tableau 34 : Gisement en N max, min, organique et moyen des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes équivalent engrais.....	40
Tableau 35 : Gisement en P et K des MAFOR utilisables en AB en France en tonnes équivalent engrais	40
Tableau 36 : Répartition des surfaces engagées en AB par région et par catégorie de couvert en hectares	47
Tableau 37 : Principaux couverts conduits en AB en 2020 en hectares de plus de 20 000 ha	48
Tableau 38 : Besoins moyens en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB	49
Tableau 39 : Rendements moyens quinquennaux et exportations moyennes de NPK.....	50
Tableau 40 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB par région	51
Tableau 41 : Répartition des besoins totaux en NPK en % des besoins totaux des grandes cultures conduites en AB par couvert	52
Tableau 42 : Besoins moyens en NPK par ha et par an des surfaces fourragères	52
Tableau 43 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de grandes cultures et autres conduits en AB	53
Tableau 44 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de légumes	54
Tableau 45 : Besoins moyens NPK par ha et par an par catégorie de légumes	54
Tableau 46 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de légumes et PPAM conduits en AB par région.....	55
Tableau 47 : Besoins totaux en NPK par ha et par an des couverts de légumes conduits en AB par catégorie de légumes	57
Tableau 48 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de cultures permanentes.....	58
Tableau 49 : Besoins moyens NPK par ha et par an par catégorie de cultures permanentes	58
Tableau 50 : Besoins totaux en NPK par région et par an des cultures permanentes conduites en AB	59
Tableau 51 : Besoins totaux en NPK par an des cultures permanentes conduites en AB par couvert/espèce	59
Tableau 52 : Regroupement des couverts/espèces par catégorie de couverts à capacité de fixation de l'azote atmosphérique	62
Tableau 53 : Estimation des reliquats azotés par région en tonnes en 2020	62
Tableau 54 : Estimation des dépôts d'azote atmosphériques sur les surfaces cultivées en AB en 2020 en tonnes d'azote efficace.....	63
Tableau 55 : Synthèse de besoins NPK par catégorie de couvert cultivé en AB en 2020 en tonnes équivalent engrais	66
Tableau 56 : Synthèse de besoins NPK des couverts conduits en AB par région en 2020 en tonnes équivalent engrais	66
Tableau 57 : Bilan de fertilisation au niveau national en tonnes et en %.....	69
Tableau 58 : Bilan de fertilisation hypothèse autosuffisance AB au niveau national en tonnes et en %	69
Tableau 59 : Bilan de fertilisation au sein de chaque région métropolitaine en tonnes équivalent engrais (importations exclues).....	71
Tableau 60 : Couverture des besoins NPK annuels en équivalent engrais des cultures bio, reliquats inclus, par les MAFOR UAB en % (importations exclues)	72
Tableau 61 : Méthodologie phase 3	75
Tableau 62 : Membres du groupe d'experts mobilisés	76
Tableau 63 : Variables de synthèses sélectionnées	77
Tableau 64 : Hypothèses d'évolution à horizon 2030 retenues	79
Tableau 65 : Gisement et besoins en NPK tonnes équivalent engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario tendanciel toutes cultures	81
Tableau 66 : Gisement et besoins en NPK tonnes équivalent engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario tendanciel sans parcours herbeux ni prairies permanentes	82
Tableau 67 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 2 toutes cultures.....	85
Tableau 68 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 2 sans prairies ni parcours herbeux.....	86
Tableau 69 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 3 toutes cultures.....	89

Tableau 70 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 3 sans prairies permanentes ni parcours herbeux	90
Tableau 71 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 4 toutes cultures.....	93
Tableau 72 : Gisement et besoins en NPK tonnes eq. engrais et bilan de fertilisation simplifié du scénario 4 sans prairies permanentes ni parcours herbeux	94
Tableau 73 : Freins, leviers et recommandations	99
Tableau 74 : Grille de calcul du coefficient multiplicatif des doses en phosphore	114
Tableau 75 : Grille de calcul du coefficient multiplicatif des doses en potassium.....	115
Tableau 7650 : Statut de fertilité des sols en phosphore (P2O5 équivalent méthode Olsen) pour les 22 régions métropolitaines	116
Tableau 77 : Statut de fertilité des sols en potassium (K2O) pour les 22 régions métropolitaines.....	118
Tableau 78 : Teneur des sols en azote total (en mg/kg) pour les 22 régions métropolitaines – 2005-2009.....	120
Figure 1 : Chronogramme de l'étude.....	7
Figure 2: Méthodologie employée pour la phase 1	9
Figure 3 : Cartographie du gisement d'azote utilisable en AB en N total, N eq. max et N eq. min en tonnes d'unités et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes.....	41
Figure 4 : Cartographie du gisement de phosphore total et équivalent engrais utilisable en AB en tonnes et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes	43
Figure 5 : Cartographie du gisement de potassium total et équivalent engrais utilisable en AB en tonnes et répartition du gisement total de MAFOR utilisable en AB en tonnes	44
Figure 6 : Figure 7: Méthodologie employée pour la phase 2.....	45
Figure 8 : Cartographie des besoins totaux des cultures engagées en AB en 2020 en NPK en tonnes équivalent engrais et répartition de la SAU engagée en AB en ha	68
Figure 9 : Analyse croisée des bilans de fertilisation modalité A des 4 scénarii à horizon 2030.....	95
Figure 10 : Analyse croisée des bilans de fertilisation modalité B des 4 scénarii à horizon 2030.....	96
Figure 11 : Un effet de ciseau sur les disponibilités	96
Figure 12: Carte des moyennes des teneurs du sol en phosphore (en équivalent Olsen)	118

6.2 Annexe 2 : Estimation des volumes d'effluents totaux année 2020 en France métropolitaine en tMB

Volumes totaux d'effluents collectables et épandables en 1000 tMB	fu_bovins	li_bovins	fu_ovins	fu_caprins	fu_porcins	li_porcins	fu_equides	fu_volailles	li_volailles	fi_volailles	Total	%
Auvergne-Rhône-Alpes	7 635	3 016	218	138	44	718	438	155	76	44	12 482	11%
Bourgogne-Franche-Comté	6 370	935	66	33	21	317	218	88	51	7	8 105	7%
Bretagne	6 166	2 575	14	37	188	10 576	198	861	475	233	21 325	19%
Centre-Val de Loire	1 916	224	37	153	32	415	192	75	27	18	3 090	3%
Corse	29	5	6	6	5	0	24	0	0	0	76	0%
Grand Est	7 389	1 226	164	9	34	486	292	68	18	19	9 705	8%
Guadeloupe	105	7	0	6	0	18	0	53	1	2	192	0%
Guyane	52	4	0	2	0	6	0	11	1	0	77	0%
Hauts-de-France	5 331	1 108	44	3	46	891	330	118	6	46	7 922	7%
Île-de-France	109	17	4	3	0	8	258	8	1	3	411	0%
La Réunion	82	6	1	11	0	92	0	373	37	15	617	1%
Martinique	47	3	2	2	0	15	0	45	0	2	116	0%
Mayotte	58	4	0	11	0	0	0	24	2	1	99	0%
Normandie	7 252	2 536	30	5	56	1 053	432	85	17	21	11 487	10%
Nouvelle-Aquitaine	7 226	1 595	267	525	56	1 236	469	360	1 867	25	13 625	12%
Occitanie	4 334	1 445	581	159	23	553	415	135	821	10	8 476	7%
Pays de la Loire	8 892	1 759	22	233	166	2 423	296	574	1 224	78	15 667	14%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	179	29	217	19	2	24	256	8	0	5	739	1%
Total	63 173	16 493	1 673	1 354	676	18 831	3 818	3 040	4 624	530	114 211	100%
%	55%	14%	1%	1%	1%	16%	3%	3%	4%	0%	100%	

Source :élaboration AND d'après ELBA et SAA

6.3 Annexe 3 : Caractérisation des MAFOR utilisés dans la base de données

Id_MAFOR en Kg/tMB	Ntotal	P2O5total	K2Ototal	KeqN min	KeqN max	KeqN orga	Keq P2O5	Keq K2O	Ntotal_eq min	N total_eq max	N total_eq orga	P2O5 total_eq	K2O total_eq
bovins_fumier_litiere	5,90	2,80	9,50	0,12	0,22	0,10	0,80	1,00	0,71	1,30	0,59	2,24	9,50
bovins_fumier_litiere_bio	5,90	2,80	9,50	0,12	0,22	0,10	0,80	1,00	0,71	1,30	0,59	2,24	9,50
bovins_lisier	3,40	1,50	3,60	0,15	0,50	0,02	0,80	1,00	0,51	1,70	0,07	1,20	3,60
bovins_lisier_bio	3,40	1,50	3,60	0,15	0,50	0,02	0,80	1,00	0,51	1,70	0,07	1,20	3,60
caprins_fumier	6,10	5,20	12,00	0,15	0,25	0,10	0,80	1,00	0,92	1,53	0,61	4,16	12,00
caprins_fumier_bio	6,10	5,20	12,00	0,15	0,25	0,10	0,80	1,00	0,92	1,53	0,61	4,16	12,00
equides_fumier_courant	17,80	7,00	19,60	0,15	0,15	0,10	0,80	1,00	2,67	2,67	1,78	5,60	19,60
ovins_fumier	6,70	4,00	12,00	0,15	0,25	0,10	0,80	1,00	1,01	1,68	0,67	3,20	12,00
ovins_fumier_bio	6,70	4,00	12,00	0,15	0,25	0,10	0,80	1,00	1,01	1,68	0,67	3,20	12,00
palmipede_lisier	5,44	1,95	1,92	0,20	0,80	0,02	0,85	1,00	2,18	4,35	0,11	1,66	1,92
pondeuses_alter_fientes	22,00	35,10	22,20	0,20	0,60	0,10	0,85	1,00	4,40	13,20	2,20	29,84	22,20
pondeuses_bio_fientes	22,00	35,10	22,20	0,20	0,60	0,10	0,85	1,00	4,40	13,20	2,20	29,84	22,20
pondeuses_cage_fientes	39,50	37,80	25,70	0,20	0,60	0,10	0,85	1,00	7,90	23,70	3,95	32,13	25,70
porcins_fumier_charcutiers	9,40	7,70	14,00	0,12	0,45	0,10	0,95	1,00	1,13	4,23	0,94	7,32	14,00
porcins_fumier_charcutiers_bio	9,40	7,70	14,00	0,12	0,45	0,10	0,95	1,00	1,13	4,23	0,94	7,32	14,00
porcins_lisier_NE	3,50	2,10	2,50	0,20	0,56	0,02	0,95	1,00	0,70	1,96	0,07	2,00	2,50
poulet_chair_fumier_bio	20,60	18,40	19,00	0,10	0,50	0,10	0,85	1,00	2,06	10,30	2,06	15,64	19,00
poulet_chair_fumier_LR_AOP	20,60	18,40	19,00	0,10	0,50	0,10	0,85	1,00	2,06	10,30	2,06	15,64	19,00
poulet_chair_fumier_standard_ccp	21,90	14,70	19,00	0,10	0,50	0,10	0,85	1,00	2,19	10,95	2,19	12,50	19,00
eq_compost_dechets_alimentaires	13,60	7,70	11,20	0,05	0,05	0,10	0,70	1,00	0,68	0,68	1,36	5,39	11,20
dechets_verts_bruts	1,10	0,60	1,20	0,03	0,03		0,50	0,80	0,03	0,03	0,00	0,30	0,96
compost_dechets_verts	1,00	0,60	1,10	0,05	0,05	0,10	0,55	1,00	0,05	0,05	0,10	0,33	1,10
vinasse_betterave	2,50	0,20	7,00	0,45	0,45		1,00	1,00	1,13	1,13	0,00	0,20	7,00
vinasse_viticole	1,30	1,08	6,00	0,45	0,45		1,00	1,00	0,59	0,59	0,00	1,08	6,00
vinasse_canne_sucre	0,02	0,01	0,10	0,45	0,45		1,00	1,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,10
biochar	11,70	24,90	13,90						0,00	0,00	0,00	24,90	13,90
farines_animales_C1_C2	44,07	29,44	2,96						2,23	2,23	0,00	29,44	2,96
PAT_C3	44,07	29,44	2,96						2,23	2,23	0,00	29,44	2,96
marcs_raisins	16,11	6,62	26,97						0,00	0,00	0,00	6,62	26,97
lies_bourbes_vin	5,96	3,54	13,33						0,21	0,21	0,00	3,54	13,33
pailles_lavande_lavandin	2,00	1,00	4,20						0,60	0,60	0,00	1,00	4,20
issues_silo_maïs	1,20	5,80	7,70						0,00	0,00	0,00	5,80	7,70
rafles_raisins	16,11	6,62	26,97						0,00	0,00	0,00	6,62	26,97
pulpes_raisins_deshy	16,11	6,62	26,97						0,00	0,00	0,00	6,62	26,97

ecumes_sucreries	1,70	10,00	1,50						0,00	0,00	0,00	10,00	1,50
dechets_usine_triage_pois_haricot_verts	30,00	7,88	20,00						1,50	1,50	0,00	7,88	20,00
cendres_bois	0,20	20,60	50,40						0,05	0,05	0,00	20,60	50,40
tourbe	12,30	0,16	1,74						0,00	1,05	0,00	0,16	1,74
compost_fumier_bovins	6,70	3,60	10,80	0,10	0,25	0,10	0,70	1,00	0,67	1,68	0,67	2,52	10,80
compost_fientes_volailles	12,20	14,30	19,30	0,10	0,50	0,10	0,75	1,00	1,22	6,10	1,22	10,73	19,30
digestat_metha	6,52	1,28	4,96	0,40	0,80	0,10	0,85	1,00	2,61	5,22	0,65	1,09	4,96
coquilles_oeuf	0,00	35,00	0,00						0,00	0,00	0,00	35,00	0,00
algues	0,09	0,01	0,05	0,40	0,60		0,85	1,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,05

6.4 Annexe 4 : Inventaire des sources récentes d'évaluation de la ressource en déchets verts :

- 61,0 Mt MB de production totale collectée ou non (France métropolitaine, FAM 2015)
- 1,0 Mt de MB de déchets verts des collectivités en 2009 (Ademe 2012)
- 3,2 Mt MB de déchets verts de gros producteurs (Ademe 2013)
- 4,8 Mt MB production totale (Ademe 2013 estimation du gisement potentiels de substrats méthanisables)
- 4,2 Mt MB collectés en déchetterie en 2017 (Ademe Modecom 2017)
- 5,4 Mt MB de déchets verts entrant sur les 657 plate-forme de compostage en 2018 (ITOM 2018)
- 12,0 Mt valorisés In situ (FAM 2015)
- 1.4 Mt circuit économique (FAM 2015)
- 1.5 Mt (brûlage ou décharge) (FAM 2015)

6.5 Annexe 5 : Evaluation du gisement de déchets verts bruts avant transformation et ratios de production de déchets verts par habitant utilisés pour la répartition régionale du gisement

Les deux tableaux suivants constituent une première synthèse du gisement de déchets verts bruts entrant en station de compostage. Pour l'analyse globale du gisement qui ne doit pas comporter de double comptage, le choix est fait de ne pas intégrer ces données. Il semble en effet préférable d'inclure les valeurs du produit transformé (compost) qui correspond au gisement qui est mobilisé dans la pratique.

Tableau 23 : Caractérisation du gisement brut de déchets verts collecté par les plates-formes de compostage

	Taille	Tontes	Feuilles	Elagage	Total
% MS	50	20	60	60	
Part de la collecte	60	28	6	6	100
Collecte MB (t)	3 600 000	1 680 000	360 000	360 000	6 000 000
Collecte MS (t)	1 800 000	336 000	216 000	216 000	2 568 000

Part azote	0,92%	3%	0,67%	0,42%	
Azote (t)	16 560	10 080	1 447,2	907,2	28994,4
Part phosphore	0,60%	0,70%	0,60%	0,60%	
Phosphore (t)	10 800	2 352	1 296	1 296	15 744
Part potassium	0,95%	3%	0,95%	0,95%	
Potassium (t)	17 100	10 080	2 052	2 052	31 284

Source : AND

Tableau 24 : Répartition du gisement de déchets verts collectés pour le compostage par régions

Régions	Déchets verts collectés (t MB)
Auvergne-Rhône-Alpes	382 375
Bourgogne- Franche-Comté	152 127
Bretagne	569 918
Centre – Val de Loire	293 270
Grand Est	301 655
Hauts-de-France	1 010 490
Île-de-France	315 000
Normandie	468 639
Nouvelle Aquitaine	856 137
Occitanie	581 995
Pays de la Loire	544 045
Provence-Alpes-Côte d'Azur	513 038
Martinique	47 656
Guadeloupe	49 981
Guyane	35 645
Réunion	110 552
Mayotte	33 192

Source : AND

Ratios utilisés issus de l'audit 2006 national des plates-formes de compostage.

Climat moyen régional	Ratio de production de déchet vert en kg/an/hab
Montagnard	45
Continental	52
Océanique	161
Océanique dégradé	109
Méditerranéen	96
Mixte océanique	135

Mixte méridional	92,6
Tropical	123

6.6 Annexe 6 : Gisement mobilisable et UAB en tonnes (tMS et tMB)

Row Labels	Gisement brut	Gisement mobilisable UAB	Ntotal	Ntotal_eq_max	Ntotal_eq_min	Ntotal_organique	Ntotal_eq_moy avec Norg
tMB							
AGRICOLE							
bovins_fumier_litiere	59 108 577	59 108 577	348 741	76 723	41 849	34 874	94 160
bovins_fumier_litiere_bio	6 773 218	6 773 218	39 962	8 792	4 795	3 996	10 790
bovins_lisier	15 425 629	15 425 629	52 447	26 224	7 867	1 049	18 094
bovins_lisier_bio	1 778 785	1 778 785	6 048	3 024	907	121	2 087
caprins_fumier	1 237 660	1 237 660	7 550	1 887	1 132	755	2 265
caprins_fumier_bio	164 250	164 250	1 002	250	150	100	301
equides_fumier_courant	3 817 518	3 817 518	67 952	10 193	10 193	6 795	16 988
ovins_fumier	1 573 076	1 573 076	10 540	2 635	1 581	1 054	3 162
ovins_fumier_bio	163 260	163 260	1 094	273	164	109	328
palmipede_lisier	4 624 175	1 572 220	8 553	6 842	3 421	171	5 303
pondeuses_alter_fientes	186 429	186 429	4 101	2 461	820	410	2 051
pondeuses_bio_fientes	164 108	164 108	3 610	2 166	722	361	1 805
pondeuses_cage_fientes	1 254 637	426 577	16 850	10 110	3 370	1 685	8 425
porcins_fumier_charcutiers	663 475	497 606	4 677	2 105	561	468	1 801
porcins_fumier_charcutiers_bio	22 977	22 977	216	97	26	22	83
porcins_lisier_NE	18 707 168	14 030 376	49 106	27 500	9 821	982	19 643
poulet_chair_fumier_bio	85 350	85 350	1 758	879	176	176	703
poulet_chair_fumier_LR_AOP	451 495	451 495	9 301	4 650	930	930	3 720
poulet_chair_fumier_standard_ccp	2 537 192	862 645	18 892	9 446	1 889	1 889	7 557
INDUSTRIELLE							
vinasse_betterave	620 615	620 615	1 552	698	698	0	698
vinasse_viticole	54	54	0	0	0	0	0
tMS							

AUTRES							
algues	5 000	5 000	0	0	0	0	0
Tourbe	108 800	108 800	1 338	114	0	0	57
FORESTIERE							
cendres_bois	162 899	162 899	33	8	8	0	8
INDUSTRIELLE							
coquilles_oeuf	39 693	2 382	0	0	0	0	0
dechets_usine_triage_pois_haricot_verts	6 480	6 480	194	10	10	0	10
ecumes_sucreries	675 120	675 120	1 148	0	0	0	0
farines_animales_C1_C2	46 000	46 000	2 027	103	103	0	103
issues_silo_maïs	9 499	9 499	11	0	0	0	0
lies_bourbes_vin	7 628	7 628	45	2	2	0	2
marcs_raisins	31 450	31 450	507	0	0	0	0
pailles_lavande_lavandin	42 730	42 730	85	26	26	0	26
PAT_C3	37 000	37 000	1 631	83	83	0	83
pulpes_raisins_deshy	10 879	10 879	175	0	0	0	0
rafles_raisins	5 550	5 550	89	0	0	0	0
URBAINE							
compost_dechets_verts	2 091 977	1 045 989	1 046	52	52	105	157
Grand Total	122 640 353	111 159 830	662 282	197 353	91 357	56 052	200 407

6.7 Annexe 7 : Ratio effluents d'élevage par tête

En tms/tête	Fumier bovins	Lisier bovins	Fumier ovins	Fumier caprins	Fumier porcins	Lisier porcins	Fumier équidés	Fumier Volailles	Lisier palmipèdes	Fientes volailles
Ratio moyens	0,8697	0,0606	0,1049	0,4338	0,0147	0,0696		0,0690	0,0123	0,0188

6.8 Annexe 8: Teneurs seuils en phosphore et potassium retenues pour les différentes régions françaises

(source AND avec teneurs seuil proposées par Arvalis)

Phosphore	culture exigence moyenne		culture faible exigence	
	Trenforcé	Timpasse	Trenforcé	Timpasse
Régions				
Alsace	60	90	30	80
Aquitaine	30	80	20	45
Auvergne	50	80	20	70
Basse-Normandie	50	80	20	70
Bourgogne	50	80	20	70
Bretagne	50	80	20	70
Centre	50	80	20	70
Champagne-Ardenne	60	90	30	80
Corse	50	80	20	70
Franche-Comté	50	80	20	70
Haute-Normandie	50	80	20	70
Île-de-France	50	80	20	70
Languedoc-Roussillon	50	80	20	70
Limousin	50	80	20	70
Lorraine	50	80	20	70
Midi-Pyrénées	50	80	20	70
Nord-Pas-de-Calais	50	80	20	70
Pays de la Loire	50	80	20	70
Picardie	50	80	20	70
Poitou-Charentes	60	90	30	80
Provence-Alpes-Côte d'Azur	50	80	20	70
Rhône-Alpes	50	80	20	70

Tableau : Teneurs seuils en potassium retenues pour les différentes régions françaises (source AND avec teneurs seuil proposées par Arvalis)

Potassium	culture exigence moyenne		culture faible exigence		
	Régions	Trenforcé	Timpasse	Trenforcé	Timpasse
Alsace		200	300	100	180
Aquitaine		150	220	100	150
Auvergne		150	220	100	150
Basse-Normandie		150	220	100	150
Bourgogne		150	220	80	150
Bretagne		150	220	100	150
Centre-Val de Loire		150	220	100	150
Champagne-Ardenne		150	220	100	150
Corse		80	120	40	120
Franche-Comté		170	240	100	170
Haute-Normandie		130	190	90	160
Ile-de-France		150	220	100	150
Languedoc-Roussillon		80	120	40	120
Limousin		150	220	100	150
Lorraine		200	300	100	180
Midi-Pyrénées		80	120	40	120
Nord-Pas-de-Calais		150	220	100	150
Pays de la Loire		150	220	100	150
Picardie		150	220	100	150
Poitou-Charentes		150	220	100	150
Provence-Alpes-Côte d'Azur		150	220	100	150
Rhône-Alpes		150	220	100	150

6.9 Annexe 9 : Analyse qualitative du gisement du sol en NPK

Principe de prise en compte du gisement du sol dans l'évaluation des besoins en fertilisation

Le COMIFER donne l'équation suivante pour calculer le besoin des cultures en fertilisation :

*Dose conseillée = quantité exportée prévue * coefficient multiplicatif des exportations.*

Le coefficient multiplicatif des exportations est obtenu en croisant l'historique de la fertilisation de la parcelle, le niveau d'exigence de la culture selon trois niveaux (très exigeante, moyennement exigeante et peu exigeante) **et des valeurs seuils de teneur du sol** en élément disponible. Le COMIFER mentionne 6 valeurs seuils de teneurs du sol qui dépendent elles-mêmes du type de sol.

Une fois croisées ces informations, l'agriculteur obtient le coefficient multiplicatif des exportations pour sa culture. Ce coefficient est de 0 lorsque les fournitures du sol sont largement suffisantes pour couvrir les besoins de la culture. Il est de maximum 3,7 pour le phosphore et de 2,3 pour le potassium.

Tableau 74 : Grille de calcul du coefficient multiplicatif des doses en phosphore

P₂O₅	Nb. d'années sans apport depuis la dernière fertilisation	Teneur du sol						
		Positionner la teneur par rapport aux seuils						
		Teneur faible	Trenf.	Timp. -10%	Timp.	Timp. +10%	2x Timp.	3x Timp.
Cultures très exigeantes Betterave sucrière Colza - Luzerne Pomme de terre	0	2.2	1.5	1.2	1.0	0.8	0	0
	1 an	3.3	2.0	1.5	1.2	1.0	0	0
	2 ans ou +	3.7	2.7	2.0	1.5	1.2	0.8	0
Moyennement exigeantes Blé/Blé - Blé dur Maïs fourrage - Pois Orge - R.G. - Sorgho	0	1.6	1.0	1.0	0	0	0	0
	1 an	1.8	1.2	1.0	1.0	0.8	0	0
	2 ans ou +	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0	0.6	0
Cultures peu exigeantes Avoine - Blé tendre Maïs grain - Seigle Soja - Tournesol	0	1.3	1.0	0.8	0	0	0	0
	1 an	1.6	1.0	1.0	0	0	0	0
	2 ans ou +	1.6	1.2	1.0	1.0	0.8	0	0

Source : COMIFER 2019

Tableau 75 : Grille de calcul du coefficient multiplicatif des doses en potassium

Source : COMIFER 2019

K₂O	Nb. d'années sans apport depuis la dernière fertilisation	Teneur du sol						
		Positionner la teneur par rapport aux seuils						
		Teneur faible	Trenf.	Timp. -10%	Timp.	Timp. +10%	2x Timp.	3x Timp.
Cultures très exigeantes Betterave sucrière Pomme de terre	0	1.7	1.2	1.0	0.8	0.6	0	0
	1 an	2.0	1.4	1.2	1.0	0.8	0	0
	2 ans ou +	2.3	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0
Moyennement exigeantes Colza - Maïs grain Pois - Tournesol Luzerne	0	1.6	1.2	1.0	0	0	0	0
	1 an	2.2	1.4	1.2	1.0	0.5	0	0
	2 ans ou +	2.2	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0
Cultures peu exigeantes Blé tendre - Blé dur Orge - Avoine - Seigle	0	1.2	1.0	1.0	0	0	0	0
	1 an	1.2	1.1	1.0	0	0	0	0
	2 ans ou +	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	0	0

Précisions des choix méthodologiques de prise en compte du gisement du sol dans l'évaluation des besoins en fertilisation

Adapter la méthode du COMIFER à l'étude macroscopique des besoins est complexe. Cela implique de croiser des données sur la qualité des sols avec les valeurs seuils de teneurs des sols en élément disponibles.

Pour ce faire, plusieurs choix méthodologiques ont été effectués :

- L'échelle géographique a été étendue aux 22 anciennes régions métropolitaines françaises pour mieux prendre en compte l'hétérogénéité des sols.
- Concernant la nature des données mobilisées sur la qualité des sols, il a été choisi d'exploiter la base de données des analyses de terre (BDAT) animée par le GIS Sol dont les données les plus récentes qui ont pu nous être fournies agrègent des analyses de 2010 à 2014 pour le phosphore et de 2005 à 2009 pour le potassium et l'azote total.
- Compte tenu de la dispersion des données autour des moyennes, les résultats présentent, autant que les données disponibles de la BDAT le permettent, les moyennes pour le premier décile, premier quartile, dernier quartile et dernier décile ainsi que la valeur médiane.
- Pour le cas particulier du phosphore une difficulté est liée aux différentes méthodes de mesure du phosphore biodisponible dans le sol. La BDAT en recense trois (Olsen, Dyer, Joret-Hebert). Chacune présente un intérêt spécifique lié au terroir où les analyses sont faites et aux protocoles spécifiques des laboratoires. Le GIS Sol a converti ces données en « équivalent » méthode Olsen. Ce sont donc des données converties qui sont utilisées ici. Ce choix permet ainsi de gommer les particularités locales liées à la préférence d'une méthode d'analyse plutôt qu'une autre.
- Les données des teneurs du sol ont ensuite été comparées aux valeurs des teneurs seuils du Comifer. Les valeurs seuils des teneurs du sol retenues ont été les valeurs Timpasse et Trenforcé du Comifer pour les cultures moyennement exigeantes et faiblement exigeantes. Les teneurs seuils Timpasse et T renforcé des cultures fortement exigeantes sont assez proches des teneurs des cultures moyennement exigeantes. En revanche le coefficient de compensation des exportations est supérieur pour ces cultures.
- Pour chaque région les valeurs Timpasse et Trenforcée ont été déterminées en tenant compte de la grille tenue à jour par Arvalis. (Voir annexe tableau 5.9 et tableau 5.10).

Limites de la méthode :

- Le premier biais de la méthode est celui de la date assez ancienne des échantillons disponibles du GIS (2005 à 2014), sachant qu'une tendance structurelle à la baisse des teneurs en PK dans les sols métropolitains est constatée.
- La BDAT comporte sans doute un biais d'échantillonnage avec une sous-représentation quasi certaine des prairies (dans lesquelles les agriculteurs investissent moins en analyses de sols) et au contraire une sur-représentation d'autres types (cultures maraîchères, arboricoles et toutes les cultures à forte valeur ajoutée où le coût des analyses est vite amorti).
- Une autre limite est liée au fait que les analyses sont recensées pour l'ensemble des systèmes et pas seulement des systèmes AB. Or les systèmes AB présentent des dynamiques propres. Plusieurs professionnels pointent notamment un appauvrissement en phosphore des sols conduits en AB ce qui est corroboré par des résultats de 12 ans (depuis 2005) d'essais d'Arvalis sur la plate-forme de Dunière à Etoile-sur-Rhône (26). Arvalis a par ailleurs lancé une enquête auprès de 200 producteurs Bio pour mieux cerner la dynamique sur le plan national et faire des corrélations avec les pratiques (l'observatoire PhosphoBio).

Résultat : Les teneurs en phosphore (équivalent méthode Olsen) des sols français :






Tableau 7650 : Statut de fertilité des sols en phosphore (P2O5 équivalent méthode Olsen) pour les 22 régions métropolitaines

	1er décile	1er quartile	Médiane	Dernier quartile	Dernier décile	Moyenne
Alsace	29	45	72	105	137	78,47
Aquitaine	27	44,16	70	100	133	76,18
Auvergne	24	35,29	58	91	130	68,77
Basse-Normandie	30	44	66	93	125	72,82
Bourgogne	25	35	55	79	107	62,1
Bretagne	49,28	72	103	143	182	110,3
Centre	30	44	62	84	110	67,7
Champagne-Ardenne	35	50	68,58	91,97	119	74,08
Corse	14	24,5	42	75	119	55,32

Étude prospective sur l'estimation des besoins actuels et futurs de l'agriculture biologique en fertilisants organiques et recommandations en vue de son développement – Rapport final

Franche-Comté	22	31,65	47	66	91,98	53,29
Haute-Normandie	38	51	69	92	116	74,38
Île-de-France	37	52	71	94	120	75,9
Languedoc-Roussillon	14,12	23,89	41,76	69	99,33	51,45
Limousin	22	33	51	78,93	111	60,7
Lorraine	26	37	54	76	104	60,63
Midi-Pyrénées	19	30	49,08	75	101	57,09
Nord-Pas-de-Calais	49	71	100	132	167	104,2
Pays de la Loire	31	45	65,11	91	124	72,74
Picardie	39	54	75	100	128	80,02
Poitou-Charentes	24	36	56	80	110	62,77
Prov-Alpes-C d'Azur	15	24	40,45	67,15	95	50,43
Rhône-Alpes	26	42	66	96	132	73,83

Légende :

	Supérieur à Timpasse culture moyennement exigeante
	Entre Timasse et T renforcé culture moyennement exigeante
	Supérieur à T impasse culture faiblement exigeante
	Entre Timpasse et T renforcé culture faiblement exigeante
	Inférieur à T renforcé culture faiblement exigeante

Source : Elaboration AND International avec BDAT (2014) GIS Sol et grille PK COMIFER

Analyse :

Zone de confort (valeurs en vert vif). Les apports en culture moyennement exigeantes ne sont pas nécessaires s'il y en a déjà eu l'année précédente. Dans le cas contraire, les apports doivent couvrir uniquement les exportations. Une impasse peut même être envisagée pour les cultures les moins exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. Seulement quatre régions présentent des analyses en moyenne dans la zone de confort.

Zone de souplesse (valeurs en vert clair). L'impasse peut toujours être envisagée pour des cultures faiblement exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. En revanche, pour les cultures moyennement exigeantes, les exportations doivent être compensées d'un facteur 1 voire supérieur selon le passé des apports de la parcelle. Six régions françaises sont situées dans cette zone au regard de la moyenne des analyses.

Zone de vigilance (valeurs en bleu clair). Pour les cultures moyennement exigeantes, les exports doivent être compensés d'un facteur 1,6 à 2 selon le passé de la parcelle. En revanche, l'impasse peut toujours être envisagée pour des cultures faiblement exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. La moyenne de quatre régions est située dans cette zone.

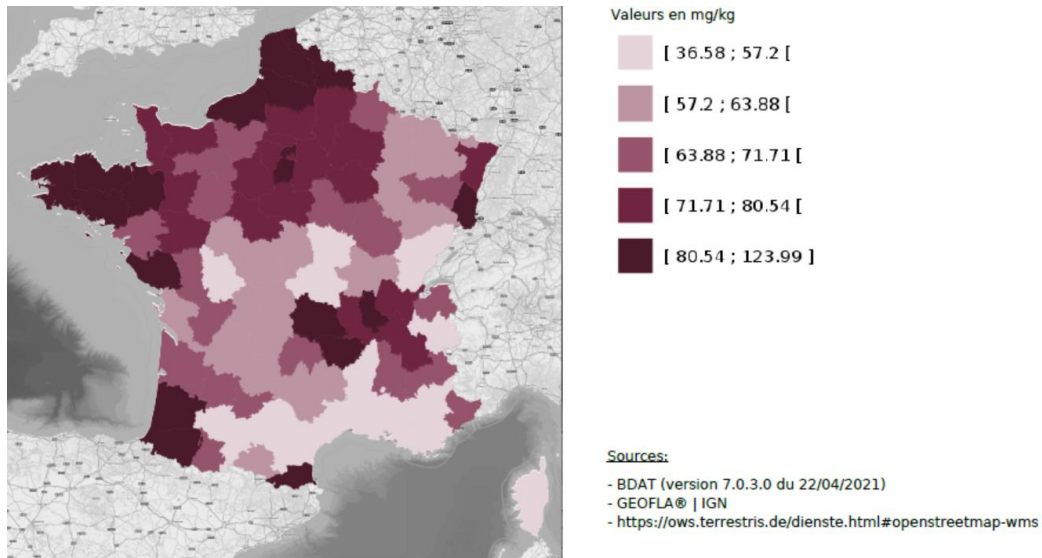
Zone de danger (valeurs en rouge clair). Les cultures faiblement exigeantes doivent être compensées d'un facteur 1 voire 1,1 ou 1,2. Pour les cultures moyennement exigeantes, les exports doivent être compensés d'un facteur 1,6 à 2 selon le passé de la parcelle. L'observation de la moyenne, montre que huit régions sont en zone de danger.

Zone critique (valeurs en rouge). C'est la zone où la dose maximale annuelle est recommandée qui va d'un facteur de 1,2 fois les exportations (culture à faible exigence) à un niveau de 2,2 / 2,3 pour les cultures à moyenne ou forte exigence. Aucune région n'est située en moyenne dans cette catégorie.

Toutes les régions ne sont pas égales vis-à-vis des besoins en phosphore. Certaines détiennent un capital en phosphore important. Le Nord pas de Calais, la Bretagne, le Rhône Alpes et la Picardie ressortent comme ayant une réserve biodisponible permettant d'alimenter les plantes. Localement, des

régions anciennement industrielles ont pu bénéficier des apports de scories de déphosphoration avec des teneurs fortes en phosphore. En Bretagne, une partie de la complémentation minérale en phosphore des animaux est évacuée par les effluents et se retrouve dans les sols. Outre ces quatre régions qui détiennent un capital phosphore conséquent dans leurs sols, le suivi de la ressource mérite une plus grande vigilance dans le reste du territoire français.

Figure 12: Carte des moyennes des teneurs du sol en phosphore (en équivalent Olsen)







Gisement du sol en potassium

Tableau 77 : Statut de fertilité des sols en potassium (K20) pour les 22 régions métropolitaines

	1er décile	1er quartile	Médiane	Dernier quartile	Moyenne
Alsace	147	196	263	365	294.01
Aquitaine	62	103	166	249	192.97
Auvergne	93	139	225.5	428	315.4
Basse-Normandie	102	146	207	292	236.59
Bourgogne	120	175	260	380	296.28
Bretagne	137	189	258	340	277.62
Centre-Val de Loire	110	155	221	308	252.53
Champagne-Ardenne	181	237	313	420	350.77
Corse	91.5	131	177	247.75	197.21
Franche-Comté	110	150	210	290	234.55
Haute-Normandie	123	148	180	221	192.8
Ile-de-France	157	193	240	302	261.83
Languedoc-Roussillon	103	143	206	298	251.99
Limousin	84	121	184	281	237.12
Lorraine	180	249	340	458	368.77
Midi-Pyrénées	94	134	191	274	220.3
Nord-Pas-de-Calais	164	200	247	307	262.79
Pays de la Loire	93	130	189	270	222.33
Picardie	162	198	241	296	261.33
Poitou-Charentes	119	183	298	464	350.51
Provence-Alpes-Côte d'Azur	116	162	233	332	269.36
Rhône-Alpes	102	141	192	264	218.67

Légende :

Supérieur à Timpasse culture moyennement exigeante

	Entre Timasse et T renforcé culture moyennement exigeante
	Supérieur à T impasse culture faiblement exigeante
	Entre T impasse et T renforcé culture faiblement exigeante
	Inférieur à T renforcé culture faiblement exigeante

Source : Elaboration AND international avec BDAT (2010) GIS Sol et grille PK Comifer

Analyse :

Zone de confort (Les valeurs en vert vif). Les apports pour les cultures moyennement exigeantes ne sont pas nécessaires en cas d'apports durant l'année précédente. Dans le cas contraire, les apports doivent couvrir uniquement les exportations, voire moins (facteur 0 à 1,2). Une impasse peut même être envisagée pour les cultures les moins exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. Presque la totalité de la France métropolitaine (18 régions sur 22) se situe dans cette zone de confort lorsqu'on examine la moyenne des teneurs des analyses. Pour quatorze régions la médiane des teneurs est située dans cette zone.

Zone de souplesse (valeurs en vert clair) L'impasse peut toujours être envisagée pour des cultures faiblement exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. En revanche pour les cultures moyennement exigeantes, les exportations doivent être compensées d'un facteur 1 à 1,6 voire supérieur selon le passé des apports de la parcelle. La moyenne de Trois régions françaises sont situées dans cette zone, l'Alsace, la Franche-Comté et Rhône-Alpes.

Zone de vigilance (valeurs en bleu clair). Pour les cultures moyennement exigeantes, les exports doivent être compensés d'un facteur 1 à 1,6 voire supérieur selon le passé des apports de la parcelle. En revanche l'impasse peut toujours être envisagée pour des cultures faiblement exigeantes lorsque des apports ont déjà eu lieu en année N-1 ou N-2. La moyenne de l'Aquitaine est située dans cette zone.

Zone de danger (valeurs en rouge clair). Les cultures faiblement exigeantes doivent toutes être compensées d'un facteur 1 voire 1,1 ou 1,2. Pour les cultures moyennement exigeantes, les exports doivent être compensés d'un facteur 1,6 à 2,2 selon le passé de la parcelle. En France, ces zones sont globalement rencontrées dans le premier décile et le premier quartile des analyses de sols.

Zone critique (valeurs en rouge). C'est la zone où la dose maximale annuelle est recommandée qui va d'un facteur de 1,2 fois les exportations (culture à faible exigence) à un niveau de 2,2 / 2,3 pour les cultures à moyenne ou forte exigence. Aucune région n'est située en moyenne dans cette catégorie.

Le statut des sols français en potassium semble bon. 18 régions sur 22 ont des teneurs moyennes au-situées dans la zone de confort. Cependant l'analyse de l'hétérogénéité des sols montre que le quart des sols mérite une attention plus particulière sur la fertilisation pour cet élément.

Gisement du sol en azote :

La BDAT donne aussi les teneurs des sols en azote total en mg/kg. Nous avons extrait ici des résultats à titre indicatif. L'azote total du sol n'est en effet pas un bon indicateur pour équilibrer le bilan azoté, car les compartiments de présence de l'azote ne sont pas détaillés. Or chaque compartiment a une cinétique de minéralisation différente.

Résultat : Répartition des teneurs en azote total dans les sols par régions métropolitaines

Tableau 78 : Teneur des sols en azote total (en mg/kg) pour les 22 régions métropolitaines – 2005-2009

Région	1er décile	1er quartile	Médiane	Dernier quartile	Moyenne
Alsace	0.92	1.04	1.31	1.64	1.45
Aquitaine	0.92	1.04	1.2	1.74	1.44
Auvergne	1.15	1.4	1.9	2.58	2.33
Basse-Normandie	1.08	1.28	1.65	2.14	1.84
Bourgogne	0.92	1.16	1.59	2.14	1.74
Bretagne	1.38	1.69	2.17	2.84	2.33
Centre	0.75	0.99	1.22	1.5	1.29
Champagne-Ardenne	1.09	1.46	1.85	2.18	1.87
Franche-Comté	1.34	1.62	2.06	3.2	2.4
Haute-Normandie	0.93	1.03	1.17	1.39	1.29
Île-de-France	0.87	0.99	1.12	1.36	1.24
Languedoc-Roussillon	0.52	0.67	0.86	1.15	1.01
Limousin	1.06	1.35	1.7	2.75	1.99
Lorraine	1.34	1.67	2.19	2.98	2.37
Nord-Pas-de-Calais	1	1.11	1.25	1.45	1.36
Pays de la Loire	0.75	1.07	1.41	1.76	1.46
Picardie	0.93	1.04	1.19	1.45	1.33
Poitou-Charentes	0.91	1.13	1.41	1.8	1.57
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0.92	1.04	1.38	2.27	2.22
Rhône-Alpes	0.77	0.94	1.19	1.58	1.38

Source : Elaboration AND international avec BDAT (2010)

L'azote total dans les sols français est variable en moyenne de 1 à 2,4 mg/kg et de 0,5 à 3,2 mg/kg en comparant les sols dans leur hétérogénéité (moyenne du premier quartile et moyenne du dernier).

Conclusions sur les besoins :

L'analyse des stocks dans les sols permet de donner des indications sur la sensibilité des sols de différentes régions aux carences en phosphore et en potassium. Elle confirme des besoins plus forts en phosphore qu'en potassium pour équilibrer la demande.

L'analyse de l'azote total apporte cependant peu d'éléments décisifs sur les besoins en azote total car les données n'apportent pas de détail sur les différents compartiments de l'azote et donc sur les fournitures en azote disponible chaque année pour les plantes.

