



**Proposition d'indicateurs
de l'Observatoire national de la biodiversité
pour la thématique « Biodiversité et agriculture »**

Rapport final du travail réalisé en 2019

Version 7 pour la réunion du comité éditorial

Antoine Charpentier

Bernard Chevassus-au-Louis

Agathe Frappa

5 décembre 2019

En bref

Ce rapport présente les résultats d'une étude soutenue par l'Agence française pour la biodiversité et réalisée par l'association Humanité et Biodiversité. L'objectif était de développer de nouveaux indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité pour la thématique agriculture et biodiversité.

Une première étape a été d'élaborer un cadre conceptuel permettant de positionner les indicateurs existants ou à créer. Le modèle retenu s'organise autour de quatre sous-systèmes (modules) : « Pressions importées » (module A) ; « Pratiques et organisation » (module B) ; « Diversité spontanée » (module C) ; « Pressions exportées » (module D).

Ce cadre conceptuel a ensuite été utilisé pour faire l'inventaire critique des dix indicateurs du jeu actuel « Biodiversité & agriculture » et pour proposer d'y ajouter six autres indicateurs présents dans d'autres rubriques.

En ce qui concerne de nouveaux indicateurs, chaque module a identifié les sources de données disponibles pour en proposer ou non, selon la fiabilité et la représentativité des données.

Le module A a exploré quatre groupes de facteurs : les changements globaux (modifications de l'atmosphère et du climat) ; les pollutions importées par différentes sources ; l'artificialisation et les changements d'usage des sols ; les bioagresseurs agricoles et, en particulier, l'arrivée d'espèces exotiques. Il propose deux nouveaux indicateurs, l'un lié aux apports de métaux lourds aux sols agricoles (indicateur A1) et l'autre à la diminution de la surface écologique utile (SEU), indicateur tenant compte à la fois de la perte quantitative de surfaces agricoles et des changements de leur usage (A2).

Cinq groupes de facteurs ont été examinés par le module B (Pratiques et organisation) :

- la diversité des espèces animales d'élevage et des plantes cultivées, pour laquelle quatre indicateurs sont proposés pour les plantes (B1 : nombre efficace de cultures ; B2 : part des cultures minoritaires ; B3 : évolution de la diversité des variétés cultivées ; B4 : évolution de la diversité génétique des variétés) et deux pour les animaux d'élevage (B5 : Biomasse d'animaux d'élevage par habitant ; B6 : effectif efficace des races bovines).

-les pratiques favorables à la biodiversité, qui amènent à proposer deux indicateurs liés aux rotations (B8 : intégration d'au moins une légumineuse dans la succession culturale et B9 : Surfaces où au moins quatre espèces différentes sont cultivées) et trois indicateurs liés aux pratiques de couverture du sol, (B10 : enherbement en viticulture ; B11 : couverture hivernale des grandes cultures et B12 : enherbement hors des parcelles cultivées).

- l'utilisation des intrants est décrite à travers deux indicateurs pour la fertilisation (Bilan de la fertilisation azotée (B13) et phosphorée (B14) et trois pour l'utilisation des produits phytosanitaires et des médicaments vétérinaires (B15 : Tendance annuelle de l'IFT ; B16 : IFT en viticulture et B17 : Consommation d'antibiotiques à usage vétérinaire).

- la diversité paysagère, pour laquelle l'indicateur B18 (Haies et alignement d'arbres en agriculture) est retenu.

- enfin, en ce qui concerne les certifications et signes de qualité, il n'est pas proposé à ce stade d'indicateurs.

Le module C (Biodiversité spontanée) a identifié quatre thématiques à documenter : les sols, les invertébrés, les vertébrés, la flore. Les données apparaissent nombreuses et de multiples initiatives plus ou moins anciennes ont été recensées et sont décrites. Cependant, il n'apparaît pas possible aujourd'hui de construire dans la plupart des cas d'indicateurs représentatifs. Un seul indicateur est proposé, relatif à la teneur en carbone organique des sols (C1).

Enfin, le module D (pressions exportées) a examiné cinq groupes de facteurs : les pertes d'éléments fertilisants vers les milieux aquatiques ; les pertes de produits phytosanitaires ou vétérinaires ; les émissions dans l'atmosphère de gaz à effet acidifiant ou eutrophisant ; les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ; les pressions liées aux importations de produits agricoles. Trois indicateurs sont proposés, relatifs aux émissions atmosphériques eutrophisantes (D1), aux émissions de gaz à effet de serre (D2) et aux importations de soja (D3).

Introduction

L'Agence française pour la biodiversité a subventionné l'association Humanité et Biodiversité pour l'animation d'un groupe de travail sur la thématique agriculture et biodiversité par l'Agence française pour la biodiversité. Les objectifs de ce groupe sont de :

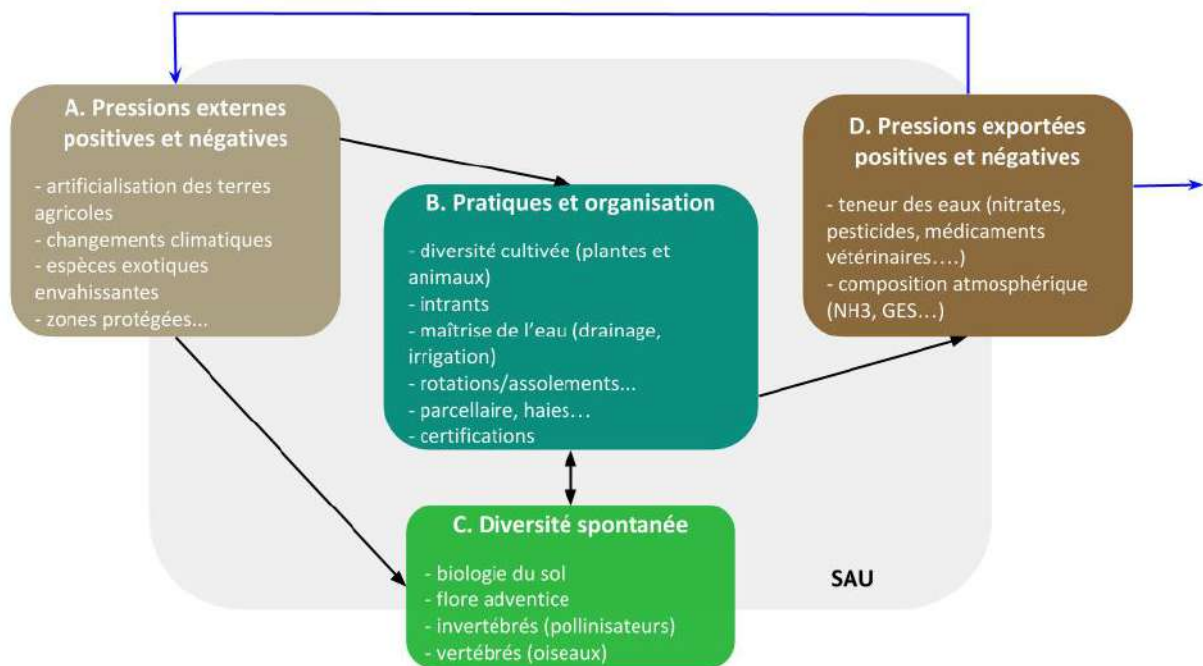
- développer de nouveaux indicateurs de biodiversité relatifs aux interactions entre pratiques agricoles et biodiversité ;
- évaluer et améliorer les indicateurs existants ;
- identifier les besoins en données nouvelles ;
- renforcer l'expertise de l'ONB concernant les liens entre biodiversité et agriculture ;
- contribuer à la synthèse des connaissances sur le sujet valorisables par l'ONB.

Dans le rapport initial nous avons exposé le cadre conceptuel dans lequel l'étude est menée. Le choix a été fait de s'éloigner du cadre DPSIR qui distingue les déterminants, les pressions, les variables d'état, les impacts et les réponses. Le modèle DPSIR est habituellement appliqué aux questions stratégiques qui sous-tendent les jeux d'indicateurs de l'ONB.

Le modèle qui a été retenu pour classer les questions stratégiques et les indicateurs est donné en figure 1. Il s'agit d'un système à documenter spécifique à la thématique agricole. Il prend la forme de 4 sous-systèmes propres aux milieux agricoles (la surface agricole utile ainsi que les espaces alentours) :

- le sous-système **A. « Pressions externes positives et négatives »** a trait aux pressions positives et négatives générées sur la gestion des exploitations agricoles et leur biodiversité spontanée ;
- le bloc **B. « Pratiques et organisation »** se réfère aux pratiques agricoles et à l'organisation des systèmes agricoles, c'est-à-dire à l'ensemble des paramètres liés à l'activité agricole à l'échelle de l'exploitation agricole (exemple : intrants, choix des rotations, type d'agriculture...);
- la composante **C. « Diversité spontanée »** comprend la biodiversité des espèces présente à un niveau local - échelle de la parcelle agricole - et/ou des paysages agricole et regroupe les différents niveaux trophiques. En l'occurrence la flore adventice (producteur primaire) et les invertébrés comme les vers de terre (détritivores) renseignent sur les conditions locales, tandis que les pollinisateurs et vertébrés comme les oiseaux peuvent être utilisés comme indicateurs des paysages. Ce sous-système aurait pu être intitulé « diversité associée ». Le choix a été fait de conserver le terme de « diversité spontanée » car il **englobe l'intégralité des éléments de biodiversité non-cultivés, qu'ils soient infodés aux milieux agricoles, plus ou moins désirés au sein des systèmes d'exploitation ou pouvant faire partie d'un milieu connexe au milieu agricole considéré.**
- le sous-système **D. « Pressions exportées positives et négatives »** renvoie aux pressions liées à l'activité agricole et ayant une influence sur d'autres milieux (exemple : pertes d'éléments chimiques par lessivage). Ces pressions perturbent les écosystèmes en modifiant leurs paramètres, et deviennent elles-mêmes ou génèrent des « pressions externes » (figure 1).

Figure 1. Biodiversité et agriculture : représentation du « système » à documenter. Les flèches grises représentent les interactions principales entre les sous-systèmes tandis que les flèches bleues représentent les principales interactions liées aux éléments sortant du système étudié.



Ainsi le système proposé pour cadrer l'étude est à l'intermédiaire entre le système du projet de recherche BioBio¹ – qui a identifié une série d'indicateurs à l'échelle européenne pour les exploitations agricoles en Agriculture Biologique et à faible utilisation d'intrants – et celui des indicateurs établis par le *Comité d'évaluation de la politique agro-écologique* couvrant des thèmes sociaux et économiques².

Nous utiliserons ce cadre conceptuel pour faire l'état des lieux des sujets couverts par les indicateurs du jeu actuel « Biodiversité & agriculture », identifier les thèmes d'indicateurs à mettre en place et vérifier si les différentes catégories ainsi définies sont correctement documentées à l'issue de notre travail.

Pour rappel, l'ONB dispose déjà d'un jeu d'indicateur agriculture et biodiversité dont les indicateurs proviennent d'autres jeux d'indicateurs (zones humides, sols, etc.). Les indicateurs qui composent ce jeu agriculture et biodiversité sont les suivants :

- Abondance des vers de terre ;
- Biodiversité spécifique des vers de terre ;
- Dates de vendanges en France métropolitaine ;
- Évolution de la consommation de produits phytosanitaires en usage agricole ;
- Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides dans les DOM ;
- Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides en métropole ;
- Évolution des surfaces de grands espaces toujours en herbes ;
- Haies, bois et landes dans les territoires agricoles ;
- Rythme du drainage agricole en Outre-mer ;
- Rythme du drainage agricole en métropole.

¹ Voir pour plus de détails <http://www.biobio-indicator.org/project.php?l=3>

² Voir pour plus de détails <http://agriculture.gouv.fr/rapport-davancement-du-comite-devaluation-de-la-politique-agro-ecologique>

Nous avons également proposer d'intégrer 6 indicateurs déjà présents au sein de l'ONB mais pas dans le jeu agriculture et biodiversité. Ces indicateurs sont les suivants :

- Évolution de la biodiversité bactérienne des sols ;
- Évolution de la biomasse microbienne des sols en métropole ;
- Évolution de la pollution physico-chimique des cours d'eau en métropole (nitrates, orthophosphates, ammonium et DBO) ;
- Évolution des populations d'oiseaux communs spécialistes des milieux agricoles ;
- Artificialisation des territoires d'Outre-mer (focus SAU) ;
- Artificialisation des territoires métropolitain (focus SAU).

Les indicateurs qui seront présentés dans le reste du rapport ne sont pas encore présent du tout au sein de l'ONB.

Sommaire

I. ÉTAT DES LIEUX : JEU D'INDICATEURS « BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE » AU SEIN DE L'ONB.....	7
II. Module A : PRESSIONS EXTERNES	20
II. a) Les changements globaux : modifications de l'atmosphère et du climat	20
II. b) Les pollutions importées	21
II. c) Les pertes d'espaces agricoles et l'évolution des usages de la SAU	28
II. d) Espèces exotiques envahissantes	37
II. e) Synthèse et perspectives.....	41
III. Module B : PRATIQUES ET ORGANISATION	43
III. a) La diversité cultivée animale et végétale.....	43
III. a) 1. Diversité végétale	43
III. a) 2. Diversité animale.....	48
III. b) Pratiques favorables.....	56
III. b) 1. Diversité des assolements et des rotations.....	56
III. b) 2. Enherbement en arboriculture, viticulture et grandes cultures.....	62
III. b) 3. Surfaces sensibles à l'érosion hydrique.....	66
III. c) Intrants	66
III. c) 1. Engrais azote et phosphore	66
III. c) 2. IFT produits phytosanitaires pour les différentes cultures	72
III. c) 1. Consommation de médicaments vétérinaires.....	76
III. c) 2. Part des charges en produits phytosanitaires, engrais et produits vétérinaires dans la production.....	80
III. d) La diversité paysagère	80
III. d) 1. La fragmentation du paysage.....	80
III. d) 2. Le morcellement parcellaire.....	81
III. d) 3. Les infrastructures écologiques.....	84
III. e) Certifications et signes de qualité	85
III. f) Synthèse et perspectives	89
IV. Module C : DIVERSITE SPONTANEE.....	91
IV. a) Les sols.....	91
IV. a) 1. Teneur en carbone organique des sols.....	91
IV. a) 2. Autres caractéristiques physico-chimiques des sols.....	94
IV. b) Les invertébrés	97
IV. c) Les vertébrés.....	105
IV. d) La flore.....	106
IV. e) Synthèse et perspectives	111
IV. Module D : INDICATEURS PRESSIONS EXPORTEES	114
IV.a. La perte d'éléments fertilisants (N et P)	114
IV.b. Les flux de pesticides et de médicaments vétérinaires	116
IV.c. Les émissions atmosphériques	117
IV.d. Les pressions liées aux importations de produits agricoles.....	122
IV.e. Synthèse et perspectives	125

I. ÉTAT DES LIEUX : JEU D'INDICATEURS « BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE » AU SEIN DE L'ONB

I. a) Structure des jeux d'indicateurs de l'ONB.

Actuellement, l'ONB dispose de quatre jeux d'indicateurs spécifiquement orientés vers les objectifs de la SNB (tableau 1) :

- Le jeu « SNB - Synthèse » : il est composé de 32 indicateurs relatifs à la biodiversité mais aussi aux interactions entre la société et à la biodiversité à l'échelle de la France.
- Le jeu « SNB - Outre-mer » : il précise le jeu « SNB – synthèse » par 3 indicateurs dédiés aux Outre-mer.
- Le jeu « SNB – Nature » : il regroupe 29 indicateurs d'état et d'évolution des principales composantes de la biodiversité.
- Le jeu « SNB – connaissance » : Il rassemble 8 indicateurs renseignant le degré de connaissance de la biodiversité.

Ces 4 premiers jeux ont été complétés progressivement par des jeux d'indicateurs thématiques (tableau 1) :

- Biodiversité et sol (4 indicateurs)
- Biodiversité et Outre-mer (13 indicateurs)
- Biodiversité et milieux marins (10 indicateurs)
- Biodiversité et milieux d'eau douce (6 indicateurs)
- Biodiversité et forêt (5 indicateurs)
- Biodiversité et changement climatique (3 indicateurs)
- Biodiversité et milieux humides (19 indicateurs)
- Biodiversité et agriculture (10 indicateurs)

Tableau 1. Récapitulatif de la structure des jeux d'indicateurs de l'ONB.

	Nom du jeu	Nombre d'indicateurs
Jeux d'indicateurs spécifiques aux orientations de la SNB	SNB - Synthèse	32
	SNB - Outre-mer	3
	SNB - Nature	29
	SNB - Connaissance	8
Jeux d'indicateurs thématiques	Biodiversité et sol	4
	Biodiversité et Outre-mer	13
	Biodiversité et milieux marins	10
	Biodiversité et milieux d'eau douce	6
	Biodiversité et forêt	5
	Biodiversité et changement climatique	3
	Biodiversité et milieux humides	19
	Biodiversité et agriculture	10

Un même indicateur peut appartenir à plusieurs jeux thématiques et/ou SNB. Les quatre jeux thématiques « SNB » sont rattachés à plusieurs questions, chacune de ces questions étant rattachées au modèle DPSIR et chaque indicateur se rapportant à une ou plusieurs questions. Il en est de même pour les jeux d'indicateurs thématiques « biodiversité et milieux marins et littoraux », « biodiversité et milieux d'eau douce », « biodiversité et forêt », « biodiversité et milieux humides ».

1. b) Structure du jeu d'indicateurs « biodiversité et agriculture ».

L'ONB dispose déjà d'un jeu d'indicateurs « biodiversité et agriculture ». Il a été construit à partir d'indicateurs développés dans le cadre d'autres jeux (tableau 2) et les indicateurs qui le composent reposent donc sur des questions ne se rapportant pas directement à l'agriculture ou à la biodiversité agricole (tableau 3).

Tableau 2. Jeux initiaux ou jeux partagés des indicateurs « biodiversité et agriculture ».

Indicateurs « biodiversité et agriculture »	Jeux d'indicateurs initiaux ou partagés	Analyse FRB
1 - Abondance des vers de terre	SNB – Synthèse Biodiversité et sol	NON
2 - Biodiversité spécifique des vers de terre	SNB – Synthèse Biodiversité et sol	NON
3 - Dates de vendanges en France métropolitaine	Biodiversité et changement climatique	OUI (2012-2013)
4 - Évolution de la consommation de produits phytosanitaires en usage agricole	SNB – Synthèse Biodiversité et milieux humides	OUI (2018)
5 – Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides dans les DOM	Biodiversité et milieux humides Biodiversité et milieux d'eau douce Biodiversité et Outre-Mer	OUI (2018)
6 - Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides en métropole	Biodiversité et milieux humides Biodiversité et milieux d'eau douce	OUI (2018)
7 – Évolution des surfaces de grands espaces toujours en herbes	SNB – Synthèse	OUI (2012-2013 et 2015-2016)
8 - Haies, bois et landes dans les territoires agricoles	SNB – Synthèse Biodiversité et forêts	OUI (2012-2013 et 2015-2016)
9 – Rythme du drainage agricole en Outre-mer	Biodiversité et milieux humides Biodiversité et Outre-mer	OUI (2018)
10 - Rythme du drainage agricole en métropole	Biodiversité et milieux humides	OUI (2018)

Tableau 3 : Questions liées à chaque indicateur « biodiversité et agriculture ».

Indicateurs « biodiversité et agriculture »	Questions liées
1 - Abondance des vers de terre	Q1. Comment la biodiversité évolue-t-elle en France ? (SNB) Q2. Comment les éléments de la biodiversité identifiés comme majeurs évoluent-ils en France ? (SNB)
2 - Biodiversité spécifique des vers de terre	Q1.
3 - Dates de vendanges en France métropolitaine	Q1.
4 - Évolution de la consommation de produits phytosanitaires en usage agricole	Q3. Comment évoluent les pressions majeures que notre société fait peser sur la biodiversité ? (SNB) Q4. Comment évoluent les pressions subies par les milieux humides ? (Milieux humides)
5 – Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides dans les DOM	Q3. et Q4.
6 - Évolution de la pollution des cours d'eau par les pesticides dans en métropole	Q3. et Q4.
7 – Évolution des surfaces de grands espaces toujours en herbes	Q1. et Q2.
8 - Haies, bois et landes dans les territoires agricoles	Q1.
9 – Rythme du drainage agricole en Outre-mer	Q4. Q8. Comment évoluent les spécificités Outre-mer en matière de milieux humides ? (Milieux humides)
10 - Rythme du drainage agricole en métropole	Q4.

1. c) Les indicateurs des autres jeux en lien avec l'agriculture.

Après une première analyse qui devra être approfondie, six indicateurs de l'ONB appartenant à d'autres jeux d'indicateurs pourraient intégrer ceux dédiés à l'agriculture (Tableaux 4 et 5). Ces indicateurs ne se limitent aux activités agricoles mais en traitent toujours en partie :

- **l'évolution de la biodiversité microbienne des sols.** Les deux indicateurs (indicateurs 11 et 12 du tableau 4) retenus offrent une lecture par grands types d'occupation du sol. Quelques-uns de ces usages du sol se rapportent aux activités agricoles ;

- **l'évolution de la pollution physico-chimique des cours d'eau en métropole.** Les quatre indices mesurés (concentration en nitrates, orthophosphates, ammonium et indice de demande

biochimique en oxygène) prennent en considération des polluants issus en partie des activités agricoles (nitrates en particulier et secondairement orthophosphates) ;

- **l'évolution des populations d'oiseaux communs spécialistes**, qui détaille l'évolution par type d'oiseaux spécialistes, dont ceux inféodés aux milieux agricoles. Intégrer cet indicateur au jeu « biodiversité et agriculture » paraît pertinent car les oiseaux inféodés aux milieux agricoles en métropole sont les plus en déclin. Il s'agit donc d'une évolution à suivre de manière prioritaire pour le groupe ;

- **l'artificialisation**. L'indicateur est global mais il serait possible de le compléter par une mesure des surfaces agricoles consommées par cette artificialisation.

Tableau 4. Indicateurs pouvant potentiellement être rattachés à la thématique « biodiversité et agriculture ». La numérotation des indicateurs commence à 11 car ils complèteraient le jeu d'indicateur « biodiversité et agriculture » actuellement composé de 10 indicateurs.

Indicateurs « biodiversité et agriculture »	Jeux d'indicateurs initiaux ou partagés	Analyse FRB
11 – Évolution de la biodiversité bactérienne des sols	SNB – Synthèse Biodiversité et sol	OUI (2015-2016)
12 – Évolution de la biomasse microbienne des sols en métropole	SNB – Synthèse Biodiversité et sol	OUI (2015-2016)
13 - Évolution de la pollution physico-chimique des cours d'eau en métropole (nitrates, orthophosphates, ammonium et DBO)	SNB – Synthèse Biodiversité et milieux d'eau douce Biodiversité et milieux humides	OUI (2012-2013 et 2015-2016)
14 – Évolution des populations d'oiseaux communs spécialistes	SNB – Synthèse SNB – Nature	OUI (2012-2013 et 2015-2016)
15 – Artificialisation des territoires d'Outre-mer	SNB – Synthèse Biodiversité et Outre-mer	OUI (2013)
16 – Artificialisation du territoire métropolitain	SNB – Synthèse	OUI (2012-2013) et (2015-2016)

Tableau 5. Questions liées à chaque indicateur pouvant potentiellement être rattachés à la thématique « biodiversité et agriculture ».

Indicateurs « biodiversité et agriculture »	Jeux d'indicateurs initiaux ou partagés
11 – Évolution de la biodiversité bactérienne des sols	Q1. Comment la biodiversité évolue-t-elle en France ? (SNB)
12 – Évolution de la biomasse microbienne des sols en métropole	Q1. (SNB) Q2. Comment les éléments de la biodiversité identifiés comme majeurs évoluent-ils en France ? (SNB)
13 – Évolution de la pollution physico-chimique des cours d'eau en métropole	Q3. Comment évoluent les pressions majeures que notre société fait peser sur la biodiversité ? (SNB) Q3. Comment évoluent les pressions majeures que notre société fait peser sur la biodiversité des milieux d'eau douce ? (Milieux d'eau douce) Q4. Comment évoluent les pressions subies par les milieux humides ? (Milieux humides)
14 – Évolution des populations d'oiseaux communs spécialistes	Q1. (SNB)
15 – Artificialisation des territoires d'Outre-mer	Q3. (SNB)
16 – Artificialisation du territoire métropolitain	Q3. (SNB)

1. d) Évaluation des indicateurs.

Chaque indicateur de l'ONB fait l'objet d'une fiche détaillée contenant en particulier diverses informations permettant de faciliter la compréhension et l'interprétation de cet indicateur. Certains indicateurs font en outre l'objet d'un document complémentaire élaboré par la FRB et qui présente une analyse critique plus complète de l'indicateur.

1. d) 1. Les « caractéristiques » de l'indicateur.

i) État des lieux des « caractéristiques » d'un indicateur.

Les caractéristiques de l'indicateur renseignées dans les fiches détaillées de chaque indicateur sont les suivantes :

- existence d'une valeur cible, liée à des politiques particulières (comme le pourcentage de masses d'eau en bon état écologique, en application de la directive cadre sur l'eau).
- relation avec le(s) objectif(s) renseigné(s)
- existence de données rétrospectives (notée simplement oui/non)
- périodicité de recueil des données (généralement annuelle ou plus espacée)
- indicateurs équivalents existant dans d'autres jeux

- coût de mobilisation. Il est noté en quatre niveaux (- -, -, +, ++), ou qualifié de « non renseigné » ou « sans objet ».
- niveau d'appropriation de l'indicateur (familier ou averti)
- échelle(s) territoriale(s) disponible(s) (en quatre niveaux : Métropole, Outre-mer, Régional, Local, ce dernier terme n'étant pas défini).

ii) Proposition d'amélioration des « caractéristiques » de l'indicateur.

Nous proposons de compléter ces caractéristiques sur deux points :

- en détaillant la notion d'échelle « locale » car certaines données peuvent être disponibles à l'échelle des exploitations agricoles, d'autres au niveau des cantons ou des « petites régions agricoles » de l'INSEE.
- en rajoutant une caractéristique « types d'usage du sol » pour indiquer si les données sont disponibles pour les différents types d'activités agricoles (cultures annuelles, prairies, vignes et vergers... ou une typologie plus détaillée).

I. d) 2. Les critères d'analyse et les pistes d'amélioration.

Chaque indicateur de l'ONB est caractérisé par douze critères permettant de juger de sa « qualité ».

- Robustesse
- Précision
- Sensibilité
- Efficacité
- Principaux avantages
- Principales limites
- Accessibilité des données
- Homogénéité des données
- Fiabilité des données
- Pérennité des données
- Abondance des données
- Pistes de travail et d'amélioration

La définition de ces critères n'est pas fournie par le glossaire de l'ONB³. Certains (robustesse, sensibilité) ont un sens statistique assez précis, d'autres (efficacité, accessibilité...) mériteraient de voir leur signification explicitée.

De même, la qualification de ces critères en quatre niveaux (de - - à + +) ne correspond pas à des seuils ou à des règles d'attribution explicites.

I. d) 3. Proposition d'évaluation synthétique des indicateurs.

i) Proposition de codification.

Pour améliorer la qualification d'un indicateur et permettre de juger rapidement de sa qualité globale, et aussi pour construire un « tableau de bord » synthétique facilement lisible de l'ensemble des indicateurs, nous proposons de définir pour chaque caractéristique ou critère un **barème (noté de 0 à 3 ou par un code couleur)** en explicitant les règles d'attribution de cette notation.

³ Sauf la « fiabilité » mais la définition fournie concerne la fiabilité de systèmes informatiques et non de données.

Pour donner un exemple dans le cas de l'existence de données rétrospectives, proposons la codification suivante :

- 0 (ou rouge) : pas de données antérieures disponibles (critère non rempli).
- 1 (ou orange) : des données antérieures mais à utiliser avec prudence (méthodologies différentes, fiabilité des données...) (critère rempli de manière peu satisfaisante).
- 2 (ou jaune) : des données antérieures comparables mais peu nombreuses et limitées dans le temps (critère rempli en partie).
- 3 (ou vert) : existence d'une série longue (10 ans et plus) et fiable mais à pas de temps espacé (par rapport à la dynamique des phénomènes) ou satisfaisant (critère rempli, bien voire très bien rempli).

ii) Proposition d'une grille d'analyse multicritère : une analyse synthétique croisant une évaluation des fiches indicateurs de l'ONB à l'évaluation faite par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité.

Pour chaque indicateur, nous proposons d'établir une grille de critères d'analyse des indicateurs constituant le jeu actuel « Biodiversité & agriculture ». Cette analyse permettait en effet de connaître les points à améliorer pour que les indicateurs informent bien sur les questions relatives à l'agriculture et pour qu'ils soient assez fiables, sensibles, précis et robustes. A l'issue de l'analyse de l'ensemble des indicateurs du jeu nous disposons d'une **vision globale à l'aide d'un tableau de bord**.

De ce fait, nous proposons une grille d'analyse multicritère contenant **8 critères** dont certains sont déclinés en sous-critères. Les critères ont été choisis de manière à synthétiser les critères – présents dans les fiches indicateurs de l'ONB et dans les fiches évaluations réalisées par la FRB – et leur analyse : les 4 premiers critères concernent la fiche indicateur de l'ONB et certains de leurs sous-critères ont été évalués par la FRB, et les 4 derniers critères reprennent 4 critères présents dans les fiches et évalués en détail par la FRB (tableau 6).

Nous proposons donc une grille d'analyse multicritère ayant les critères suivants :

- **Clarté :**
 - Intitulé compréhensible : l'intitulé (titre et sous-titre) est-il facile à comprendre/intelligible ? Peut-il être plus concis, simplifié, pertinent ?
 - Intitulé et valeur en adéquation : la valeur affichée correspond-elle à celle que laisse entendre l'intitulé ? Si cela est dû au manque de valeurs de référence, existe-t-il une justification dans la description de l'indicateur ?
- **Pertinence :**
 - Qualité du lien à l'agriculture : le lien entre l'indicateur et l'agriculture est-il direct ou indirect ? Pourrait-il être amélioré ?
 - Qualité du lien avec la biodiversité : l'indicateur a-t-il un lien direct ou indirect à la biodiversité ? Pourrait-il être amélioré ?
 - Présence d'une valeur cible : y a-t-il une valeur cible, valeur seuil ou de référence à atteindre ?
 - Permet de porter un jugement : les informations fournies par les illustrations et la description de l'indicateur permettent-elles de tirer des conclusions sur l'état, l'évolution de la biodiversité et/ou des pressions qui s'exercent sur elle ?
- **Affichage des données :**

- Pertinence des illustrations : le choix des illustrations est-il judicieux ?
 - Lisibilité des illustrations : l'information donnée est-elle claire et précise ? Faudrait-il rajouter des intervalles de confiance ? Y a-t-il un risque de mauvaise interprétation des illustrations ?
 - Exhaustivité des informations : les illustrations fournissent-elles une information plutôt complète ou manque-t-il des informations capitales ? D'autres illustrations pourraient-elles compléter l'information ?
 - Explication claire de la méthode de calcul : est-il aisé de comprendre la façon dont a été produit l'indicateur ? Y a-t-il assez d'informations détaillant comment a été obtenue la valeur de l'indicateur ?
- **Données**
- Disponibles régulièrement : pas de temps de disponibilité des valeurs
 - Représentativité spatiale : le jeu de données est-il représentatif au niveau national ? Y a-t-il assez de données réparties de manière homogène sur le territoire français pour donner une information qui soit bien représentative de la réalité ?
 - Facilement mobilisables/accessibles : est-il facile de se procurer le jeu de données brutes utilisé pour créer l'indicateur ? La source de données utilisée est-elle renseignée ?
- **Fiabilité** : résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène qu'il décrit
- **Sensibilité/réactivité** : valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit. L'indicateur est-il adapté eu degré de détection pertinent pour les objectifs souhaités ?
- **Précision** : faible marge d'erreur ou d'incertitude ;
- **Robustesse** : résultat/réponse peu modifié lors d'une légère modification des conditions expérimentales : l'indicateur est-il affecté par des variables non prises en compte dans son calcul ?

Tableau 6. Proposition des critères pour l'analyse multicritère des indicateurs.

	Critères
Clarté	- intitulé compréhensible - intitulé et valeur en adéquation
Pertinence	- qualité du lien à l'agriculture - qualité du lien à la biodiversité - présence d'une valeur cible - permet de porter un jugement
Affichage des données	- pertinence des illustrations - lisibilité des illustrations - exhaustivité de l'information affichée - explication claire de la méthode de calcul
Données	- disponibles régulièrement - représentativité spatiale - facilement mobilisables/accessibles
Fiabilité	- résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène décrit
Sensibilité/réactivité	- valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit
Précision	- faible marge d'erreur ou d'incertitude
Robustesse	- résultat/réponse peu modifié(e) lors d'une légère modification des conditions expérimentales

Aussi, la grille d'analyse multicritère pourrait contenir une justification de la note attribuée (de 0 à 3 ou code couleur) ainsi que des pistes d'amélioration.

Pour donner un exemple d'utilisation de la grille d'analyse multicritère, prenons celui de l'indicateur « abondance des vers de terre » (figure 6). La note 3/3 ou « vert » est attribuée aux deux sous-critères du critère « clarté » car « l'abondance des vers de terre » est un nom d'indicateur compréhensible et ne pourrait pas être simplifié davantage, sans devenir inintelligible dans le cas contraire, et l'unité de la valeur est bien en adéquation avec la métrique mesurée. La note 0/3 ou « rouge » est attribuée au sous-critère « présence d'une valeur cible » car celle-ci est absente. Puis la note 2/3 ou « jaune » est par exemple donnée au sous-critère « exhaustivité de l'information affichée » car les données d'abondance des vers de terre pourraient être croisées avec des facteurs comme la composition du sol.

Tableau 7 Proposition de grille d'analyse multicritère d'un indicateur

Critères		Note	N° de l'indicateur - Nom de l'indicateur	
			Justifications	Améliorations
Clarté	- intitulé compréhensible			
	- intitulé et valeur en adéquation			
Pertinence	- qualité du lien à l'agriculture			
	- qualité du lien à la biodiversité			
	- présence d'une valeur cible			
	- permet de porter un jugement			
Affichage des données	- pertinence des illustrations			
	- lisibilité des illustrations			
	- exhaustivité de l'information affichée			
	- explication claire de la méthode de calcul			
Données	- disponibles régulièrement			
	- représentativité spatiale			
	- facilement mobilisables/ accessibles			
Fiabilité	- résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène décrit			
	- valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit			
Sensibilité/réactivité	- faible marge d'erreur ou d'incertitude			
	- résultat/réponse peu modifié(e) lors d'une légère modification des conditions expérimentales			

Tableau 8 Proposition de tableau de bord d'évaluation d'un indicateur

Critères	N° indicateur																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Clarté	- intitulé compréhensible																
	- intitulé et valeur en adéquation																
Pertinence	- qualité du lien à l'agriculture																
	- qualité du lien à la biodiversité																
	- présence d'une valeur cible																
	- permet de porter un jugement																
Affichage des données	- pertinence des illustrations																
	- lisibilité des illustrations																
	- exhaustivité de l'information affichée																
	- explication claire de la méthode de calcul																
	- disponibles régulièrement																
	- représentativité spatiale																
Données	- facilement mobilisables/accessibles																
	- résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène décrit																
Fiabilité	- valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit																
	- faible marge d'erreur ou d'incertitude																
Sensibilité/réactivité	- résultat/réponse peu modifié(e) lors d'une légère modification des conditions expérimentales																
Précision																	
Robustesse																	

Tableau 9. Exemple de l'analyse multicritères de la fiche de l'indicateur "abondance des vers de terre"

		indicateur 1 "Abondance des vers de terre"	
	Critères	Note	Améliorations
Clarté	- intitulé compréhensible	Oui	
	- intitulé et valeur en adéquation	Oui	
Pertinence	- qualité du lien à l'agriculture	Très bonne : lien direct (faune du sol dans les milieux agricoles et autres milieux)	
	- qualité du lien à la biodiversité	Très bonne : lien direct (vers de terre)	
	- présence d'une valeur cible	Non	- interpréter l'indicateur conjointement à celui nommé "biodiversité spécifique des vers de terre" (SNB-804-16-VTD1)
Affichage des données	- permet de porter un jugement	Oui : des tranches de valeurs d'abondance permettent d'apprécier la valeur donnée	
	- pertinence des illustrations	Oui : - figure 1: abondance lombricienne des sols en fonction du type d'occupation du sol, - figure 2 : répartition des sites étudiés en fonction de leur abondance moyenne en lombriciens dans le sol	
Données	- lisibilité des illustrations	Oui	- croiser les données avec des facteurs de la composition des sols et des pratiques agricoles - fournir une méthode de calcul détaillée
	- exhaustivité de l'information affichée	Partiellement : les données pourraient être croisées avec d'autres facteurs	
	- explication claire de la méthode de calcul	Partiellement : le protocole est fourni mais la méthode de calcul n'est pas claire	
Fiabilité	- disponibles régulièrement	Partiellement : "chaque année" selon la fiche indicateur de l'ONB mais les données de la base EcoBioSoil sont issues de recherches scientifiques et de sciences participatives comme l'OPVT (Observatoire Participatif des Vers de Terre). De 2011 à 2016 ont eu lieu des échantillonnages, toutefois aucune donnée n'est affectée aux années 2017 à 2019	
	- représentativité spatiale	Partiellement : les sites d'échantillonnage sont aléatoirement répartis du fait d'un échantillonnage non planifié (géographiquement et par type d'occupation du sol), les premières estimations sont donc à prendre avec précaution mais fournissent une hiérarchie des milieux allant des prairies (forte abondance et forte biodiversité) aux vignes et vergers	
	- facilement mobilisables/ accessibles	Partiellement : les données sources n'incluent pas les données brutes	
Sensibilité/réactivité	- résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène décrit	Bonne (cf fiche indicateur ONB)	
	- valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit	Bonne (cf fiche indicateur ONB)	
Précision	- faible marge d'erreur ou d'incertitude	Bonne (cf fiche indicateur ONB)	
	- résultat/réponse peu modifié(e) lors d'une légère modification des conditions expérimentales	Très bonne (cf fiche indicateur ONB)	

Tableau 10. Évaluation du jeu d'indicateurs biodiversité et agriculture de l'ONB.

Critères		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Clarté	- intitulé compréhensible																
	- intitulé et valeur en adéquation																
	- qualité du lien à l'agriculture																
	- qualité du lien à la biodiversité																
	- présence d'une valeur cible																
Pertinence	- permet de porter un jugement																
	- pertinence des illustrations																
	- lisibilité des illustrations																
Affichage des données	- exhaustivité de l'information affichée																
	- explication claire de la méthode de calcul																
	- disponibles régulièrement																
	- représentativité spatiale																
	- facilement mobilisables																
Fiabilité	- résultat/réponse changeant dans le même sens que le phénomène décrit																
	- valeur changeant proportionnellement au changement du phénomène décrit																
Précision	- faible marge d'erreur ou d'incertitude																
	- résultat/réponse peu modifié(e) lors d'une légère modification des conditions expérimentales																

II. Module A : PRESSIONS EXTERNES

Comme présenté dans le schéma conceptuel global, ce module traite des différents facteurs externes pouvant influencer sur la biodiversité au sein des milieux agricoles, soit directement, soit à travers une modification des pratiques des agriculteurs.

Nous avons identifié quatre groupes de facteurs à documenter :

- Les changements globaux : les modifications de l'atmosphère et du climat ;
- Les pollutions importées par différentes sources ;
- l'artificialisation et les changements d'usage des sols ;
- les bioagresseurs et, en particulier, les espèces exotiques introduites ou arrivant spontanément du fait des changements climatiques.

II. a) Les changements globaux : modifications de l'atmosphère et du climat

Problématique

Les changements globaux concernent tout d'abord les dérèglements climatiques. Quatre points sont à souligner :

- ces changements portent sur de nombreux paramètres susceptibles d'influer sur la biodiversité : température, pluviométrie et hygrométrie, mais aussi teneur de l'atmosphère en CO₂ et autres gaz à effet de serre (CH₄, N₂O...);
- ces différents paramètres peuvent évoluer de manière synergique ou antagoniste : dans une certaine limite, l'augmentation des températures et de la teneur de l'atmosphère en CO₂ favoriseront la croissance végétale (pour les végétaux avec une photosynthèse en C₃), mais les diminutions prévues de la pluviométrie et de l'hygrométrie estivale auront l'effet inverse ;
- les événements extrêmes sont plus importants à considérer que les évolutions moyennes : on peut avoir une augmentation (ou une stabilité) de la pluviométrie annuelle et avoir des épisodes marqués de sécheresse estivale qui vont affecter fortement la biodiversité ;
- ces changements vont interagir avec les pressions actuelles et, souvent, créer des synergies défavorables : la toxicité des polluants dans les milieux aquatiques augmente avec la température et leur concentration augmentera également si le débit des rivières diminue.

D'autres changements globaux sont également à considérer pour leurs impacts potentiels sur la biodiversité : c'est notamment le cas de l'augmentation de l'ozone troposphérique (fort pouvoir oxydant), des émissions de gaz acidifiants (SO₂, NO_x), et de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en azote actif (ammoniac et nitrate).

Il existe de nombreuses bases de données disponibles pour documenter ces sujets, tant dans le passé que de manière prospective mais il faut souligner les nombreuses incertitudes existant sur les scénarios d'évolution possible de la biodiversité, du fait de la multiplicité des paramètres impliqués, de leurs interactions et du caractère non-linéaire des réponses de la biodiversité à ces pressions.

Indicateurs possibles

Dans sa rubrique « Biodiversité et changements climatiques », l'ONB propose déjà trois indicateurs pour la France métropolitaine :

- le nombre de jours de gel par an ;
- la fonte des glaciers ;
- les dates des vendanges.

Un texte et des indicateurs complémentaires sur ces changements globaux seraient certainement à intégrer dans l'observatoire mais nous considérons que ces évolutions concernent l'ensemble de la biodiversité et l'ensemble des milieux et c'est pourquoi nous proposons de ne pas de développer davantage ces éléments dans un volet biodiversité et agriculture.

Par contre, nous préciserons la contribution de l'agriculture à ces changements globaux dans le module D (pressions exportées).

II. b) Les pollutions importées

Problématique

Le principal questionnement, qui concerne l'ensemble des sols agricoles, est relatif aux divers apports d'éléments traces métalliques (ETM, communément appelés « métaux lourds » car la plupart ont une masse atomique supérieure à celle du fer) aux sols agricoles.

Les ETM sont des métaux présents à faible concentration dans les sols et pouvant provenir de sources naturelles (dégradation des roches) ou de diverses activités humaines (métallurgie, électronique, engrais, déchets divers).

Une douzaine de ces métaux sont particulièrement suivis du fait de leurs impacts possibles sur les êtres vivants (végétaux et animaux) mais il faut distinguer trois catégories dans cet ensemble (Michaud *et al.*, 2018) :

- ceux nécessaires à faible concentration à la croissance des plantes (« oligo-éléments »). On peut donc avoir éventuellement des phénomènes de carence mais ils peuvent devenir phytotoxiques à forte dose. C'est en particulier le cas du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du molybdène (Mo) ou du manganèse (Mn) ;
- ceux non nécessaires aux végétaux mais potentiellement bénéfiques pour les animaux qui les consomment, comme le nickel (Ni) ou le sélénium (Se). Là aussi, ces éléments seront toxiques au-delà d'une certaine dose ;
- les « contaminants stricts », non nécessaires aux êtres vivants et également toxiques au-delà d'une certaine dose : c'est le cas de l'arsenic (As), du Cadmium (Cd), du mercure (Hg), du plomb (Pb) et de l'antimoine (Sb).

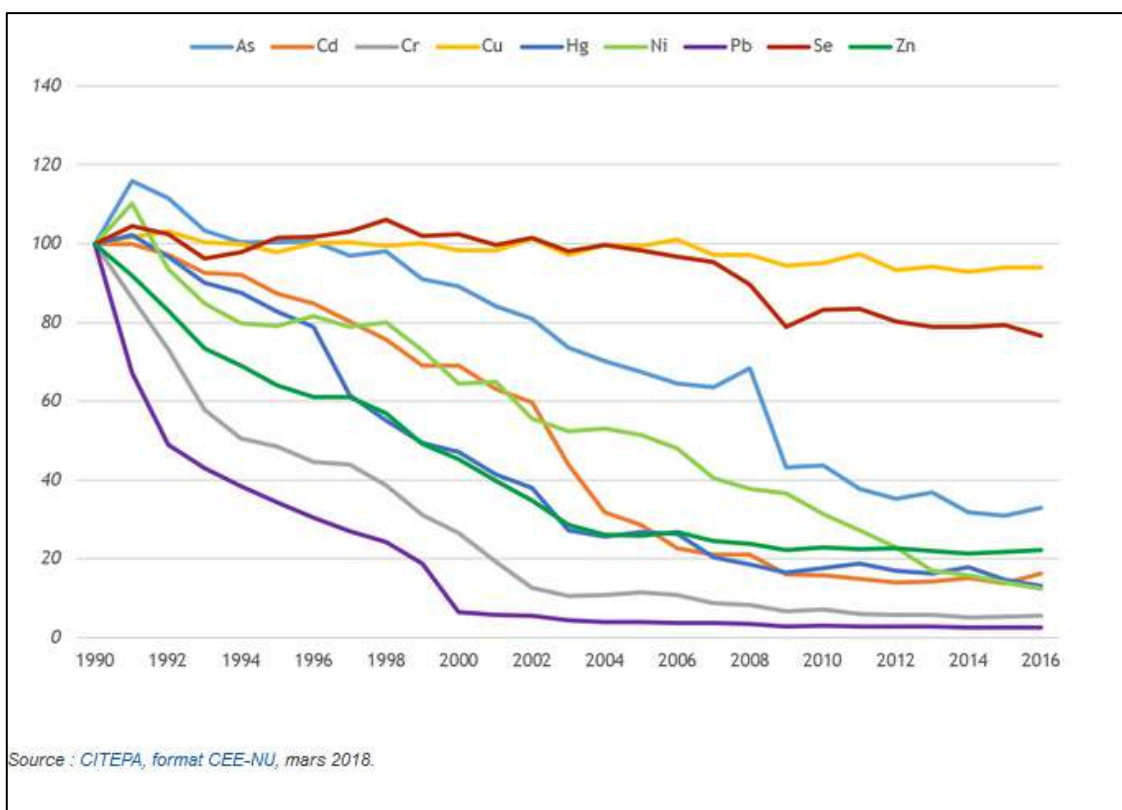
Données disponibles

On dispose de deux sources principales de données sur ces apports d'ETM.

La première est celle des pollutions atmosphériques susceptibles de retomber sur les sols à plus ou moins grande distance. On dispose des données du CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique) pour les émissions annuelles de la France depuis 1990.

Ces émissions ont diminué fortement depuis 1990 pour la plupart des ETM, à l'exception du cuivre et du sélénium (figure 2). Parmi les « contaminants stricts », on note en particulier la diminution considérable des émissions de plomb (interdiction du plomb dans l'essence), du cadmium et du mercure.

Figure 2 : Emissions de métaux lourds en France métropolitaine entre 1990 et 2016 (base 100 en 1990. Source <https://www.citepa.org/fr/actualites/1025-graphique-du-mois>)



La seconde étude concerne plus spécifiquement les sols agricoles. Elle a été réalisée pour la période 2004-2006 par le bureau d'études SOGREAH pour l'ADEME (ADEME, 2007). Cette étude estime pour chaque élément la part des différentes sources de pollution (Tableau 11 et figures 3 et 4), dont les retombées atmosphériques (en se basant sur les données du CITEPA).

Les résultats montrent clairement que la part dominante de ces apports est celle des éléments fertilisants utilisés par les agriculteurs : lisiers et autres déjections animales (du fait notamment de l'addition de zinc dans les aliments pour animaux) ; engrais minéraux, en particulier les engrais issus de phosphates naturels ; boues, gadoues et composts. Ce dernier poste, souvent mis en avant, ne représente en moyenne que 5% des apports.

Viennent ensuite, pour le cuivre et le zinc, les apports liés aux traitements phytosanitaires (bouillie bordelaise pour le cuivre en particulier).

Les apports liés à la pollution atmosphérique ne représentent en moyenne que 10% des apports et concernent surtout le plomb.

Tableau 11 : Estimation des apports d'ETM aux sols agricoles (en tonnes par an). Source ADEME, 2007)

Source	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	TOTAL
Phytosanitaires	0,0	0,0	0,0	1654,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	407,9	2062,7
Engrais minéraux	24,4	29,1	423,6	98,5	0,9	16,4	62,8	10,3	39,2	558,7	1263,9
Déjections animales	77,8	13,2	369,5	2578,0	5,9	89,8	365,6	306,3	33,6	11868,6	15708,2
Amendements calciques et magnésiens	4,5	1,3	55,0	61,3	0,4	2,7	8,9	11,6	1,3	89,5	236,6
Boues et composts	11,2	2,6	81,8	239,1	2,0	6,2	42,3	140,2	3,7	619,3	1148,5
retombées atmosphériques	15,6	7,5	70,6	237,2	2,5	17,7	88,1	228,1	11,5	1645,7	2324,4
TOTAL	133,4	53,7	1000,6	4868,9	11,7	132,9	567,6	696,5	89,3	15189,8	22744,3

Figure 3 : Part des différents apports de métaux et métalloïdes aux sols agricoles (ADEME, 2007)

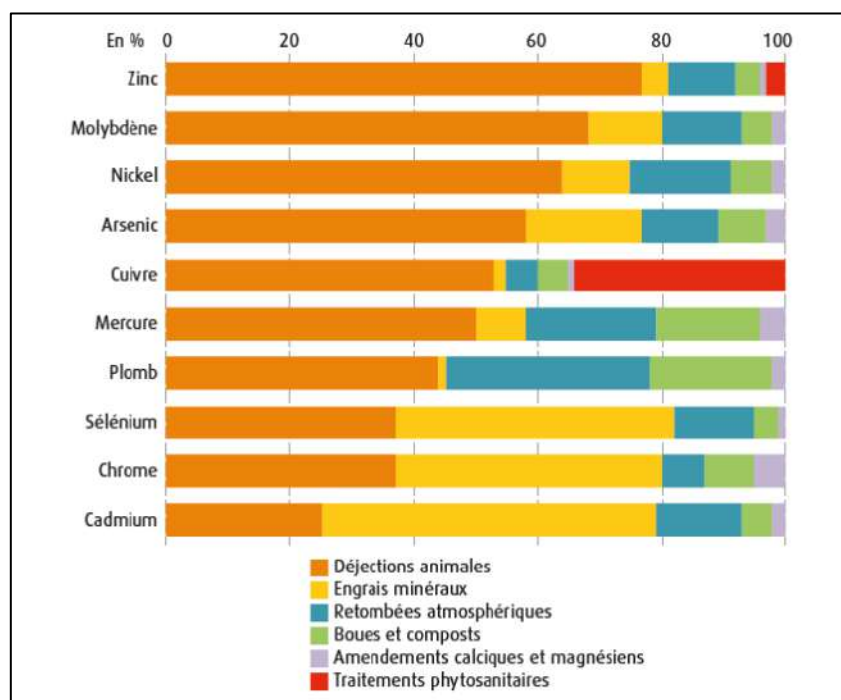
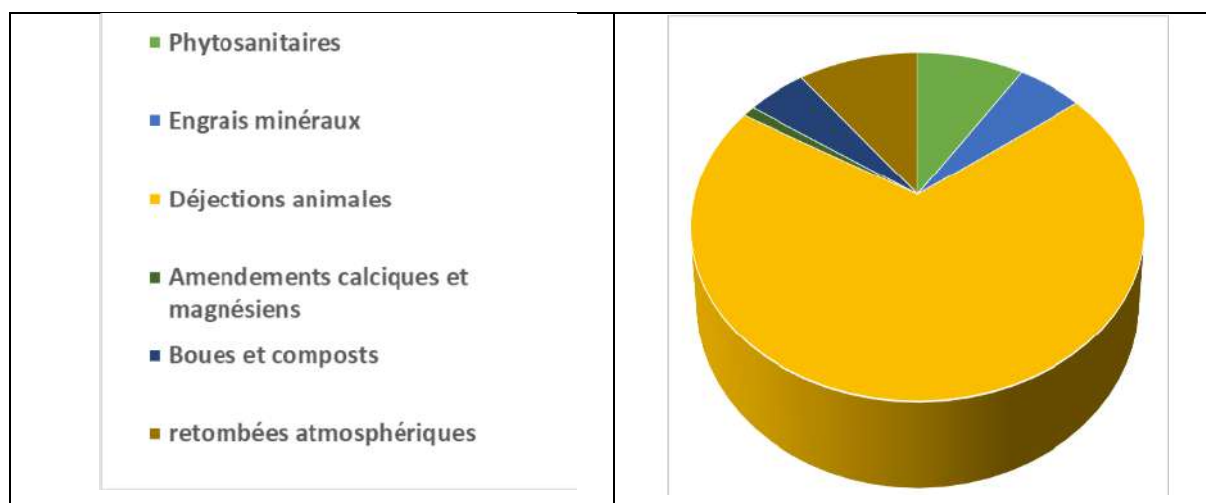


Figure 4 : Contribution des différentes sources aux apports globaux



A noter que plusieurs sources de pollution n'ont pas pu être intégrées dans cette étude, du fait de l'insuffisance des données disponibles. C'est en particulier le cas :

- des apports de plomb par la chasse. Un rapport sénatorial (Sénat, 2001) estime ces apports à environ 6000 tonnes par an pour l'ensemble des activités de chasse⁴. En supposant que ces activités s'exercent sur l'ensemble du territoire, hors milieux urbanisés, cela donnerait un apport d'environ 3500 tonnes par an aux sols agricoles⁵, soit un chiffre très supérieur aux données prises en compte par l'ADEME (700 tonnes).

⁴ 250 millions de cartouche à 30 g de plomb par cartouche, dont 75% pour la chasse et 25% pour le ball-trap.

⁵ Surface artificialisée = 9% du territoire. SAU = 54% du territoire, soit 59% des surfaces non artificialisées.

- de la corrosion des structures galvanisées qui, selon une étude aux Pays Bas citée par le rapport ADEME, pourrait contribuer dans ce pays à 41% des apports totaux en zinc.

- des apports par les eaux d'irrigation. Ces prélèvements agricoles étaient en 2001 d'environ 2800 millions de m³, dont 2/3 dans les eaux de surface et 1/3 dans les nappes souterraines. Le rapport ADEME n'a évalué que les apports liés aux eaux souterraines, en considérant que les données sur la teneur en ETM des eaux de surface n'étaient pas suffisamment précises. Les données portant sur 433.000 hectares irrigués⁶ dans les régions Aquitaine, Centre et Poitou-Charentes sont présentées dans le tableau 12 et comparées aux autres apports moyens identifiés dans le rapport (Tableau 11). On constate que ces apports additionnels par l'irrigation peuvent être importants pour des éléments comme l'arsenic ou le sélénium.

Tableau 12 : Estimation des apports d'ETM par les eaux d'irrigation issus des nappes souterraines dans les surfaces irriguées des régions Aquitaine, Centre et Poitou-Charentes (en grammes par hectare et par an)

Eléments	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	Zn
Apports irrigation	8,5	8,1	41,7	5,5	7,9	8,2	75,9
Autres apports*	4,5	34	165	19	24	3	514
Part irrigation**	65%	19%	20%	28%	25%	73%	13%

* Données du tableau 11

** Irrigation/(irrigation+ autres apports) en %

En outre, ces apports présentent de fortes hétérogénéités spatiales. Le rapport ADEME a cartographié ces apports par départements et nous en donnons deux exemples pour le cadmium et le cuivre dans la figure 5. On observe que les apports en cadmium sont particulièrement importants dans les zones de grande culture (grand bassin parisien, Aquitaine) et sont principalement liés aux apports d'engrais minéraux. En ce qui concerne le cuivre, on a deux situations distinctes : les régions viticoles avec des apports importants liés aux traitements phytosanitaires et la Bretagne, où les forts apports sont liés aux effluents d'élevage.

Pour juger de l'importance et de l'impact éventuel de ces apports, différents référentiels peuvent être utilisés et nous en proposons deux :

- Le premier est celui de la Norme AFNOR NFU 44-051, qui fixe les apports maxima d'apports annuels d'ETM par les amendements organiques. Nous avons calculé le rapport entre les flux estimés par le rapport ADEME et ces flux maxima.

- Le second est celui du stock total d'ETM des sols français, issu d'une étude INRA-ADEME portant sur huit ETM et plus de 11.000 analyses de sols réalisées entre 1984 et 1997 (Baize *et al.*, 2007). Nous avons calculé le rapport entre les flux du rapport ADEME et ce stock.

Le tableau 13 présente ces résultats.

⁶ La surface totale irriguée en France était en 2010 de 1,6 millions d'hectares.

http://www.lafranceagricole.fr/r/Publie/FA/p1/Infographies/Web/2012-11-15/64756_1.pdf

Figure 5 : Importance des apports de cadmium (à gauche) et de cuivre (à droite) dans les différents départements (en grammes par hectare de SAU et par an). Source : ADEME, 2007

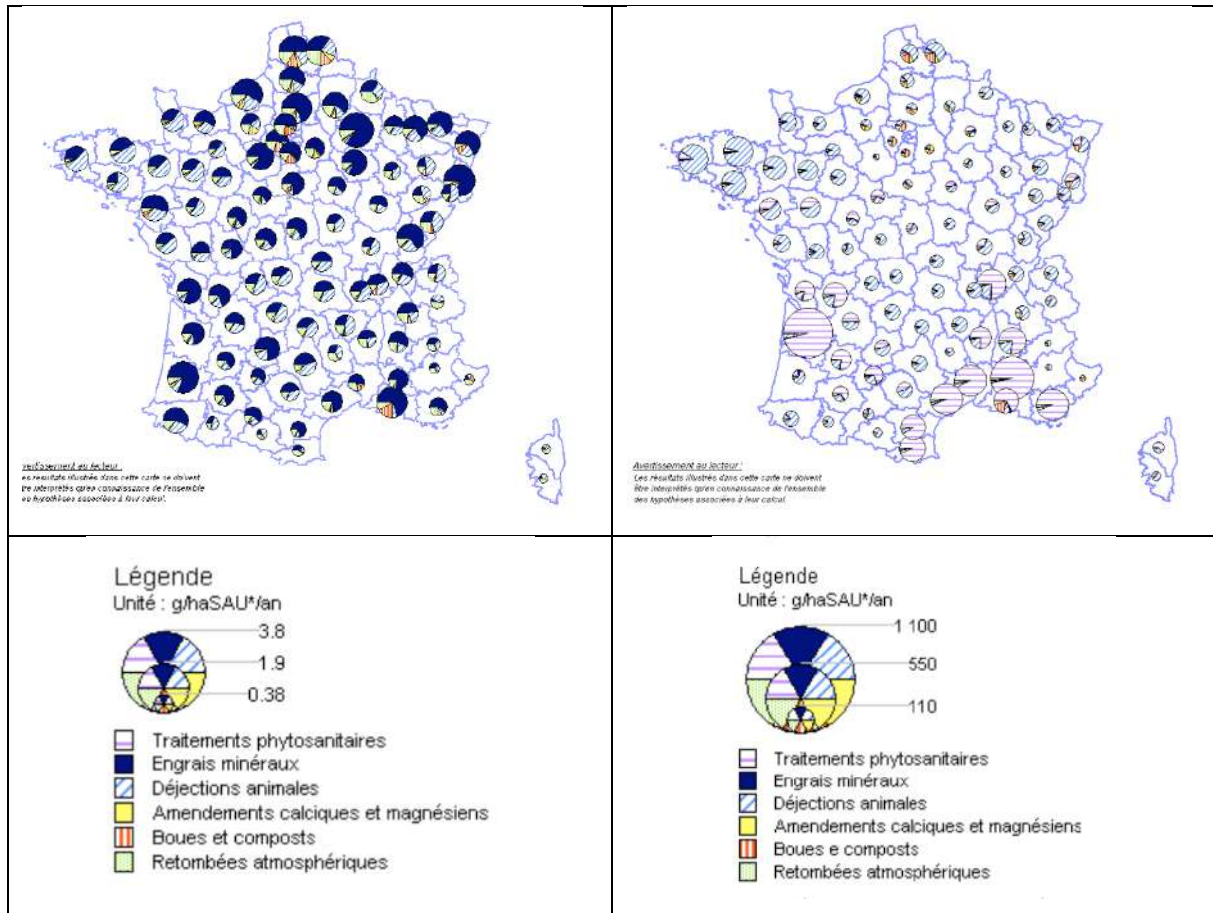


Tableau 13 : apports annuels d'éléments métalliques aux sols agricoles en g/ha et comparaison aux apports maximum autorisés d'amendements organiques et aux stocks moyens des sols (Sources : Baize et al., 2007 et ADEME, 2007).

Source	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	TOTAL
apports (g/ha)	4,5	1,8	34	165	0,4	4,5	19	24	3	514	770,2
Apports limites annuels (g/ha)	270	45	1800	3000	30	pas de norme	900	2700	180	6000	14725
%	1,67	4,00	1,89	5,50	1,33		2,11	0,89	1,67	8,57	5,23
Stock moyen des sols** (Kg/ha)	35*	1,64	158	58	0,4	nd	86	107	0,84	248	441
Apports/stock %	0,01	0,11	0,02	0,28	0,2		0,02	0,02	0,35	0,21	0,17

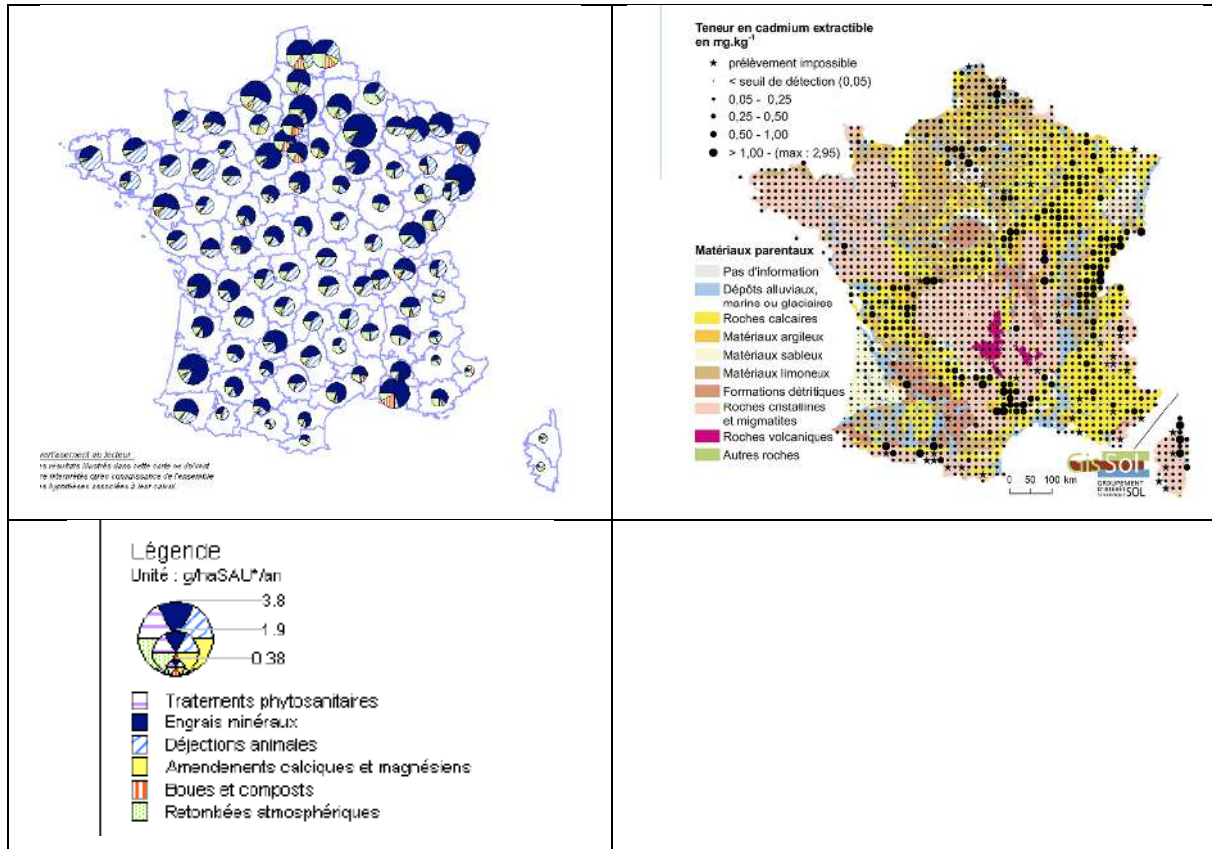
* l'arsenic n'a pas été mesurée dans le cadre de l'étude INRA-ADEME et l'on ne dispose pas de données à l'échelle nationale. Nous avons pris comme référence la teneur médiane des sols agricoles de la Région Nord-Pas de Calais indiquée par le GIS Sols (8,3 mg/kg).

** les données utilisées sont exprimées en mg/kg. Nous les avons converties en Kg/ha en prenant une épaisseur moyenne de sols de 30 cm et une densité moyenne de 1,4 (1 mg/kg = 4,2 kg/ha)

On constate que ces apports représentent environ 5% des apports limites annuels recommandées, avec des valeurs un peu plus élevées pour le cuivre et le zinc. Ces apports représentent largement moins de 1% des stocks moyens des sols, avec là aussi des valeurs un peu plus élevées pour le cuivre et le zinc.

On peut donc considérer que, en moyenne, ces apports ne sont pas préoccupants. En outre, la relation entre ces apports et les teneurs des sols apparaît relativement faible pour les contaminants stricts, comme le montre la comparaison de la carte des apports de cadmium avec celle de la concentration de cet élément dans les sols (Figure 6). Dans ce cas, l'influence du fond géochimique (composition des roches sous-jacente) est largement prédominante sur les apports exogènes.

Figure 6 : comparaison des apports en cadmium estimé par l'ADEME (carte de gauche) et des concentrations de cet élément dans les sols (données du GIS Sol, carte de droite).



Enfin, une partie de ces apports est exportée par les cultures ou par le lessivage des sols. En ce qui concerne les cultures, nous avons cherché à en estimer l'importance dans le cas des céréales, en nous appuyant sur diverses analyses disponibles au niveau national ou européen (Tableau 14). Il apparaît que, pour le zinc, les exportations sont du même ordre de grandeur que les apports moyens calculés par l'étude de l'ADEME. En revanche, ces exportations sont très inférieures aux apports moyens pour le mercure et l'arsenic.

Tableau 14 : Estimation des exportations (EX) de métaux lourds (Zinc, mercure et arsenic) par les cultures de céréales et comparaison aux apports moyens (AM)

	Teneur (mg par tonne)			Rendement (tonne/ha) (4)	Bilan (g/ha)					
	Zn (1)	Hg (2)	As (3)		Zn		Hg		As	
					EX	AM	EX	AM	EX	AM
Blé	31000	2	18,7	7,03	218	514	0,014	0,4	0,13	4,5
Mais	24000		13,8	8,82	212		0,018		0,12	
Orge	35000		18,5	6,35	222		0,013		0,13	

(1) <https://www.feedtables.com/fr>

(2) <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2985>

(3) <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3597>

(4) SAA 2010

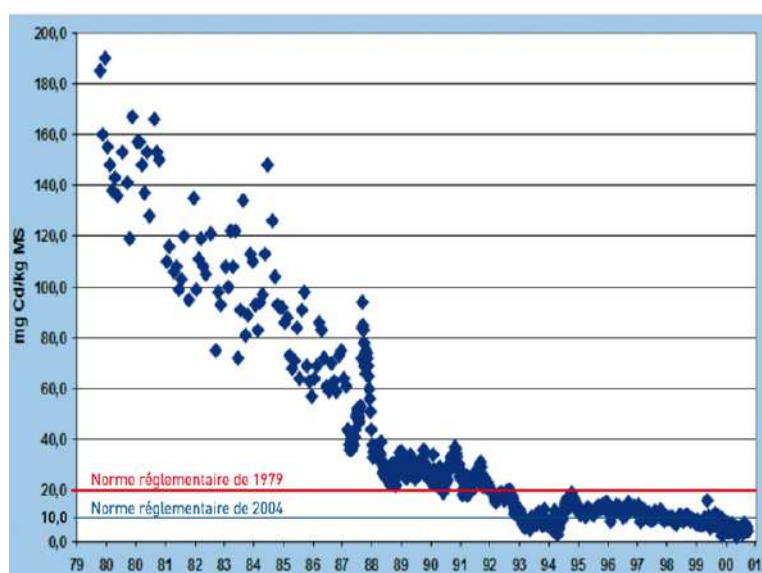
Cependant, la disparité des situations géographiques et des cultures doit inciter à une certaine vigilance. En outre, la mise en place du RMQS (Réseau de mesure de la qualité des sols), dont la seconde campagne de mesures a commencé en 2016⁷, va permettre d'assurer un suivi statistiquement pertinent de l'évolution des teneurs des sols en ETM et d'estimer le rôle de ces apports dans l'évolution éventuelle de ces teneurs. C'est pourquoi nous proposons d'intégrer dès maintenant dans l'ONB un indicateur dans ce domaine.

Proposition d'indicateurs

En ce qui concerne les retombées atmosphériques (données du CITEPA), ces pollutions concernent l'ensemble des sols et de la biodiversité et devraient faire éventuellement l'objet d'une **fiche générique de l'ONB**.

Pour les autres apports, l'étude de l'ADEME est ponctuelle et devrait être actualisée (tant pour la quantité des différents apports⁸ que pour les teneurs de ces apports en ETM). La figure 7 montre par exemple la forte diminution de la teneur en cadmium des boues de la station d'épuration d'Achères en aval de Paris depuis les années quatre-vingt⁹.

Figure 7 : évolution de la teneur en cadmium des boues de la station d'épuration d'Achères (source : AESN)



Nous proposons cependant d'utiliser ces données pour construire un indicateur des apports d'ETM aux milieux agricoles, qui pourra faire l'objet d'actualisations ultérieures.

On pourrait envisager de calculer simplement le total de ces apports (770 g/ha et par an) mais, comme indiqué précédemment, les différents métaux lourds présentent des impacts potentiels très différents sur les plantes et, plus globalement, sur l'ensemble des êtres vivants. C'est pourquoi nous proposons de calculer ces apports en unités METOX.

⁷ Voir <http://www.gissol.fr/le-gis/programmes/rmqs-34>

⁸ Par exemple, la consommation d'engrais phosphorés a continué à baisser depuis la période 2004-2006. Voir [http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Graf1812 - Engrais produits de protection des cultures.pdf](http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Graf1812_-_Engrais_produits_de_protection_des_cultures.pdf)

⁹ On trouvera à <http://bouesseineaval.siaap.fr/?cat=92> les analyses hebdomadaires des boues d'Achères depuis 2012.

Note méthodologique : les indicateurs d'impact des métaux lourds

Pour tenir compte de l'impact écotoxicologique plus ou moins importants des différents métaux lourds, diverses approches sont possibles¹⁰. Nous avons retenu l'indicateur METOX, utilisé par les Agences de l'eau pour calculer les redevances pour pollutions diffuses. Cette métrique affecte chaque ETM d'un coefficient tenant compte de sa toxicité pour les organismes aquatiques et fait la somme des apports pondérés par ces coefficients. Ces coefficients sont particulièrement élevés pour les ETM définis précédemment comme des « contaminants stricts » (mercure, cadmium, arsenic, plomb). Le tableau 15 présente ces coefficients et le calcul des apports METOX correspondants.

Cette métrique permet effectivement de mieux prendre en compte les contaminants stricts (mercure, cadmium, arsenic, plomb) : ces quatre éléments ne constituent au total que 4% des apports en masse mais représentent 21% des apports de METOX.

Tableau 15 : Coefficients METOX des différents ETM et calcul des apports en unités METOX

Source	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	TOTAL
apports (g/ha)	4,5	1,8	34	165	0,4	4,5	19	24	3	514	770,2
coefficients METOX	10	50	1	5	50	<i>pas de norme</i>	5	10	<i>pas de norme</i>	1	
apports (g Metox/ha)	45	90	34	825	20		95	240		514	1863

Nous proposons donc comme indicateur principal la **valeur des apports totaux d'unités METOX** (1863 grammes-METOX par hectare et par an) et comme indicateurs secondaires, d'une part, le rapport entre ces apports et le stock total des sols (0,17%) et, d'autre part, la part des apports METOX liée aux intrants agricoles (matières fertilisantes et produits phytosanitaires), soit 88%.

Indicateur A1 : apports d'éléments traces métalliques aux sols agricoles

Chiffre clé : Les apports de métaux lourds (en unités METOX) sont issus pour 88% des divers intrants agricoles. Ils représentent en moyenne 0,17% des stocks présents dans les sols.

Chiffres secondaires : 1863 grammes METOX par hectare et par an, apports totaux.

Message clé : les apports moyens ne sont pas préoccupants mais peuvent poser localement des problèmes. L'essentiel de ces apports est lié aux intrants agricoles.

II. c) Les pertes d'espaces agricoles et l'évolution des usages de la SAU

On dispose de diverses sources de données pour suivre les usages des sols et, en particulier, les surfaces agricoles. On trouve une analyse critique de ces différentes sources dans le rapport de l'observatoire national de la consommation des espaces agricoles¹¹ (ONCEA, 2014). La série la plus

¹⁰ Voir https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/metaux_toxiques_totaux_metox.php4 ou [https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tox_\(indice\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tox_(indice))

¹¹ Cet observatoire a été créé par la Loi du 27 juillet 2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche. Il a été remplacé en 2016 par l'OENAF (Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers), dont les compétences sont élargies aux autres usages de l'espace.

souvent citée, et qui est documentée sur une base annuelle, est celle de l'enquête TERUTI du ministère de l'agriculture.

Note méthodologique : l'enquête TERUTI

La série TERUTI est basée sur un réseau de points d'observation répartis sur le territoire et documentés chaque année. Elle commence en 1982 mais comporte trois segments :

- Un premier échantillon de points constitué en 1982 a été suivi jusqu'en 1990-1991.
- Il a été renouvelé en 1990 et 1991 afin de corriger certains biais de représentativité introduits lors du tirage de l'échantillon de 1982.
- En 2004, l'échantillon a été réduit et en 2005, les progrès techniques en matière de numérisation des documents cartographiques et de géo-référencement et le souhait d'articuler cet échantillon national de points avec l'échantillon européen de l'enquête Lucas ont conduit à redéfinir à nouveau l'échantillon de l'enquête, appelée désormais Teruti-Lucas. En 2011, compte tenu de la priorité accordée à la finalisation du recensement agricole 2010, l'enquête Teruti-Lucas n'a pas été réalisée. Les deux premières séries historiques continues de 1982-1990 et de 1992-2004 portent sur 550 000 points, sauf en 2004 où l'échantillon a été réduit à 155 000 points. L'échantillon complet de la série actuelle comprend en métropole 309 000 points.

Nous n'avons considéré dans cette étude que les données relatives à la France métropolitaine, les données relatives aux DOM étant beaucoup plus récentes (voir note).

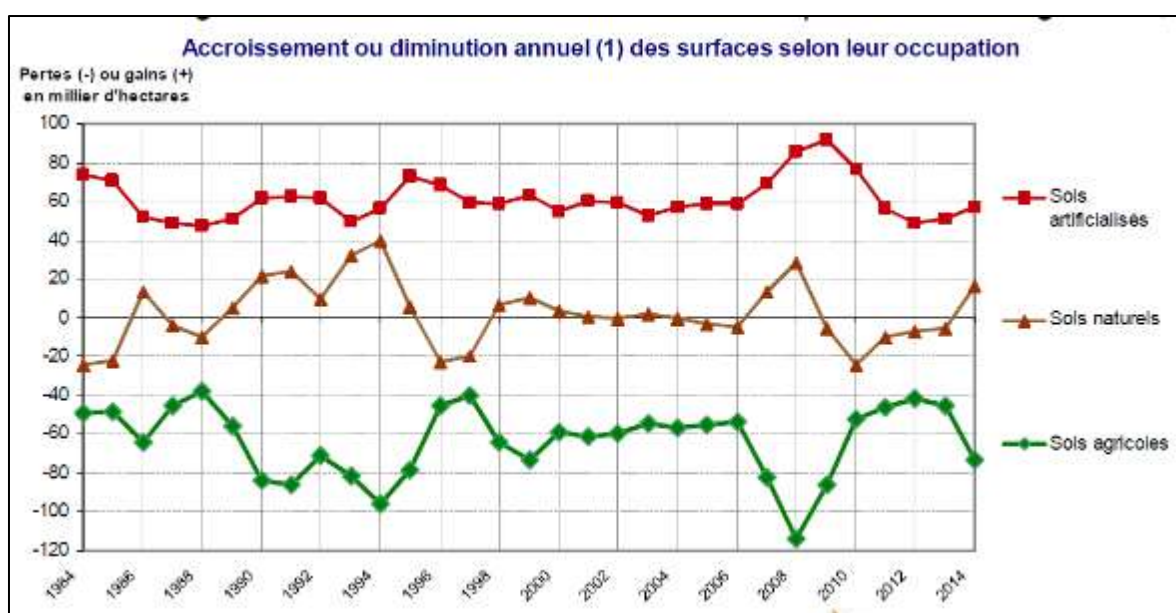
Note méthodologique : les données des Outre-mer

Les données de TERUTI n'intègrent des points dans les Outre-mer qu'à partir de 2005 pour la Réunion, de 2006 pour la Martinique et la Guadeloupe. La Statistique agricole annuelle intègre ces trois départements ainsi que la Guyane à partir de 2006 et Mayotte depuis 2016.

Pour ces raisons, il est difficile d'intégrer les données des DOM dans une série statistique longue.

La figure 8 (Ballet, 2016) montre que la surface des sols agricoles a diminué chaque année d'environ 70.000 hectares, avec des maxima dans le début des années 90 et surtout dans la période 2006-2010.

Figure 8 : évolution annuelle (moyenne glissante des années n et n – 1) des variations des surfaces artificialisées, naturelles et agricoles de 1982 à 2014 (Ballet, 2016).



Les surfaces naturelles restant globalement stables, il est légitime de penser que ces pertes de surfaces agricoles ont alimenté principalement l'artificialisation. Deux études confirment ce point de vue et précisent la dynamique de ces changements d'usage des sols :

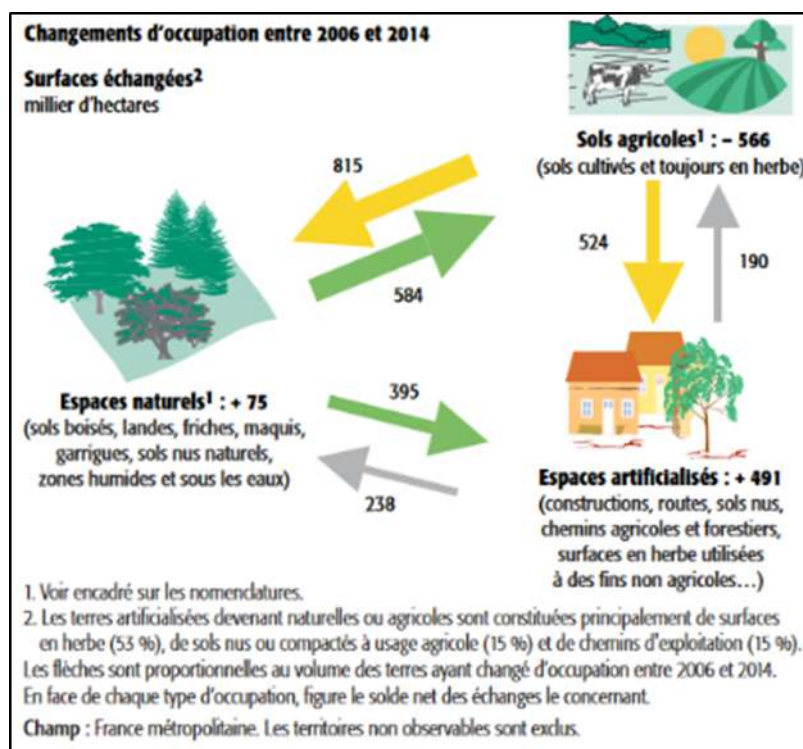
- L'étude d'Antoni (2011) et le rapport de l'ONCEA (2014) fournissent une estimation des changements d'usage des sols pour la période 2000-2006 à partir des données de Corine Land Cover (figure 9). On observe que les sols agricoles ont perdus globalement environ 82.000 hectares¹², dont 92% ont été artificialisés. 88% de l'artificialisation a donc été réalisée sur des sols agricoles.

Figure 9 : Changement d'usage des sols entre 2000 et 2006 (ONCEA, 2014)

		2006				
		artificialisés	agricoles	forestiers	ouverts	
2000	artificialisés		1 977	1 764	731	4 472
	agricoles	76 272		3 613	2 512	82 397
	forestiers	8 180	1 136		11 660	20 977
	ouverts	2 279	953	7 819		11 052
		86 732	4 067	13 196	14 903	118 897

- Une étude sur la période 2006-2014 (AGRESTE, 2015) basée sur les données de TERUTI-LUCAS (Figure 10) estime que les sols agricoles ont perdus 566.000 hectares pendant cette période, dont 59% au profit des espaces artificialisés (et 41% au profit des espaces naturels).

Figure 10 : changement d'usage des terres entre 2006 et 2014 (AGRESTE, 2015)



¹² Pour des raisons méthodologiques, la base de données Corine Land Cover fournit des estimations beaucoup plus faibles que celles de TERUTI pour les pertes de surfaces agricoles.

Une autre série de données (disponibles en ligne pour la période 2000-2017) est celle des statistiques annuelles de l'agriculture¹³ qui fournissent des estimations plus précises de l'évolution de la SAU¹⁴ (Surface agricole utile) et de ses différents usages.

Note méthodologique : la statistique agricole annuelle (AGRESTE, 2019)

La Statistique agricole annuelle (SAA) est une opération de synthèse annuelle sur les productions agricoles françaises. Elle renseigne chaque année sur l'ensemble des productions agricoles en termes physiques (surfaces et rendements, têtes de bétail) détaillées par produit et par région et département. La SAA existe depuis 1947 et permet à la France de répondre au règlement européen UE 543/2009 du 18 juin 2009. Les données sont également utilisées pour d'autres opérations statistiques. Elles permettent de recaler les évolutions conjoncturelles et servent directement de support pour établir les comptes, nationaux ou régionaux de l'agriculture.

Pour établir la SAA, les services régionaux disposent :

- des résultats des enquêtes statistiques : enquêtes réalisées chaque année ou périodiquement par les services statistiques, conformément à un programme national annuel approuvé par le Conseil national de l'information statistique (enquête Structure, inventaire Vergers, Terres labourables...); enquêtes effectuées à l'échelon local auprès des coopératives ou des groupements de producteurs ;*
- d'informations rassemblées auprès des correspondants agricoles locaux, des organismes professionnels, des agriculteurs ;*
- de données administratives (déclaration de demandes aux aides PAC fournis par l'ASP, le casier viticole informatisé des Douanes...).*

Outre ces sources de renseignements, ils disposent également d'évaluations de correspondants et d'experts ainsi que de données chiffrées fournies par les organismes techniques professionnels.

On constate (figure 11) que :

- les surfaces artificialisées ont progressé de 21,9% pendant cette période, soit de 948.000 hectares. Cependant, le rythme de l'artificialisation a fortement ralenti depuis 2009-2010. Il a été en moyenne de 1,41% par an de 2000 à 2010 pour descendre à 0,84% de 2011 à 2017. Le chiffre souvent cité de 70.000 ha par an caractérise la période 2000-2010 mais la valeur moyenne pour 2010-2017 n'est que de 34.000 ha par an¹⁵.
- corrélativement, la perte de surface agricole s'est ralentie depuis 2010 : elle était en moyenne de 0,30% par an de 2000 à 2010 (soit environ 90.000 ha par an) et n'était plus que de 0,11% par an (soit environ 30.000 ha par an) de 2011 à 2017.

Au sein de la SAU, on observe également des évolutions importantes :

- la surface des terres arables est restée pratiquement constante, les pertes liées à l'artificialisation étant compensées par la mise en cultures annuelles d'autres espaces.
- on observe par contre une érosion marquée des surfaces toujours en herbe, qui perdent 816.000 ha (- 9,1%) et des cultures permanentes. Les surfaces en vigne régressent de 12,1% et celles de cultures fruitières de 17,9%.

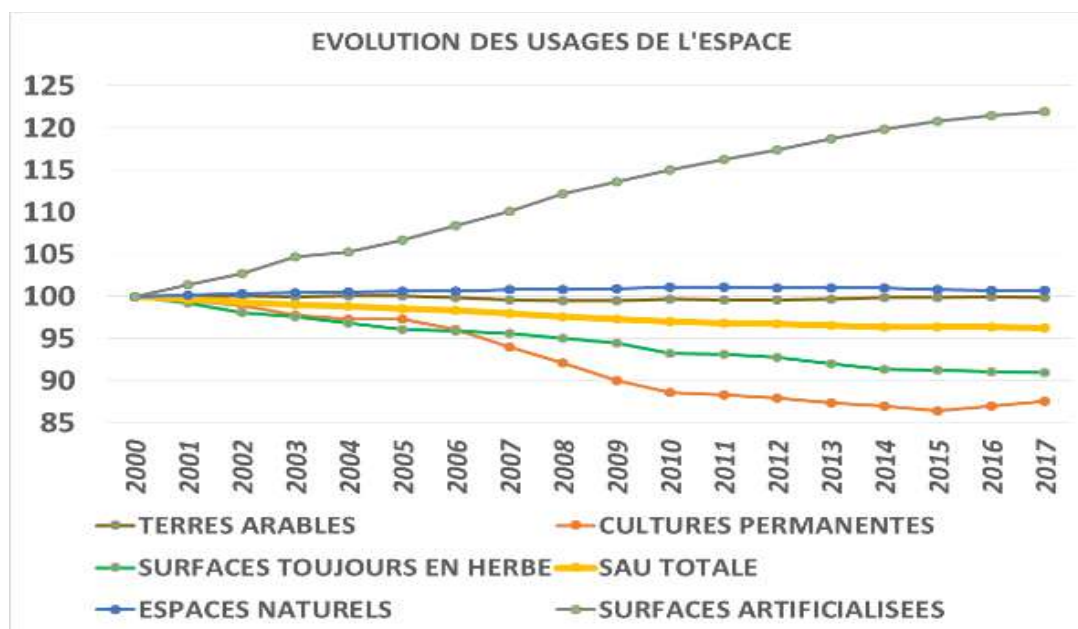
¹³ https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-saiku/?plugin=true&query=query/open/SAANR_1#query/open/SAANR_1

¹⁴ La SAU est composée de terres arables (grandes cultures, cultures maraîchères, prairies artificielles...), surfaces toujours en herbe (prairies permanentes, alpages) et cultures pérennes (vignes, vergers...).

¹⁵ 35.000 ha de 2017 à 2018 selon les SAA 2018.

Ces différentes évolutions ne sont bien sûr pas liées directement à la pression de l'artificialisation. En particulier la diminution des surfaces toujours en herbe et des cultures permanentes résultent principalement d'autres déterminants socio-économiques que nous ne détaillerons pas ici.

Figure 11 : Evolution des différents usages de l'espace de 2000 à 2017 (base 100 en 2000). Source : statistiques agricoles annuelles



Les surfaces agricoles et leur biodiversité sont donc soumises à une double érosion, quantitative et qualitative :

- quantitative, avec une diminution des surfaces agricoles au profit de surfaces artificialisées (urbanisation, infrastructures...). Cette évolution est prise en compte dans l'indicateur ONB « artificialisation du territoire ».
- qualitative, avec une diminution des surfaces toujours en herbe au profit des terres arables, moins favorables à la biodiversité. L'indicateur « Evolution des surfaces de grands espaces toujours en herbe » de l'ONB fournit une estimation de cette évolution.

Il nous semble intéressant de rendre compte globalement de ces deux phénomènes à travers un indicateur unique. Pour cela, nous proposons de procéder en trois étapes :

- dans un premier temps, affecter aux grands types d'usage de la SAU un coefficient représentant l'intérêt écologique de cet usage, le CIE (coefficient d'intérêt écologique). Du fait des données statistiques disponibles, nous proposons de ne considérer que les trois grands types d'usage que sont les terres arables, les surfaces toujours en herbe et les cultures permanentes (arboriculture et viticulture).

Note méthodologique : le calcul du CIE (Coefficient d'intérêt écologique)

Pour une première application de ce concept, nous nous sommes fondés sur les données de qualité des sols du Gis Sol (leur teneur en carbone, teneur en ADN microbien et diversité microbienne, voir Gis Sol, 2011) ainsi que sur les données de l'ONB pour la macrofaune du sol (abondance et diversité des lombrics) pour proposer un premier jeu de coefficient (tableau 16). Le principe général est d'affecter pour chaque paramètre un coefficient 1 à l'usage le plus favorable et d'affecter aux autres usages un coefficient proportionnel à la valeur du paramètre.

Pour combiner ces coefficients, nous avons utilisé les principes suivants :

- lorsque l'on dispose à la fois de données d'abondance et de diversité pour un même paramètre (cas des microorganismes et des lombrics), nous avons utilisé la moyenne géométrique, ce qui revient à caractériser la biodiversité par une surface dont l'abondance est la « longueur » et la biodiversité la « largeur ». Cette option conduit à considérer que la biodiversité est faible lorsque l'une OU l'autre de ses dimensions est faible, alors que la moyenne arithmétique ne répond pas à cette exigence.

- pour combiner ensuite les différents paramètres (teneur en carbone, microorganismes, lombrics), nous avons également utilisé le même principe de la moyenne géométrique. On connaît en effet des situations où la teneur en carbone est élevée mais la teneur en ADN microbien faible (cas des Landes) et il nous semble pertinent de prendre en compte le paramètre le plus limitant.

En utilisant ces principes, il sera possible d'intégrer de nouveaux paramètres dans le calcul de ces coefficients (par exemple des données sur la faune et la flore) et de les faire éventuellement évoluer dans le temps en fonction des données disponibles sur l'évolution de ces paramètres.

Il est également envisageable, en utilisant les mêmes principes, de calculer des CIE pour les milieux non-agricoles (forêts et autres milieux naturels, milieux artificialisés).

Tableau 16 : proposition de coefficients d'intérêt écologique pour les différents usages de la SAU

Usage	Teneur en carbone		ADN microbien			Lombrics (3)			Coef. global
	Valeur (Kg/m ²) (2)	Coef.	Teneur (µg/g) (1)	Diversité (nb taxons)	Coef.	Abondance (nb/m ²)	Diversité (nb taxons)	Coef.	
Cultures annuelles	5,57	0,65	8,7	1368	0,86	225	5	0,54	0,67
Prairies permanentes	8,58	1	11,6	1302	0,96	420	9	1	0,98
Vignes et vergers	3,27	0,38	5,7	1396	0,70	170	3	0,36	0,46

(1) Données de Dequiedt et al., 2011. (2) Données de Meersmans et al, 2012. (3) Données de l'ONB

- En utilisant ces coefficients pour pondérer les surfaces dédiées à ces différents usages, on peut calculer une surface écologique utile (SEU), définie comme la somme pondérée de ces différentes surfaces. On peut ainsi calculer les pertes annuelles de SEU sous le double effet de la perte de surface agricole et du changement d'usage des terres.

- enfin, on peut calculer un troisième paramètre, le taux d'intérêt écologique (TEE), comme étant le rapport (en %) entre la SEU et la SAU. A noter que, du fait des coefficients proposés, ce paramètre prendra difficilement des valeurs inférieures à 70%.

Cette approche n'intègre aujourd'hui que des paramètres liés aux sols mais permet de rendre compte d'ores et déjà de manière satisfaisante de fonctions écologiques comme la fixation de carbone ou la capacité de rétention d'eau. En outre, l'introduction de données sur la flore (abondance et diversité) ou la faune (insectes, oiseaux...) donnera également très certainement une pondération plus favorable aux prairies et ne devrait donc pas modifier de manière substantielle les coefficients d'intérêt écologique.

Nous avons par exemple utilisé les données disponibles pour les papillons diurnes (voir module C), qui fournissent pour les cultures annuelles un coefficient d'intérêt écologique de 0,70 (à comparer à la valeur de 0,67 trouvée pour les sols).

Pour disposer d'un bon recul temporel sur l'évolution de la SEU, nous avons combiné deux sources de données :

- une étude de l'INSEE (2007) qui fournit une répartition des différents usages de 1950 à 2000.

- les données des statistiques agricoles annuelles de 2000 à 2018¹⁶.

Le tableau 17 présente les données de ces deux sources. Pour calculer l'évolution de la SEU, nous avons supposé que les coefficients d'intérêt écologique étaient constants sur l'ensemble de la période. En effet, avant 2000, on ne dispose au niveau national que de données sur les teneurs en carbone (et ceci seulement depuis 1990) et ces teneurs semblent avoir globalement peu évolué¹⁷.

La figure 12 compare les pertes annuelles de SAU et de SEU au cours des différentes périodes.

On peut identifier trois grandes séquences dans cette évolution :

- de 1950 à 1980¹⁸, la consommation d'espaces agricoles est forte (90.000 ha par an en moyenne) et affecte tous les usages mais la proportion de prairies augmente légèrement (elle passe de 38 à 40% de la SAU). De ce fait, la surface écologique utile diminue nettement moins que la SAU et le taux d'intérêt écologique des surfaces agricoles gagne un point (il passe de 77,6 à 78,6%).

- de 1980 à 2010, la consommation d'espaces agricoles s'intensifie (100.000 ha par an en moyenne) et les prairies sont particulièrement impactées. Leur proportion passe 40 à 33% de la SAU, la surface de terres arables progressant très légèrement. Précisons que ce compartiment « prairies » intègre environ 1,7 million d'ha hors exploitations agricoles (estives, alpages...), cette surface restant stable. Ce sont donc les prairies au sein des exploitations agricoles qui subissent une baisse importante (30% au total). Au cours de cette période, la SEU diminue autant, voire plus que la SAU et le taux d'intérêt écologique perd deux points. On peut estimer¹⁹ que, sur les quelques trois millions d'hectares de SEU perdus, 80% de cette réduction est due à la réduction de la SAU et 20% au changement d'usage des terres.

- enfin, à partir de 2010, un tassement semble s'opérer (figure 13), avec une perte annuelle de SAU et de SEU de l'ordre de 27.000 ha et une stabilisation du taux d'intérêt écologique. Ce tassement se confirme depuis 2014 (avec en particulier une stabilisation des surfaces toujours en herbe) mais une partie de l'artificialisation (qui se poursuit à un rythme d'environ 30.000 ha par an) se porte désormais sur les milieux naturels.

Tableau 17 : Evolution des différentes composantes de la SAU (en milliers d'hectares) de 1950 à 2018.

<i>Usages</i>	1950	1980	1990 (2)	2000	2010	2014	2018
<i>Cultures annuelles</i>	19137	17472	17774	18354	18301	18333	18150
<i>Prairies (1)</i>	13221	12850	11213	10145	9463	9266	9349
<i>Vignes et vergers</i>	2050	1412	1209	1141	1011	993	1005
<i>TOTAL SAU</i>	34408	31734	30196	29640	28774	28592	28503
<i>TOTAL SEU</i>	26721	24948	23453	22764	22000	21821	21785
<i>TEE %</i>	77,6	78,6	77,6	76,8	76,5	76,3	76,4

(1) Intégrant les surfaces hors exploitation (estives, alpages...)

¹⁶ Nous avons vérifié que les données des deux séries étaient similaires pour l'année 2000.

¹⁷ Voir Tosser *et al*, 2014 pour les données de la BDAT (Base de données d'analyses des terres) et le module C de ce rapport.

¹⁸ Il conviendrait d'analyser les données du recensement général agricole de 1970 pour disposer d'un point intermédiaire au cours de cette longue période.

¹⁹ En calculant la valeur théorique de la SEU en 2010 si les proportions des différents usages des terres étaient resté constantes depuis 1980. Cette valeur théorique est de 22.586 milliers d'hectares.

- (2) Les données de l'INSEE pour les prairies ont été corrigées car elles n'intégraient apparemment pas les surfaces hors exploitation

Figure 12 : Pertes annuelles (en milliers d'hectare) de SAU (Surface agricole utile) et de SEU (Surface d'intérêt écologique) depuis 1950

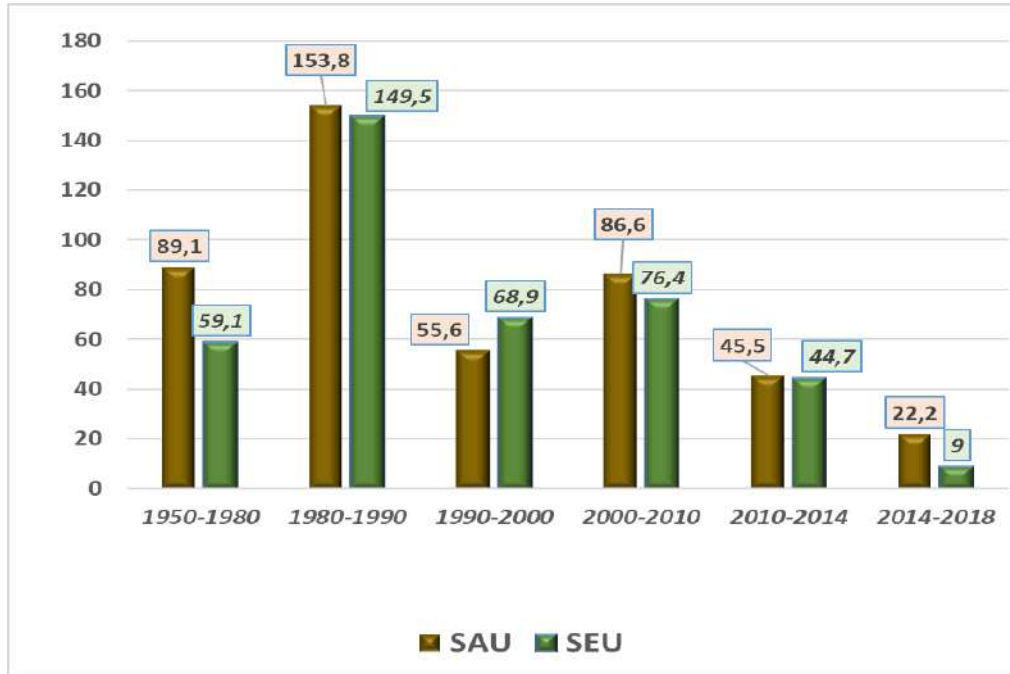
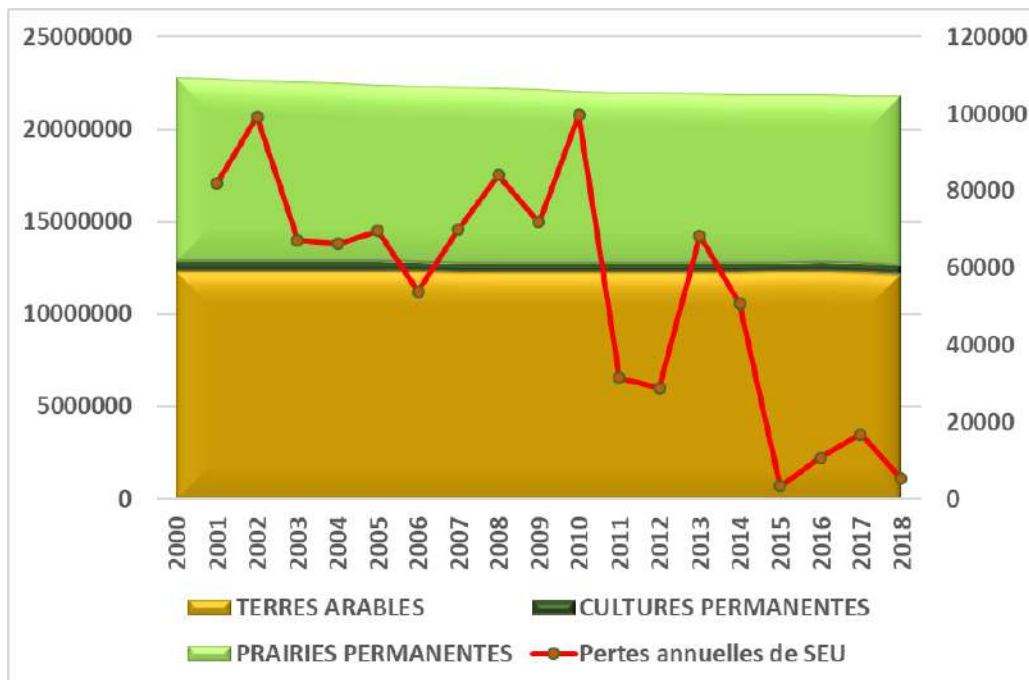
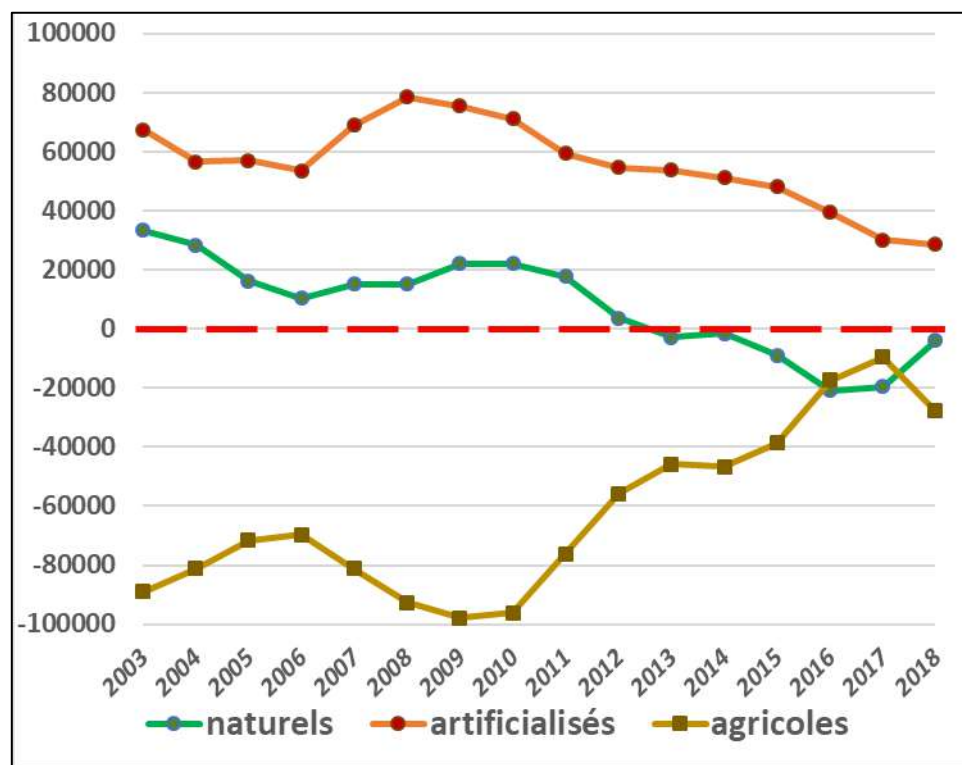


Figure 13 : Evolution des différentes composantes de la SAU (mesurée en Surface d'intérêt écologique) en hectares (échelle de gauche) et pertes annuelles de SEU (en hectares, échelle de droite)



En effet (figure 14), les milieux naturels avaient été épargnés par l'artificialisation au cours de la période 2000-2010 et avaient même gagné en surface. A partir de 2012, on observe au contraire une tendance à la réduction de ces surfaces, qui ont perdu 61.000 ha de 2010 à 2018.

Figure 14 : variation annuelle (moyenne des années N, N-1 et N-2) des différents usages des sols de 2000 à 2018. Source : Statistiques agricoles annuelles



Proposition d'indicateurs

Nous proposons d'utiliser comme indicateur principale **la perte annuelle de surface écologique utile des milieux agricoles**. Du fait des fluctuations interannuelles, il semble nécessaire d'utiliser la moyenne triennale des années N, N-1 et N-2.

Les indicateurs secondaires proposés sont le taux d'intérêt écologique et la valeur moyenne de pertes de 1980 à 2010.

Indicateur A2 : Perte annuelle de surface écologique utile des milieux agricoles

Chiffre clé : 11.000 ha en moyenne de 2016-2018

Indicateurs secondaires :

- 98.000 ha par an de 1980 à 2010.

- Taux d'intérêt écologique 76,4% en 2018 (78,6 % en 1980)

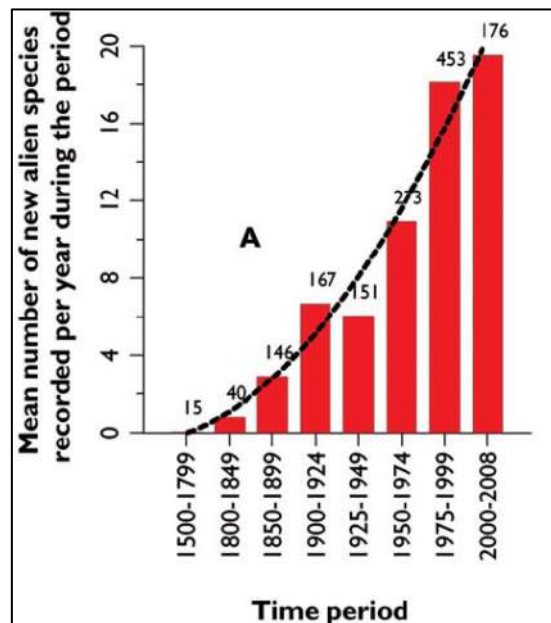
Message clé : Rôle important de la diminution des surfaces toujours en herbe.

II. d) Espèces exotiques envahissantes

Les données disponibles

Les espèces exotiques envahissantes sont considérées comme l'une des menaces qui pèsent sur la biodiversité, menace qui va croissant avec la mondialisation des échanges et les changements globaux. On dispose de listes d'espèces « exotiques » mais qui ne concernent que des macroorganismes (animaux et plantes). La base de données DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) recense ainsi en Europe plus de 12.000 espèces pour les milieux marins et terrestres. Pour les seuls arthropodes, Roques (2010) a recensé 1590 espèces et montre que le rythme d'introduction a considérablement augmenté depuis le milieu du 20^{ème} siècle (figure 15).

Figure 15 : Evolution du nombre annuel d'espèces exotiques nouvelles d'arthropodes observés en Europe (Roques, 2010)



En ce qui concerne les impacts de ces espèces, la commission européenne a publié en 2016 une liste de 37 espèces (14 végétaux et 23 animaux) considérées comme particulièrement préoccupantes et devant faire l'objet de mesures de lutte²⁰. Cette liste est régulièrement actualisée. Pour la France, le site de l'INPN (Inventaire national du patrimoine naturel) propose une liste de 151 espèces (89 espèces animales, 61 espèces végétales et un champignon, l'agent de la chalarose du frêne) et une liste officielle des espèces les plus préoccupantes (26 espèces animales et 23 espèces végétales) a été publiée en 2018 (voir AFB-ONCFS, 2019).

Cependant, ces listes n'identifient pas les espèces pouvant affecter particulièrement les milieux agricoles. Par exemple, on trouve dans cette liste de nombreuses espèces aquatiques de plantes (comme la jussie) ou d'animaux (comme diverses écrevisses) qui ne constitue une menace que pour la biodiversité des milieux d'eau douce (même si la jussie envahi parfois des prairies humides).

²⁰ Voir la liste à <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/reglement-europeen-12-nouvelles-especes-ajoutees-a-la-liste-des-eee-preoccupantes-pour-union-europeenne/>

De même, l'ONB propose un indicateur « Evolution du nombre d'espèces exotiques envahissantes » et l'AFB a développé avec le MNHN un centre de ressources dédié²¹ mais qui ne répond pas à la question des pressions sur les milieux agricoles.

Le cas des milieux agricoles

En ce qui concerne plus particulièrement les milieux agricoles, les exemples sont nombreux d'espèces exotiques arrivées spontanément, ou introduites involontairement, dans notre pays et pouvant perturber les cultures²².

Chez les végétaux, l'exemple le plus connu est celui de l'Ambroisie à feuille d'armoise, introduite accidentellement en France à la fin du 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle. Ces introductions seraient dues à l'importation de semences de trèfle rouge puis de foin pour les chevaux durant la première guerre mondiale. Outre le risque sanitaire lié au caractère très allergisant de son pollen, c'est une espèce très concurrentielle pour les cultures de tournesol. On trouvera dans Chauvel (2019) un panorama de ces plantes invasives posant des problèmes pour l'agriculture.

Chez les animaux, on connaît les ravages qu'a causés l'introduction accidentelle du doryphore dans notre pays (1922, dans la région de Bordeaux)²³ et plus récemment, on peut citer le cas des vers plats prédateurs d'escargot ou de vers de terre. On en compte aujourd'hui une dizaine de ces espèces, originaires d'Australie, du Brésil et d'Asie du Sud et plus ou moins répandue sur notre territoire²⁴. On peut citer également la drosophile japonaise *Drosophila susukii*, apparue en France en 2010 et qui cause de gros dégâts dans les cultures de fruits rouges (cerises, fraises...) ou la punaise diabolique *Halyomorpha halys*, originaire d'Asie du sud-est et repérée en Alsace en 2012, qui menace les productions fruitières et légumières.

On a également de nombreux exemples de microorganismes, dont la propagation est souvent liée à des insectes piqueurs indigènes ou eux-mêmes exotiques. Citons le virus de la Sharka, originaire de Bulgarie et repérée en France en 1969, qui ravage les plantations de fruits à noyau (abricotiers, pruniers...) ou, tout récemment, la détection dans notre pays de la bactérie *Xylella fastidiosa*, qui décimé les oliviers italiens.

Pour les élevages, on peut citer par exemple la fièvre du Nil occidental, propagée par les moustiques et pouvant affecter les chevaux et les oiseaux ou la peste porcine africaine, qui a fait récemment l'objet d'une alerte à notre frontière avec la Belgique.

Il existe une liste officielle²⁵, publiée en 2014, d'environ 200 espèces (essentiellement des arthropodes, des nématodes, des champignons, bactéries et virus) considérées comme absentes ou peu présentes sur notre territoire et représentant un risque sanitaire particulièrement importants pour les cultures.

Les dispositifs de surveillance

Plusieurs dispositifs de surveillance sont en place pour surveiller ces menaces et alerter les agriculteurs.

²¹ <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/centre-de-ressources-especes-exotiques-envahissantes/>

²² Certaines de ces espèces sont d'introduction très anciennes, comme les plantes messicoles qui ont accompagné le développement des cultures de céréales (coquelicot, bleuet...) mais nous ne traiterons ici que des introductions récentes.

²³ Voir Castellan G., 1943. https://www.persee.fr/doc/geoca_1164-6268_1943_num_18_1_7081

²⁴ Voir le site du professeur JL Justine <https://sites.google.com/site/jljustine/plathelminthe-terrestre-invasif/especes>

²⁵ Arrêté du 15 décembre 2014.

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=?cidTexte=JORFTEXT000029958875>

Ainsi, depuis 1941, les services régionaux de protection des végétaux (SRPV) élaborent et diffusent régulièrement des « avertissements agricoles », qui ont été remplacés en 2009 par les « bulletins de santé du végétal » (voir Jullien, 2013). Ainsi, en 2015, ce sont près de 4000 bulletins qui ont été produits. Des réseaux régionaux d'acteurs, les FREDON (Fédération Régionale de lutte et de Défense contre les Organismes Nuisibles) épaulent également les agriculteurs et leur diffusent régulièrement des informations techniques²⁶.

Des dispositifs analogues existent pour les animaux d'élevage, avec la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale²⁷, qui publie des bulletins hebdomadaires de veille.

Cependant, nous n'avons pas identifié de source synthétisant toutes ces informations pour proposer un ou plusieurs indicateurs globaux rendant compte l'importance de cette pression d'espèces exotiques sur l'agriculture et de son évolution dans le temps.

Il existe par exemple depuis 2012 un « rapport annuel de la surveillance biologique du territoire » rédigé par le Ministère de l'agriculture et remis au Parlement²⁸ mais ce document d'une cinquantaine de pages présente de manière essentiellement qualitative les problèmes sanitaires qui ont affecté les différentes filières et ne propose pas d'indicateurs de synthèse. Des rapports plus complets sont élaborés depuis 2016²⁹ mais sans proposer de tels indicateurs.

De même, l'ANSES publie une synthèse annuelle³⁰ de ses activités d'épidémiosurveillance animale mais il s'agit d'une liste d'articles spécifiques d'une maladie ou d'une espèce, sans indicateurs globaux.

Vers un indicateur global ?

À ce stade, même s'il existe une quantité considérable d'informations dans ce domaine, il ne semble donc pas possible de proposer un indicateur pertinent pour caractériser la pression des bioagresseurs exotiques sur l'agriculture de notre pays.

On dispose cependant de divers travaux fournissant des éléments qui pourraient concourir à l'élaboration de cet indicateur global.

Ainsi, pour divers couples bioagresseur-hôte, des travaux de modélisation ont permis de cartographier les risques d'épizootie en fonction de divers paramètres (densité des populations animales cibles, présence d'insectes vecteurs, pression d'introduction du pathogène (en particulier par le commerce d'animaux sauvages ou domestique). La figure 16, tirée de Durand *et al.* (2013), présente un exemple de ces travaux dans le cas de deux virus, les encéphalites équine de l'Est (EEEV) et de l'Ouest (WEEV).

²⁶ Voir https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisme_nuisible

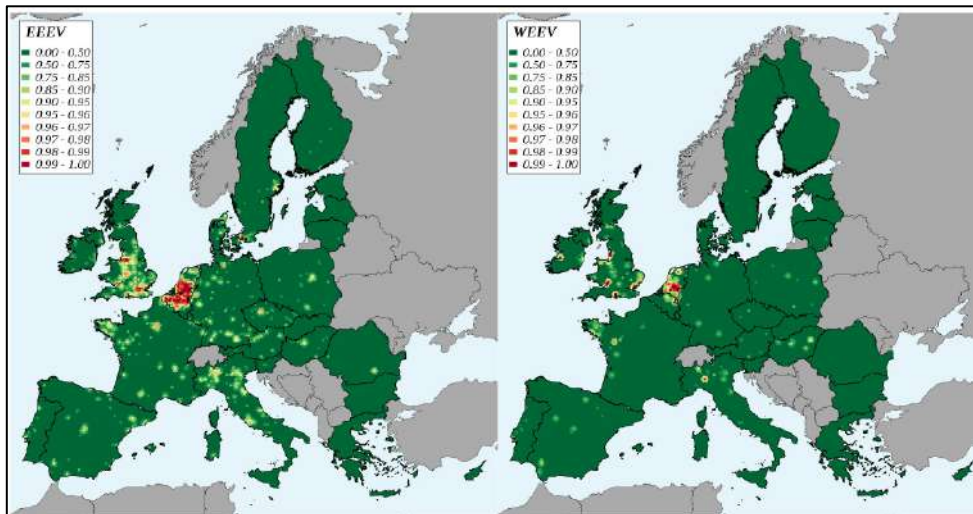
²⁷ voir <https://www.plateforme-esa.fr/>

²⁸ Voir <https://agriculture.gouv.fr/rapport-annuel-de-surveillance-biologique-du-territoire>

²⁹ Voir les bilans 2016 et 2017 à <https://agriculture.gouv.fr/surveillance-en-sante-des-vegetaux-bilan-sanitaire-2016> et <https://agriculture.gouv.fr/surveillance-en-sante-des-vegetaux-bilan-sanitaire-2017>

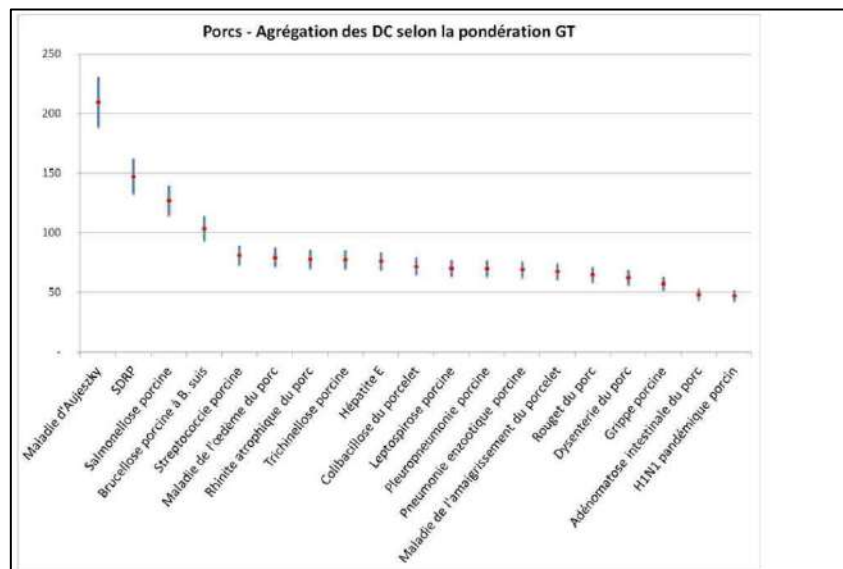
³⁰ Voir la synthèse annuelle 2015 https://be.anses.fr/sites/default/files/2018-06-18_BE83-MRE_VF.pdf

Figure 16 : modélisation du risque d'épizootie pour deux maladies virales des chevaux transmises par les insectes (voir texte). Source : Durand et al., 2013



Pour agréger les données liées à ces différents bioagresseurs, on pourrait s'appuyer sur les travaux de l'ANSES (voir par exemple ANSES, 2012) qui fournissent, pour une espèce donnée, des indices de pondération des différentes maladies prenant en compte huit « domaines de critères » (par exemple le potentiel de persistance et d'évolution de la maladie, ses impacts économiques, sociaux et sur la biodiversité...). La figure 17 montre les résultats de ces méthodes de hiérarchisation dans le cas des maladies porcines.

Figure 17 : exemple de pondération multicritères des risques de 19 maladies porcines (source : ANSES, 2012)

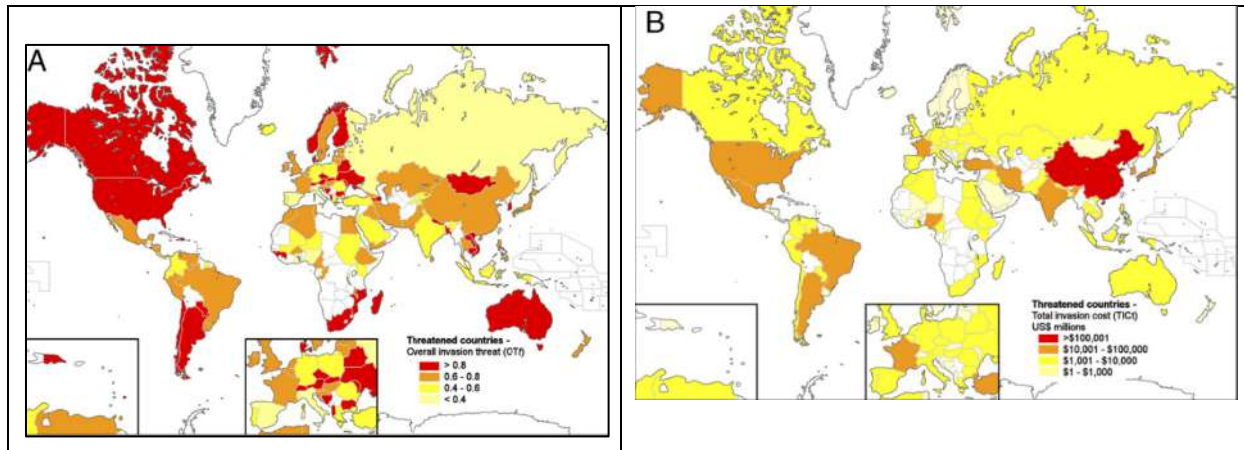


Enfin, pour regrouper les différentes espèces concernées, on pourrait utiliser l'importance relative (en biomasse ou en valeur économique) de chaque filière. Réaliser un tel travail demanderait cependant un effort de recherche important, qui dépasse le cadre de cette étude.

Une autre initiative intéressante dans cette optique de recherche d'un indicateur global est celle d'un groupe de chercheurs australiens, néozélandais et américains (Paini *et al*, 2016) qui ont publié, à partir de l'analyse bibliographique de 1300 espèces d'insectes et de champignons pathogènes, une carte mondiale (figure 18) qui évalue pour chaque pays un indice de risque d'invasion (OTf, Overall

invasion threat). Cet indice est basé sur l'analyse des espèces absentes dans un pays donné mais pouvant causer des dommages à une espèce cultivée dans ce pays, car connues pour le faire dans d'autres pays présentant des conditions agro-écologiques similaires.

Figure 18 : cartographie de l'indice du risque d'invasion des cultures (OTf) par des insectes ou des champignons pathogènes (A) et du risque économique associé (B). Source : Paini et al, 2016.



Avec un indice de 0,702 la France présente un indice moyen. Elle figure au 61^{ème} rang des 124 pays analysés mais au 9^{ème} rang si l'on considère le coût économique potentiel de ces invasions (en termes de diminutions des productions qui seraient liées à l'ensemble de ces invasions). Ce coût est estimé pour notre pays à 12 milliards de \$.

Même si cet indice n'intègre qu'une partie des bioagresseurs et présente l'inconvénient de diminuer lorsque ces invasions se produisent effectivement, il constitue un exemple de ce que pourrait être un indicateur global de la pression d'espèces exotiques sur l'agriculture de notre pays.

II. e) Synthèse et perspectives

En conclusion, pour les quatre groupes de facteurs de pression externes que nous avons analysés :

- nous ne proposons pas de nouveaux indicateurs relatifs aux changements globaux qui seraient spécifiques des milieux agricoles (trois indicateurs sont déjà présents dans l'ONB) mais nous invitons à documenter plus largement cette thématique, qui concerne l'ensemble des milieux.
- nous proposons un nouvel indicateur relatif aux apports de métaux lourds aux sols agricoles (indicateur A1). Ces apports, qui résultent principalement de divers intrants agricoles, ne semblent pas globalement préoccupants mais des situations locales peuvent l'être, ce qui justifie un suivi régionalisé et à long terme.
- nous proposons également pour les pressions conduisant à une perte de surfaces agricoles ou à un changement de leur usage un indicateur global, la surface écologique utile (SEU, indicateur A2), qui prend en compte l'effet sur la biodiversité de ces différents changements.
- enfin, l'analyse des données disponibles sur les introductions d'espèces exotiques susceptibles d'affecter les usages agricoles ne permet pas de définir actuellement un indicateur global mais nous esquissons une démarche qui permettrait d'élaborer un tel indicateur.

Références module A

ADEME, 2007. Bilan des flux de contaminants entrant dans les sols agricoles de France métropolitaine, 330 pages. https://ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/57992_sogreah.pdf

[AFB-ONCFS, 2019. Espèces exotiques envahissantes. Les nouvelles obligations des établissements à vocation commerciale, 24 pages. http://especes-exotiques-envahissantes.fr/wp-content/uploads/2019/04/livret-eee-com-2019-web.pdf](http://especes-exotiques-envahissantes.fr/wp-content/uploads/2019/04/livret-eee-com-2019-web.pdf)

AGRESTE, 2015. L'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles. AGRESTE PRIMEUR, n° 326. Juillet 2015. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur326.pdf>

AGRESTE, 2019. Statistique agricole annuelle 2016-2017. Résultats définitifs. AGRESTE Chiffres et données. n° 2019-1, février 2019. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/cd2019-1fevrier2019v2.pdf>

ANSES, 2012. Hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine. Rapport d'expertise collective. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2010sa0280Ra.pdf>

Antoni V., 2011. L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles. CGDD, collection Le Point sur, n° 75, février 2011. http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_0507947

Baize D., Saby N., Deslais W., 2007. Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles français. Résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Rapport des contrats INRA-ADEME n° 0375CO 035 et 0575CO055. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/56610_etm_sol_chapitres_1-3.pdf

Ballet B., 2016. Présentation des études du SSP sur l'utilisation du territoire. Réunion OENAF, 21 juin 2016. <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/84801?token=d9aecee1d7dc8d6fd1a28e553ccc1071>

Chauvel B., 2019. Quand les plantes envahissantes se promènent aussi dans les champs. Encyclopédie de l'Environnement. <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/plantes-envahissantes-se-promenent-aussi-dans-champs/>

CGDD, 2015. Sols et environnement. Chiffres clés. Collection Repères. http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_0528567/sols-et-environnement-chiffres-cles-edition-2015

Dequiedt S. *et al.*, 2011. Biogeographical patterns of soil molecular biomass as influenced by soil characteristics and management. *Global Ecol. Biogeogr.*, 20, 641-652.

Durand B. *et al.*, 2013. Identification of Hotspots in the European Union for the Introduction of Four Zoonotic Arboviroses by Live Animal Trade. *PLOS ONE*, 8, issue 7, 1-16.

Gis Sol, 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.

INSEE 2007. L'agriculture, nouveaux défis. <http://insee.fr/fr/statistiques/fichier/1372308/agrifra07u.pdf>

Jullien J., 2013. Surveillance phytosanitaire : des avertissements agricoles aux bulletins de santé du végétal. Jardins de France, n°621. <https://www.jardinsdefrance.org/surveillance-phytosanitaire-des-avertissements-agricoles-aux-bulletins-de-sante-du-vegetal/>

Meersmans, Manuel Martin, Lacarce, de Baets, Jolivet, *et al.*, 2012. A high resolution map of French soil organic carbon. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA,32, 841-851. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00930565/file/hal-00930565.pdf>

Michaud A. *et al.*, 2018. Les impacts des éléments traces métalliques sur la qualité des sols et des récoltes. Les 20 ans de QualiAgro, Versailles, 28 novembre 2018. https://www6.inra.fr/valor-pro/content/download/4959/53903/version/1/file/6_20ans_QualiAgro_ETM-diffusion%20large.pdf

ONCEA, 2014. Panorama de la quantification de l'évolution nationale des surfaces agricoles. MAAF, 126 p. https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/140514-oncea_rapport_cle0f3a94.pdf

Paini *et al.*, 2016. Global threat to agriculture from invasive species. *PNAS*, 113, 7575-7579. <https://www.pnas.org/content/pnas/113/27/7575.full.pdf> une analyse de cet article est disponible à <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/les-especes-envahissantes-une-menace-pour-lagriculture-mondiale/>

Roques A., 2010. Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2. In: Roques A *et al.* (Eds) Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk* 4(1): 11–26. doi: 10.3897/biorisk.4.70

Sénat, 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport d'information n°261/2000-2001 de Mr Gérard Miquel. <https://www.senat.fr/rap/I00-261/I00-261.html>

Tosser V. *et al.*, 2014. Evaluation des stocks de carbone organique des sols cultivés de France. *Etude et Gestion des Sols*, 21, 7-23.

III. Module B : PRATIQUES ET ORGANISATION

Ce module renvoie aux pratiques agricoles et à l'organisation des systèmes agricoles, c'est-à-dire à l'ensemble des paramètres liés à l'agriculture à l'échelle de l'exploitation agricole et pouvant influencer sur la biodiversité au sein des milieux agricoles.

Nous avons identifié cinq groupes de facteurs à documenter :

- la diversité des espèces animales d'élevage et des plantes cultivées ;
- les pratiques favorables à la biodiversité ;
- l'utilisation des intrants (engrais, produits phytosanitaires et vétérinaires) ;
- la diversité paysagère ;
- les certifications et signes de qualité.

III. a) La diversité cultivée animale et végétale

III. a) 1. Diversité végétale

i) Diversité spécifique

Nous avons utilisé les données des Recensements généraux agricoles pour les années 1970, 1979, 1988 et 2000 et 2010³¹ pour décomposer les cultures de France métropolitaine³² en 40 postes (Annexe 4). Le tableau 18 et la figure 19 résument ces évolutions pour les 12 principaux agrégats. On observe en particulier une stabilité des cultures de céréales (mais avec des substitutions), une régression forte des surfaces toujours en herbe et des cultures permanentes et un essor des oléo-protéagineux et des cultures florales et légumières.

Tableau 18 : surfaces (en ha) des principaux agrégats de 1970 à 2010 (Source RGA)

	1970	1979	1988	2000	2010	2010%1970
Céréales	9200933	9742335	9103322	9027086	9225066	100,3
Oléagineux, protéagineux, plantes à fibres	417454	445932	2475889	2517707	2692665	645,0
Cultures industrielles	461998	608354	510477	514232	479991	103,9
Fourrages et superficies toujours en herbe	16639612	16218088	14617672	13000533	12542527	75,4
Pommes de terre et tubercules	310968	204271	142804	157819	154435	49,7
Légumes secs	22480	10870	10015	10962	18565	82,6
Légumes frais, fraises, melons	47066	41440	254364	247773	201652	428,4
Fleurs et plantes ornementales	5991	5936	7101	8915	9329	155,7
Vignes	1205432	1092710	951557	887209	788620	65,4
Cultures permanentes entretenues	281627	237994	229068	233702	212365	75,4
Jachères	360500	247034	243215	1226698	624326	173,2
Jardins et vergers familiaux	72214	65813	50315	23676	13711	19,0

A partir de ces données, on peut calculer des indices de diversité, par exemple l'indice de Simpson ($1/\sum p_i^2$), p_i étant la proportion de chacune des cultures. Nous avons calculé trois séries, pour les 40 postes (tous usages), en excluant les surfaces toujours en herbe (cultures au sens strict) et, enfin, en se limitant aux cultures annuelles. La figure 20 présente les résultats obtenus. L'augmentation

³¹ Source https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-saiku/?plugin=true&query=query/open/G_1013#query/open/G_1013

³² On ne dispose de données similaires pour les DOM que depuis 2006.

« paradoxale » de l'indice « tous usages » résulte en particulier du fait que le poste des surfaces toujours en herbe occupait une part importante de la SAU (42%) en 1970 et a décru fortement.

Figure 19 : répartition des principaux agrégats en 1970 et 2010

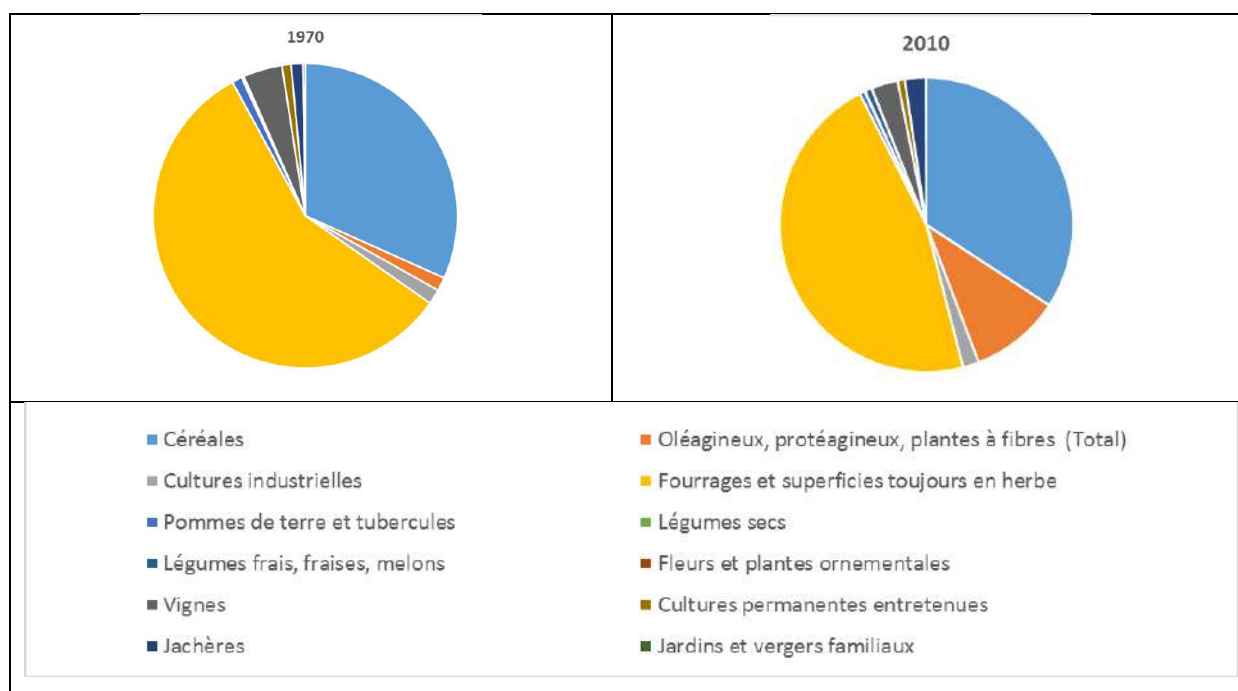
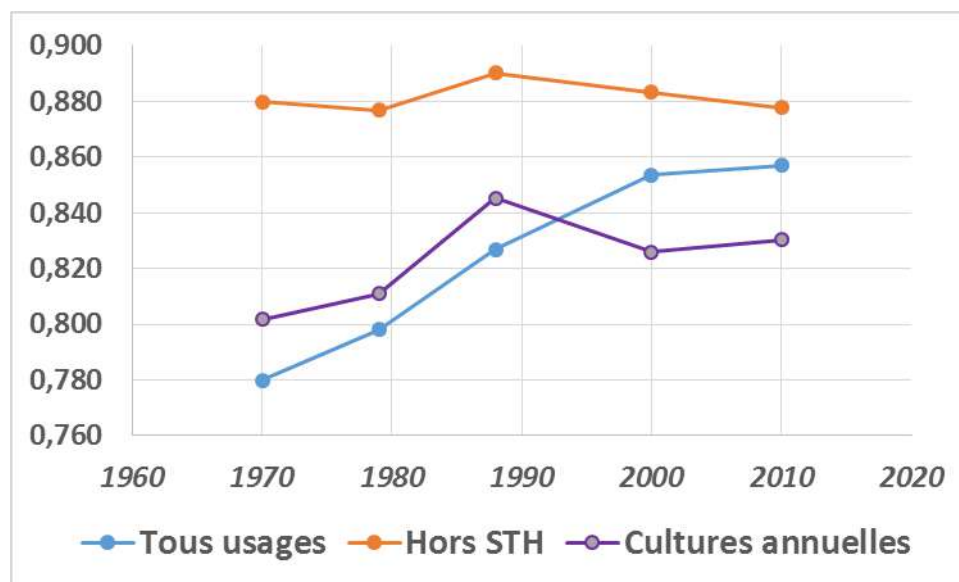


Figure 20 : Evolution de l'indice de Simpson de la diversité des cultures (source RGA)

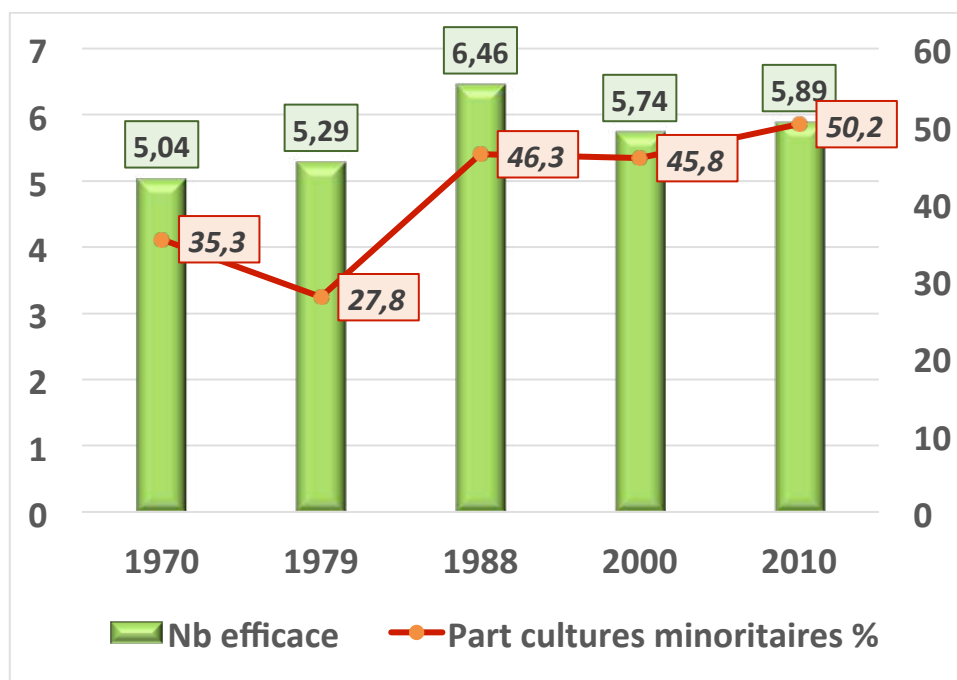


Compte-tenu de l'existence d'autres indicateurs pour caractériser l'évolution des surfaces toujours en herbe, nous proposons de nous limiter aux cultures annuelles en proposant deux indicateurs :

- Le nombre efficace de cultures ($1/(1-S)$), S étant l'indice de diversité de Simpson ;
- La part des cultures minoritaires, c'est-à-dire la part des surfaces consacrées aux cultures autres que le blé tendre, les orges et le maïs (grain ou ensilage).

Les deux indicateurs montrent (figure 21) une certaine diversification des cultures après 1979, qui résulte en particulier du développement des oléagineux (colza et tournesol, qui passe de 3,4% des surfaces en 1979 à 15,1% en 2010) et des céréales « secondaires » (blé dur et triticale). On observe cependant une stabilité de la situation depuis 1988.

Figure 21 : Évolution du nombre efficace de cultures annuelles (histogramme) et de la part des cultures minoritaires (hors blé tendre, orge et maïs) entre 1979 et 2010 (Humanité et Biodiversité, source des données : RGA)



En utilisant les données des statistiques agricoles annuelles (qui ne sont pas strictement comparables aux données des RGA), il semble que cette diversification augmente légèrement depuis 2000 et surtout depuis 2010 mais qu'elle affecte inégalement les Régions (tableau 19).

Tableau 19 : Évolution du nombre efficace de cultures annuelles dans les différentes régions entre 2000 et 2017 (source : SAA)

	2000	2010	2017
ENSEMBLE France	4,47	4,38	4,55
Ile-de-France	3,45	3,81	3,80
Centre-Val de Loire	3,56	3,67	3,89
Bourgogne-Franche-Comté	3,98	4,13	4,32
Normandie	3,06	3,1	3,30
Hauts-de-France	3,49	3,64	3,57
Grand Est	4,16	4,27	4,28
Pays de la Loire	3,63	3,34	3,47
Bretagne	4,35	4,23	4,11
Nouvelle-Aquitaine	4,58	4,59	5,16
Occitanie	4,94	4,51	5,20
Auvergne-Rhône-Alpes	5,18	4,67	5,03
Provence-Alpes-Côte d'Azur	4,36	4,22	5,45
Corse	8,15	6,24	8,09

On observe en effet que la plupart des Régions situées au nord de la Loire et déjà moins diversifiées que la moyenne nationale en 2000 ne se diversifie pas ou peu. C'est le cas de l'Île de France, des Hauts de France, du Grand Est, des Pays de Loire ou de la Bretagne et de la Normandie. A l'inverse, des régions déjà plus diversifiées que la moyenne et situées plus au sud (Centre Val de Loire, Bourgogne-Franche Comté, Nouvelle Aquitaine, Occitanie, PACA) poursuivent leur diversification, ce qui conduit à augmenter les écarts entre les Régions.

Propositions d'indicateurs

Indicateur B1 : Nombre efficace de cultures
Chiffre clé : 5,89, valeur de l'indice (1/1-S), S étant l'indice de diversité de Simpson en 2010.
Message clé : Légère diversification des cultures après 1979 suivie par une certaine stabilité de la situation depuis 1988. La diversification semble reprendre dans certaines régions depuis 2010.
Indicateur B2 : Part des cultures minoritaires (autres que le blé tendre, les orges et le maïs grain ou ensilage)
Chiffre clé : 50,2%, part des surfaces consacrées aux cultures autres que le blé tendre, les orges et le maïs (grain ou ensilage) en 2010.

ii) *Diversité intra spécifique*

L'analyse de la diversité spécifique est souvent réalisée à partir de catalogues de variétés commercialisées ou de données portant sur des collections conservées *ex situ*. Cette approche ne rend pas compte de la diversité effectivement mise en place sur le terrain, diversité qui peut moduler diverses autres composantes de la biodiversité, selon les variétés utilisées et les pratiques culturales (abondance de la flore adventice, entomofaune associée...).

C'est pourquoi il nous semble nécessaire de tenir compte également des données sur les surfaces cultivées.

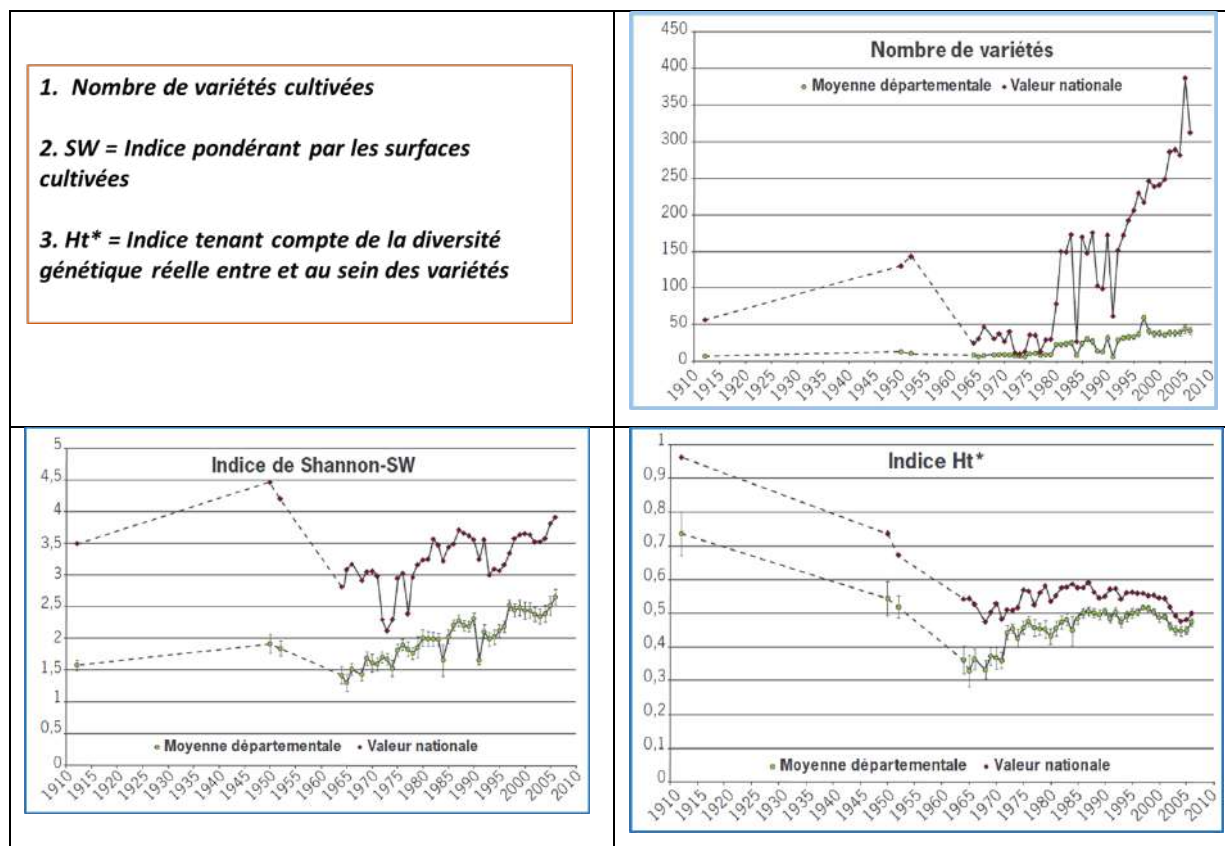
Une deuxième limite est que cette diversité variétale ne reflète qu'imparfaitement la diversité génétique, les différentes variétés pouvant être génétiquement plus ou moins proches et plus ou moins homogènes. Une étude réalisée par Goffaux *et al.* (2011) sur la diversité du blé tendre depuis 1909 montre bien les différences entre ces approches (figure 22) :

- Le graphique « nombre de variétés » est un recensement des variétés disponibles au niveau des départements et au niveau national mais ne tenant pas compte des surfaces cultivées. On observe une réduction marquée du nombre de variétés de 1950 à 1965, suivi d'une augmentation considérable de ce nombre au niveau national depuis 1990.

- le graphique « Indice SW » (Indice de Shannon- Wiener) mesure cette diversité en tenant compte des surfaces cultivées. La progression au niveau national est beaucoup moins nette dans la période récente mais plus marquée au niveau départemental.

- enfin, une mesure directe de la diversité génétique par des marqueurs moléculaires (Indice Ht*) montre plutôt une stagnation de cette diversité génétique depuis les années 80, cette diversité semblant en outre inférieure à celle du début du siècle.

Figure 22 : mesure de l'évolution de la diversité génétique du blé tendre cultivé en France par diverses méthodes (Goffaux et al., 2011)



Proposition d'indicateurs

Nous proposons d'utiliser cette étude sur le blé tendre, qui représente la plus importante culture française en termes de surface, pour définir des indicateurs de diversité. Les données antérieures à 1965 étant imprécises, nous proposons de nous limiter à la période 1965-2006 et de fournir deux indicateurs :

- l'évolution annuelle, pour l'ensemble de la France, de la diversité cultivée des variétés, pondérée par leur surface (Indice de Shannon) ;
- l'évolution annuelle, également pour l'ensemble de la France, de la diversité génétique (Indice Ht*).

Indicateur B3 : Évolution annuelle de la diversité des variétés cultivées

Chiffre clé : +1%, évolution annuelle de l'indice de Shannon de 1965 à 2010.

Message clé : progression sensible de cette diversité, tant au niveau national qu'au sein des départements.

Indicateur B4 : Évolution de la diversité génétique des variétés cultivées (diversité intra et inter-variétés)

Chiffre clé : quasi nulle, évolution de l'indice Ht* de 1965 à 2010

Message clé : la diversification des variétés se fait au sein d'un patrimoine génétique sensiblement constant.

III. a) 2. Diversité animale

i) Diversité spécifique

Pour estimer la diversité spécifique des animaux d'élevage, on dispose, pour les grands mammifères :

- des données de Rieucou (1964) pour la période 1840-1964 ;
- des données du RGA (tous les dix ans environ) ;
- des données des statistiques agricoles annuelles, en ligne pour la période 2000-2017.

Pour les chevaux, on a combiné les estimations de l'IFCE (Institut français du cheval et de l'équitation)³³, qui incluent les animaux qui ne sont pas dans les exploitations agricoles et celle des statistiques agricoles³⁴. Les données de la période 1990 à 2017 sont des estimations indirectes (voir note méthodologique).

Note méthodologique : la population de chevaux

On dispose par les statistiques agricoles d'une estimation du nombre d'équidés dans les exploitations agricoles. La proportion de chevaux est assez stable autour de 93%, le reste étant constitué d'ânes, mulets et bardots. Par ailleurs, du fait de l'identification obligatoire depuis 2009, on dispose d'une estimation du nombre total d'équidés, qui montre que la proportion d'animaux dans les exploitations agricoles représente environ 42% des effectifs totaux. C'est en combinant ces deux séries qu'ont été obtenues les estimations pour la période 1988-2017, qui intègrent donc l'ensemble du cheptel équin.

L'ensemble de ces données est résumé dans le tableau 20 et les figures 23 et 24.

On dispose en outre d'un tableau de synthèse de l'Agence du médicament vétérinaire tiré de la base AGRESTE (ANSES, 2018), qui présente l'évolution de 1999 à 2017 des biomasses en élevage pour les différentes espèces.

Tableau 20 : Évolution des effectifs (en milliers) des principaux mammifères d'élevage

Espèces	1840	1886	1913	1938	1964	1988	2000	2005	2011	2017
Chevaux	2818	2938	3222	2692	1462	749	1010	1022	1012	1162
Bovins	9936	13275	14336	15622	20457	21217	21256	19421	18975	18827
Ovins	32151	22688	10131	9872	8927	11499	9532	9093	7642	6885
Caprins	964	1553	1435	1416	1129	888	1209	1264	1340	1236
Porcins	4911	5774	7036	7127	9011	12212	14951	14833	13872	12830
	1840 à 1964 Article de Rieucou (1964)									
	1988 RGA sauf pour chevaux. Voir note méthodologique pour les estimations des chevaux									
	2000 à 2017 Statistiques annuelles agricoles									

On observe la régression considérable des cheptels ovins, divisé pratiquement par 5 depuis 1840, cette diminution étant entamée dès la fin du 19^{ème} siècle, et du cheptel équins, divisé par 3 depuis la première guerre mondiale. On constate par contre une certaine stabilité du cheptel caprin, qui a même augmenté depuis la fin du 20^{ème} siècle. A l'inverse, on notera l'essor des productions bovines et porcines jusqu'en 2000, suivie d'une tendance à la baisse à partir de cette date.

³³ https://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2016/12/OESC-CHIFFRES_CLES_2016.pdf

³⁴ voir https://www.franceagrimer.fr/content/download/3131/17012/file/chevaux_20103.pdf

Figure 23 : Évolution de la composition du cheptel des principaux mammifères d'élevage de 1840 à 2017 (graphique Humanité et Biodiversité).

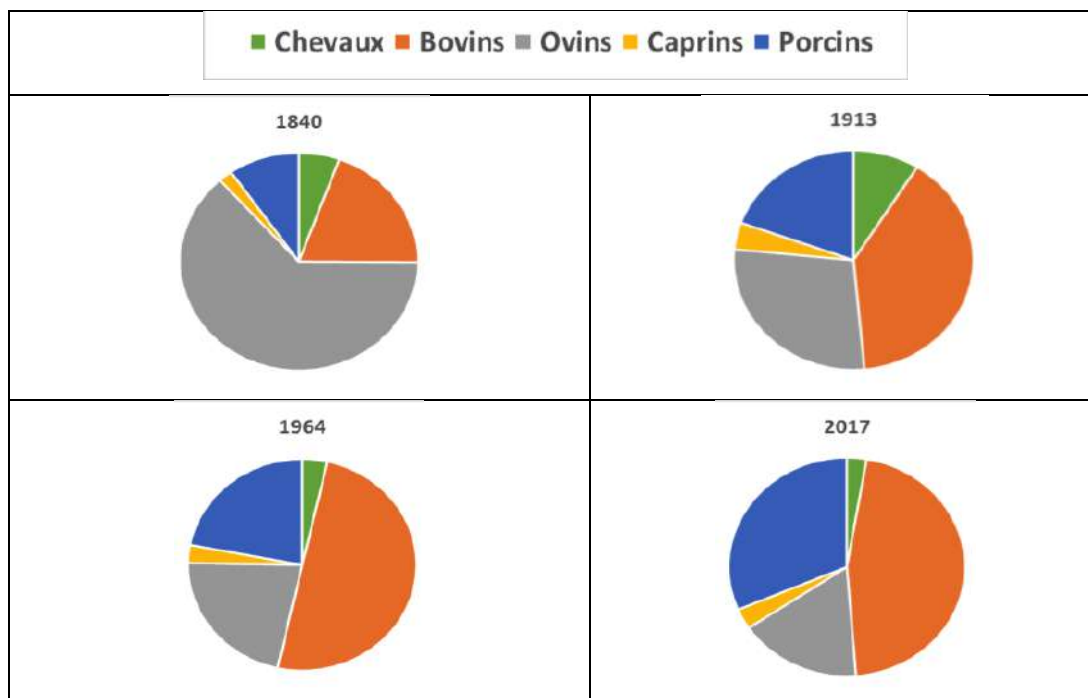
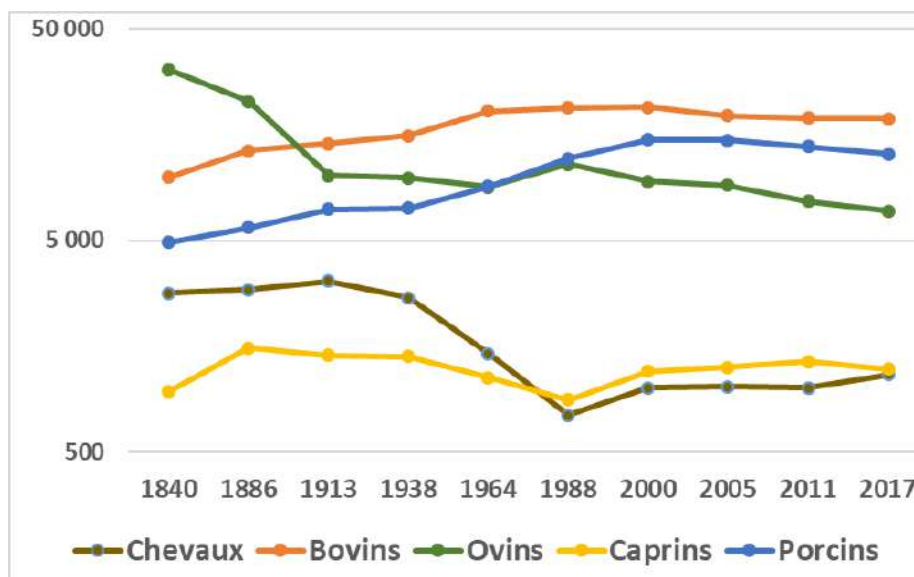


Figure 24 : Évolution des effectifs des principaux mammifères d'élevage de 1840 à 2017 (échelle logarithmique) (Graphique Humanité et Biodiversité)



Pour préciser l'importance globale de ces élevages, deux options ont été explorées.

La première est de transformer ces effectifs en UGB pour mesurer l'évolution de la biomasse en élevage. Nous avons utilisé les coefficients moyens de l'Union européenne³⁵ en tenant compte, pour les bovins et les porcins, de la répartition des âges dans la population 2017 (tableau 21).

³⁵ http://www.puy-de-dome.gouv.fr/IMG/pdf/7-conversion_ugb.pdf

Tableau 21 : Coefficients UGB utilisés

Type	%	UGB
Equins*	100	1
Bovins de plus de 2 ans	54	1
Bovins de 1 à 2 ans	18	0,6
Bovins de moins d'un an	28	0,4
TOTAL Bovins	100	0,76
Ovins-Caprins	100	0,15
Porcins de moins de 50kg	51	0,3
Porcins de plus de 50 Kg	49	0,5
TOTAL Porcins	100	0,4

* Le coefficient 1 concerne des animaux de plus de 6 mois mais nous ne disposons pas de détails sur la composition en âge du cheptel équin.

Les résultats de ces calculs figurent en annexe 3.

On observe (figure 25) que le nombre d'UGB total est passé de 17,3 millions en 1840 à 21,7 millions en 2017, avec un maximum à environ 25 millions dans les années 2000. Ce pic résulte principalement de l'essor des productions porcines, l'évolution des UGB herbivores étant moins marquée. On notera que, depuis le pic de l'an 2000, le nombre d'UGB a baissé de 12% pour le total des UGB et de 6% pour les UGB herbivores. Cette réduction est donc plus limitée que celle des espaces toujours en herbe évoquée précédemment (9,1% pendant la même période), du fait d'une certaine intensification de ces productions.

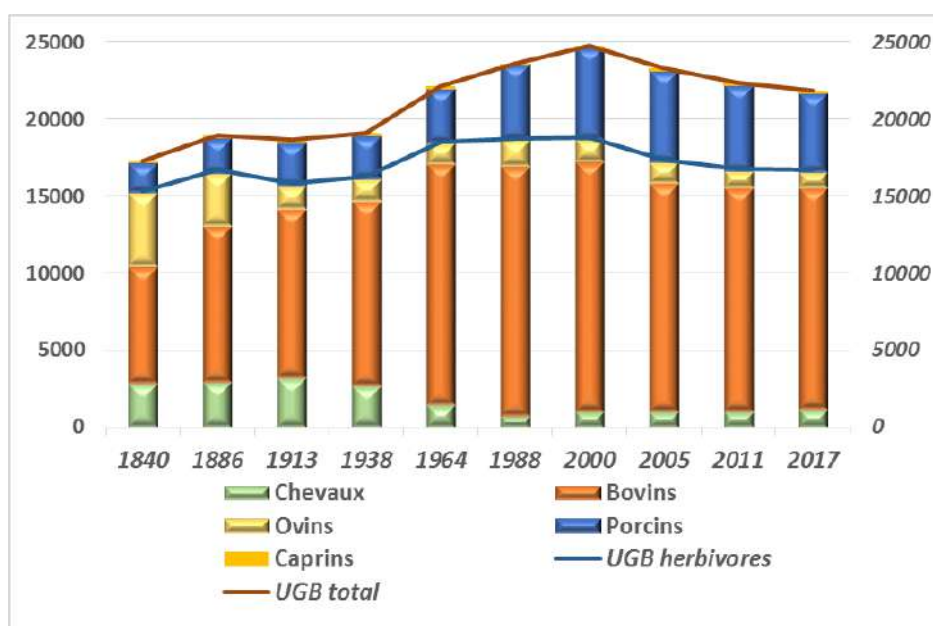
La seconde approche est d'utiliser la biomasse totale en élevage, en se basant sur les données de l'ANSES (tableau 22). Cette approche permet d'intégrer les petites espèces d'élevage (volailles diverses et lapins) mais est limitée à la période 1999-2017. On constate que la biomasse³⁶ des petites espèces représentait plus de 3 millions de tonnes en 1999 (17% du total) mais a baissé de 14% sur la période et sa part n'était plus que de 14,9% en 2017.

Tableau 22 : Évolution des biomasses (en tonnes) des espèces d'élevage de 1999 à 2017 (ANSES, 2018)

	TOTAL GRANDS HERBIVORES	Porcins	Volailles	Lapins	TOTAL VOLAILLES et LAPINS	TOTAL GNL	VOLAILLES LAPINS %
1 999	11 457 878	3 198 285	2 907 401	138 967	3 046 368	17 702 531	17,2
2 010	10 519 349	3 027 512	2 361 950	99 916	2 461 866	16 008 727	15,4
2 017	10 131 689	2 817 608	2 181 565	88 867	2 270 432	15 219 729	14,9

³⁶ Il s'agit des biomasses en élevage et non des productions annuelles. Les espèces à cycle court comme les volailles et les lapins, qui peuvent avoir plusieurs bandes d'élevage successives la même année, contribueront davantage à la production de produits animaux que les grands herbivores.

Figure 25 : Évolution du nombre d'Unités gros bovins d'élevage



Choix d'un indicateur

Le faible nombre d'espèces concernées rend peu pertinent le calcul d'un indicateur de diversité spécifique. En revanche, il nous semble important de mettre en évidence l'importance de la biomasse des animaux d'élevage, sans rentrer ici dans les débats sur les divers effets, positifs ou négatifs, de ces élevages sur la biodiversité. **La notion d'UGB n'est pas très familière pour le grand public et nous proposons plutôt de rapporter la biomasse en élevage à la population française (228 kg par habitant en 2017), avec comme indicateur secondaire la part des herbivores (chevaux, bovins, ovins et caprins) dans cette biomasse (66,6% en 2017).** Le tableau 23 résume ces données pour la période 1999-2017. Pour calculer des données antérieures, il faudrait disposer des poids moyens des animaux à chaque date, qui ont sans doute notablement évolué.

A noter également que ces proportions ne reflètent pas la proportion de ces différentes espèces dans l'alimentation du fait, d'une part, d'une productivité annuelle plus importante des animaux à courte durée d'élevage (porcins et volailles) et, d'autre part, des importations éventuelles. Ainsi, en 2018, la consommation de viande de porc et de volaille représentait 73% de la consommation totale de viande des français³⁷.

Tableau 23 : Biomasse des animaux d'élevage par habitant et part des herbivores dans cette biomasse (source : ANSES/ANMV)

Année	Habitants (millions)	Biomasse par hb (Kg)	Part des herbivores (%)
1999	60,12	294	64,7
2010	64,61	257	65,7
2017	66,76	228	66,6

³⁷ <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/consyn337201903consommato.pdf>

Indicateur B5 : Biomasse d'animaux d'élevage par habitant

Chiffre clé : 228 kg/habitant, biomasse d'animaux d'élevage par habitant en France métropolitaine en 2017.

Chiffre secondaire : 66,6%, part des herbivores (chevaux, bovins, ovins et caprins) dans la biomasse des animaux d'élevage en France en 2017

Message clé : baisse sensible depuis 2000 (- 23%) avec maintien de la part des herbivores, liée essentiellement au cheptel bovin.

ii) La diversité intraspécifique

• rappel des données disponibles

On dispose principalement de données sur les races bovines.

Les premiers livres généalogiques datent du 19^{ème} siècle mais un arrêté du 1^{er} octobre 2004 a précisé « *Les races des espèces bovine, caprine, ovine et porcine officiellement reconnues, et pour lesquelles des actions d'amélioration génétique ou de conservation peuvent, le cas échéant, être encouragées* ». 45 races bovines ont fait l'objet de cette reconnaissance. La liste actuelle (arrêté ministériel du 27 février 2018 modifiant l'arrêté du 29 avril 2015) comprend 50 races.

Pour les effectifs de ces races, on dispose des données suivantes :

- l'article de Rieucou (1964), qui fournit les effectifs de 17 races en 1958, en précisant que : « *Les autres races sont représentées par moins de 50 000 unités mais les produits de croisement s'élèvent à 2 425 000 soit 13,5 % du total* ».

A l'époque, l'intérêt pour la diversité apparaît assez limité. Il ajoute en effet « *Le nombre des races bovines est excessif en France : 30 races et de nombreuses sous-races. C'est une double entrave : vis-à-vis de nos spécialistes qui sont freinés, dans leur volonté d'améliorer les grandes races, par une série d'intérêts mineurs ; vis-à-vis de l'étranger qui est dérouter au moment des achats. [...] Il faudrait aboutir à concentrer 80 % du cheptel de race pure en 6 races* ».

- les données des RGA de 1979, 1988 et 2000, qui sont synthétisées par Raboisson (2004) pour 13 races laitières et 12 races allaitantes.

- La BNDI (Base nationale des données d'identification), qui enregistre annuellement toutes les données. AGRESTE publie de temps en temps des synthèses³⁸ de ces données. Cette base de données n'est pas en accès public mais le ministère de l'agriculture nous a fourni les données pour les années 2000 à 2017.

L'annexe 2 présente les données issues de ces différentes sources et que nous avons utilisées. La figure 26 présente l'évolution de la proportion de ces différentes races sur l'ensemble de la période pour les principales races.

On constate que des évolutions majeures se sont produites au cours des années soixante. On observe en particulier :

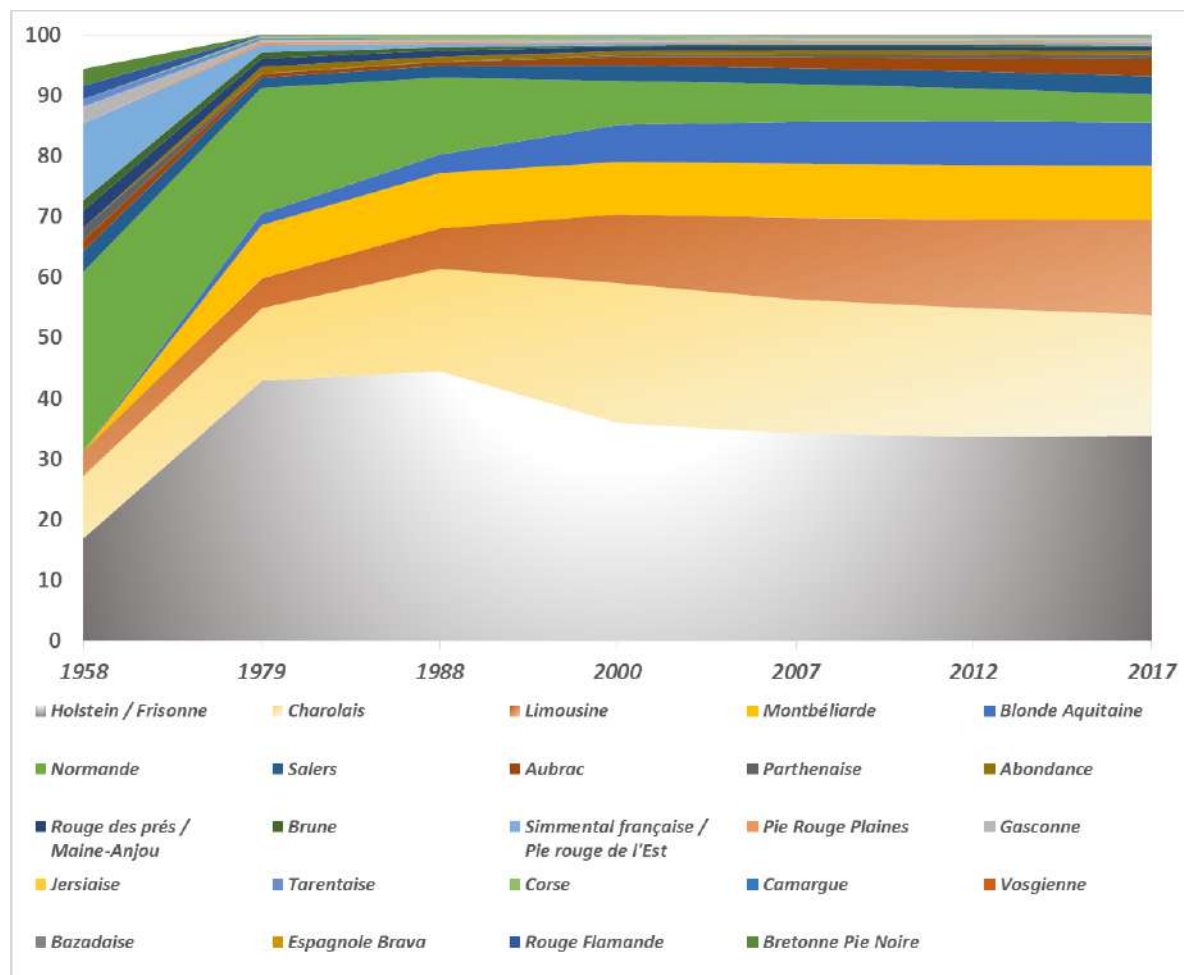
- la forte progression de la race laitière Holstein (créée à partir de la race Frisonne à partir de 1970 par des croisements massifs avec des taureaux canadiens de race Holstein) entre 1958 et 1988 (elle représente alors plus de 40% du cheptel), puis une certaine régression ;

- la régression considérable de la race mixte Normande, qui représentait près de 30% du cheptel en 1958 et dont la proportion est aujourd'hui inférieure à 5% ;

³⁸ voir par exemple <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/conjinfoprap201504bvfr.pdf>

- le fort développement de trois races à viande (Charolaise, Limousine, Blonde d'Aquitaine), qui représentent aujourd'hui plus de 40% du cheptel, contre moins de 20% en 1958.

Figure 26 : Évolution de la proportion des principales races bovines françaises de 1958 à 2017 (graphique Humanité et Biodiversité).



A partir de ces données, on peut calculer divers indices de diversité :

- l'indice de diversité de Simpson corrigé :

$$S = n/(n-1) \times (1 - \sum p_i^2)$$

n étant le nombre de races observées. La correction $n/(n-1)$ tient compte du fait que toutes les races ne sont pas observées. Cet indice varie entre 0 (une seule race) et 1 (un grand nombre de races d'effectifs égaux) ;

- à partir de cet indice, on peut calculer l'effectif efficace N_e ($N_e = 1/[1-S]$). Cet effectif traduit la spécialisation du troupeau. Il est égal au nombre de races quand toutes les races sont en effectifs égaux et tend vers zéro lorsqu'un petit nombre de races prend une part prédominante ;

- le TOP5, c'est-à-dire le rapport entre les effectifs des cinq principales races et l'effectif total, qui donne une mesure de la concentration de l'élevage sur quelques races ;

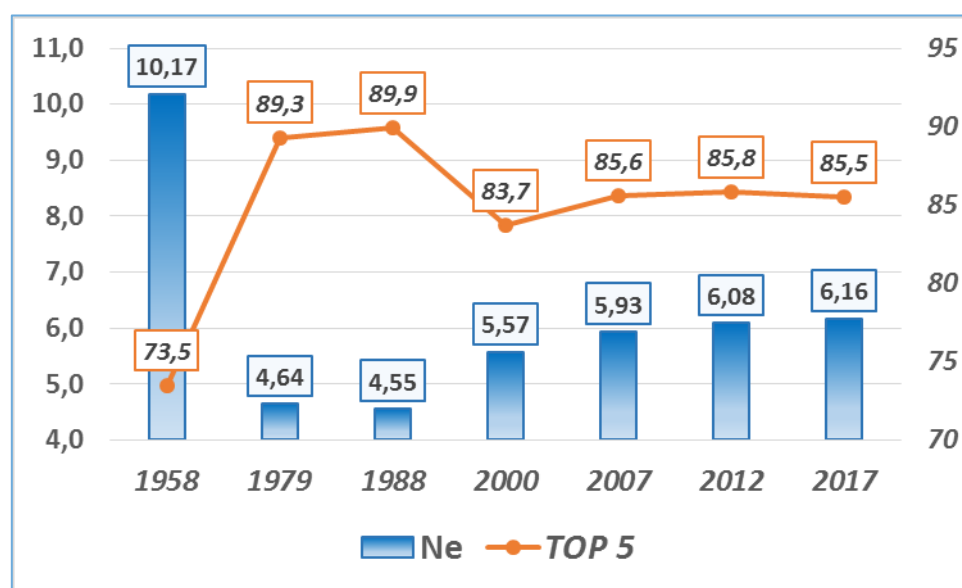
La figure 27 présente ces deux indices. On observe :

- que les indices de diversité ont chuté fortement entre 1958 et 1979. Cela résulte en particulier du fort développement des races Holstein (pour le lait) et Charolaise (pour la viande). En 1988, ces deux

racas représentaient à elles seules 61% des effectifs totaux. Cette érosion résulte également de la diminution importante de nombreuses petites races locales. Ainsi, l'ensemble des six « petites » races Tarentaise, Bretonne Pie noire, Parthenaise, Gasconne, Brune des Alpes et Rouge flamande représentait au total 12,7% des effectifs bovins de 1958. Cet effectif n'était plus que de 0,75% en 1988³⁹ ;

- que ces indices amorcent une lente amélioration depuis cette période. Cependant, cette amélioration est surtout due à l'évolution des proportions des « grandes races », avec une réduction de la part de la race Holstein, qui reste majoritaire. Les six petites races mentionnées précédemment ont légèrement progressé mais ne représentaient en 2017 que 1,6% des effectifs.

Figure 27 : Évolution de l'effectif efficace de Simpson et du TOP5 pour les races bovines françaises (graphique : Humanité et Biodiversité)



Proposition d'indicateurs

Deux options nous semblent possibles pour traduire cette lente remontée de la diversité depuis le creux de 1979.

La première est d'utiliser l'indice de Simpson et de prendre comme indicateur l'effectif efficace des races bovines en 2017 (6,16), avec comme indicateur secondaire la progression de cet indicateur depuis 1988 (+ 35%). Cette option est la plus satisfaisante sur le plan scientifique. Cependant, la notion d'effectif efficace est difficile à expliquer au grand public.

Indicateur B6 : Effectif efficace des races bovines en France

Chiffre clé : 6,16 en 2017, effectif efficace des races bovines en France.

Chiffre secondaire : +35%, progression de l'effectif efficace des races bovines en France depuis 1988.

³⁹ IL faut cependant rappeler que les données de 1958 ne sont pas strictement comparables au reste de la série. Elles portent sur les bovins totaux alors que les autres données se réfèrent au nombre de vaches (soit environ un tiers des effectifs de bovins) et les sources utilisées par l'article de Rieucau (1964) ne sont pas clairement citées.

Message clé : Diminution importante de nombreuses petites races locales de 1958 à 1979 puis lente remontée de la diversité depuis le creux de 1979.

La seconde option est de s'appuyer sur le TOP5 ou le TOP3 pour définir un indicateur « proportion des races minoritaires dans le cheptel bovin », défini comme la part des races n'appartenant pas aux 5 ou aux 3 races majoritaires (tableau 24). Même si les races appartenant au TOP3 ou au TOP5 ont changé au cours du temps (disparition de la Normande, essor de la Limousine), cet indicateur est sans doute plus parlant pour le grand public et traduit également cette légère remontée de la diversité (en particulier celui issu du TOP3, qui intègre un plus grand nombre de races).

Tableau 24 : Évolution de la proportion des races bovines minoritaires

Années	1958	1979	1988	2000	2007	2012	2017
Hors TOP3	40,8	24,4	26,0	29,7	30,2	30,5	30,6
Hors TOP5	26,5	10,7	10,1	16,3	14,4	14,2	14,5

Indicateur B7 : Proportion des races minoritaires dans le cheptel bovin

Chiffre clé : 30,6 %, bovins issus d'une race différente de celles du top 3 (en 2017).

Chiffre secondaire : 14,5 %, bovins issus d'une race différente de celles du top 5 (en 2017).

Message clé : Diminution importante de nombreuses petites races locales de 1958 à 1979 puis lente remontée de la diversité depuis le creux de 1979.

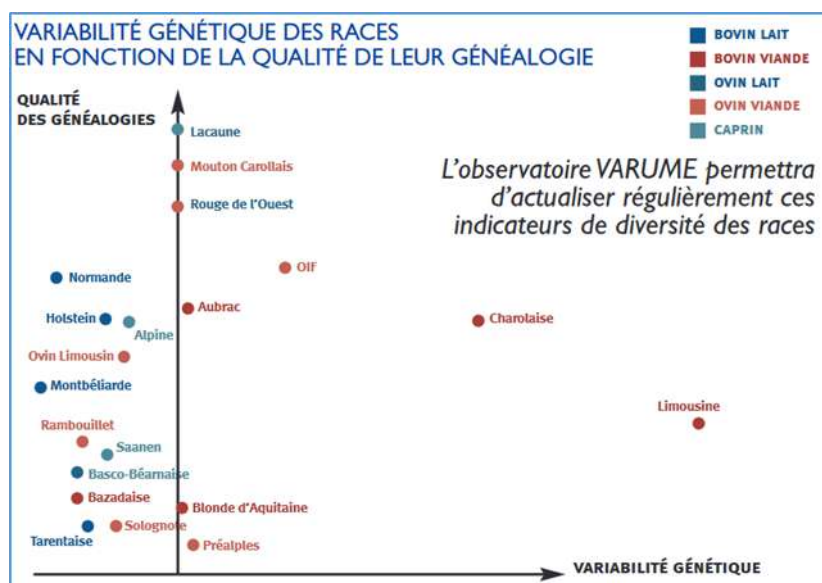
Cette approche de la diversité intraspécifique par la diversité des races a cependant deux limites, que nous avons évoquées précédemment pour la diversité végétale :

- elle ne tient pas compte de la proximité génétique plus ou moins forte entre les races ;
- elle n'intègre pas la diversité au sein de chaque race, qui peut être plus ou moins importante.

Il conviendrait donc d'engager un travail complémentaire dans ce domaine, en s'appuyant par exemple sur le programme VARUME⁴⁰, piloté depuis 2012 par l'Institut de l'élevage et qui vise à utiliser les données généalogiques et génomiques pour estimer la variabilité au sein des races bovines et ovines. Ce programme montre notamment (figure 28) que la variabilité génétique (estimée par les données généalogiques) est beaucoup plus forte dans les races bovines allaitantes (Limousine, Charolaise) que dans les races laitières (Holstein, Normande), alors que ces dernières ont des effectifs souvent plus importants.

⁴⁰ http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Osiris_20Varume_BD.pdf

Figure 28 : Diversité génétique des races bovines et ovines (programme VARUME)



III. b) Pratiques favorables

Pour renseigner les pratiques favorables à la biodiversité, 4 thèmes ont été identifiés :

- 1. La diversité des assolements ;
- 2. Les surfaces enherbées (arboriculture et viticulture) ;
- 3. La couverture hivernale ;
- 4. Les surfaces sensibles à l'érosion hydrique.

III. b) 1. Diversité des assolements et des rotations

L'assolement correspond à la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, les soles, consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Au sein de chaque sole, des cultures se succèdent et peuvent varier d'une année à l'autre, on parle de succession culturale ou de rotation. Finalement l'assolement correspond à la diversité géographique des cultures à un moment donné, tandis que la rotation est la diversité des cultures d'une sole au cours du temps.

i) Assolements

Concernant la diversité des assolements, nous avons identifiés les deux indicateurs suivants :

- L'indicateur mis au point par Solagro « **indicateur de diversité des assolements** » et utilisant **les recensements agricoles 1970 et 2000** (Pointereau et Bisault, 2006). Il est obtenu à partir du calcul des indices de diversité de chaque commune (annexe 5) ;

- et l'indicateur du rapport d'avancement du comité d'évaluation de la politique agro-écologique, intitulé « **diversité moyenne des cultures arables par exploitation** », issu des données des déclarations PAC (Agence de Services de Paiement)

Nous avons écarté la piste d'un indicateur construit à partir des données PAC car l'indicateur « diversité moyenne des cultures arables par exploitation » est uniquement calculé pour l'année 2013 et que **les valeurs PAC sont confidentielles avant 2015**, et sont détenues par les DRAAF. Afin d'avoir le jeu de données au niveau national, il faudrait contacter les DRAAF une par une. Nous avons alors deux indicateurs inspirés du travail de Solagro :

- l'évolution de la diversité des assolements (cultures et prairies) des exploitations de 1970 à 2010 (en % d'évolution de l'indice de diversité des assolements) ;
- la diversité des assolements (moyenne nationale des scores de diversité des assolements).

Toutefois, concernant l'indicateur Solagro, nous avons identifié plusieurs freins qui nous font pencher en faveur d'autres indicateurs sur les assolements :

- la métrique de cet indicateur est en ha^{-1} et nous paraît peu intuitive pour le grand public. Dans un souci d'interprétation des résultats, utiliser une autre métrique nous paraît judicieux ;
- cet indice assigne la même valeur à une exploitation en polyculture (dont la part de chaque culture est inférieure à 10%) et à une exploitation dont toutes les surfaces sont herbeuses ;
- nous ne sommes pour le moment pas parvenus à rentrer en contact avec monsieur Philippe Pointereau.

Suite à un échange avec le SSP, nous avons pris connaissance d'un travail sur la diversité des assolements. En effet, plusieurs indicateurs ont été calculés (tableau 25), dont l'indicateur « **diversité moyenne des cultures arables par exploitation** » a été calculé par le SSP pour la période **2007-2014**, à partir des données PAC (RPG, source ASP). Ainsi, en 2015, les exploitations agricoles possédant des terres arables, ont en moyenne un indice de diversité de leurs cultures arables de 2,47 (figure 29).

Tableau 25 : Valeurs des indicateurs de diversité des cultures arables calculés par le SSP

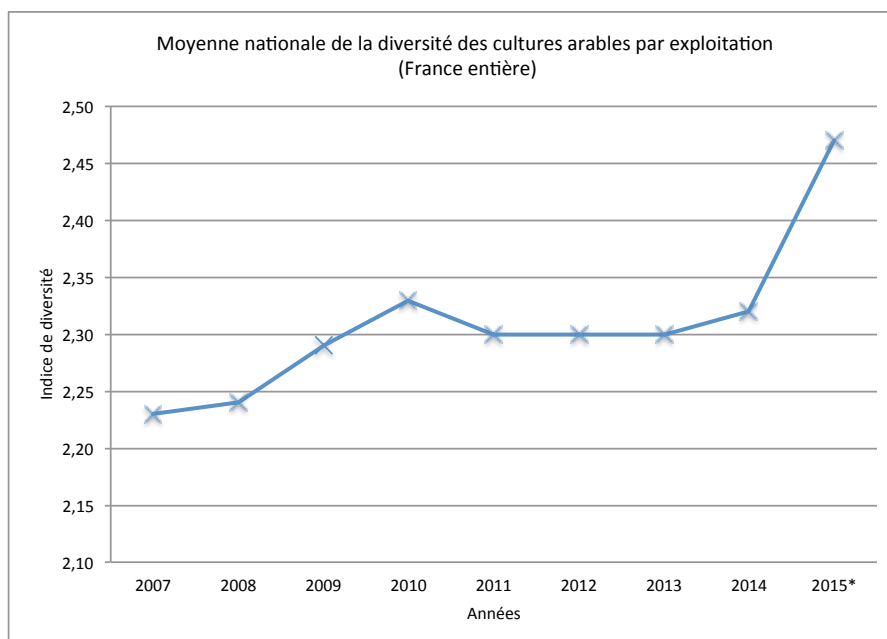
Indice de simpson	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015*
France entière									
Moyenne nationale de la diversité des cultures arables des exploitations	2,23	2,24	2,29	2,33	2,30	2,30	2,30	2,32	2,47
Moyenne nationale de la diversité des cultures arables des exploitations, pondérée par la surface de terres arables	2,89	2,87	2,99	3,07	3,00	3,02	3,01	3,03	3,23
France métropolitaine									
Moyenne nationale de la diversité des cultures arables des exploitations	2,27	2,27	2,33	2,37	2,34	2,34	2,34	2,36	2,52
Moyenne nationale de la diversité des cultures arables des exploitations, pondérée par la surface de terres arables	2,90	2,87	3,00	3,07	3,01	3,02	3,01	3,04	3,24

*changement de classification RPG en 2015 par rapport à 2007-2014

La particularité de cet indicateur par rapport à celui mis au point par Pointereau et al. (2007) est qu'il ne prend pas en compte les prairies permanentes et les prairies temporaires. Les cultures arables considérées regroupent principalement les grandes cultures, les cultures maraîchères, les cultures arboricoles et les prairies (annexe 4). L'indice de diversité est apparenté à une **moyenne du nombre de cultures par exploitations, pondérée par les surfaces** :

- l'indice est maximum lorsque chaque culture occupe la même surface ;
- il diminue lorsque le nombre de cultures baisse et lorsque les écarts de surfaces entre cultures s'accroissent

Figure 29 : Moyenne nationale de la diversité des cultures arables par exploitation (France entière)
 (source : SSP ; données brutes : données PAC). *changement de classification RPG en 2015 par rapport à 2007-2014



Le mode de calcul de l'indice est donné dans la note méthodologique ci-après.

Note méthodologique : mode de calcul de l'indice « diversité moyenne des cultures arables par exploitation » (SSP)

L'indicateur est la moyenne nationale de l'indice de diversité (D) calculé pour chaque exploitation selon la formule suivante : $D = 1 / \sum Pi^2$; avec $Pi = Si / STA$; avec Si , superficie de la culture i et STA , superficie de terres arables. La définition de « culture » est celle du « paiement vert » : un genre botanique équivaut à une culture (sauf pour les brassicacées, solanacées et cucurbitacées). Cultures d'hiver ou de printemps ne sont pas distinguées ici. Tout fourrage herbacé ou jachère de moins de 5 ans équivaut à une culture. Les prairies permanentes et les prairies temporaires ne sont pas prises en compte. Le calcul est effectué à l'échelle de la France entière et de la France métropolitaine sur la base des données disponibles depuis 2007. Enfin, en complément, une moyenne pondérée (par la surface de chaque exploitation) est également calculée.

Nous notons les limites/enjeux de cet indicateur :

- les données ASP connaissent des ruptures de séries à peu près tous les 6 ans : la nomenclature change à chaque réforme de la PAC ;
- la série de données se limite pour le moment à la période 2007-2015 : Il faudrait compléter cette série de données avec les données du Recensement Agricole-enquête structure (niveau national, régional et départemental) et/ou du recensement d'avant 2007. Toutefois il n'est pas possible de comparer les données à celles d'avant 2007 ou d'après 2014 ;
- les données d'avant 1970 ne sont pas numérisées et sont certainement consultables sous forme papier dans les archives ;
- le MAAF détient une importante quantité de données qui ne sont pas exploitées, et toute demande d'accès aux jeux de données par une personne extérieure au ministère est très réglementée (secret statistique).

Propositions :

Nous souhaiterions mettre au point un indicateur similaire à cet indice « diversité moyenne des cultures arables par exploitation » du SSP. Nous avons donc contacté **le SSP** qui a **lancé une consultation interne** afin de réfléchir à l'indicateur qu'il serait judicieux de construire ainsi qu'aux données mobilisables.

Une fois que le SSP sera revenu vers nous, l'ONB pourra faire une **demande officielle au Service de la Statistique et de la Prospective** pour qu'ils travaillent à l'élaboration d'un indicateur sur la diversité des assolements.

Notons, que l'indicateur calculé par le SSP représente la diversité mesurée au niveau de l'exploitation puis moyennée au niveau national. En terme de biodiversité, on peut se demander quelle échelle est-il le plus judicieux de considérer ? En effet, l'idéal serait l'échelle du paysage, mais comment la définir ?

Nous proposons également que le GT Agriculture reste attentif aux travaux de M. Philippe MARTIN, professeur à AgroParisTech travaillant notamment sur le développement de l'outil RPG Explorer (annexe 6).

ii) Rotations

Les dispositifs de la PAC encouragent la diversification des cultures, qui « pourrait améliorer la résilience économique des exploitations agricoles, leur flexibilité face aux aléas climatiques, et apporter de nombreux bénéfices environnementaux » (MAAF, 2012). Par exemple, les exploitants disposant d'au moins trois cultures, chacune représentant au moins 5 % de la sole cultivée peuvent bénéficier d'aides directes. L'ASP renseigne ces données dans la base de données spatiales RPG (Registre Parcellaire Graphique). Aussi, le MAAF relève quelques données sur les rotations via les enquêtes pratiques culturales en grandes cultures (enquête PK GC). Ainsi, **il existe deux sources principales de données pour les rotations : les données du RPG et celles des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures (enquête PK GC).**

Nous avons identifié deux indicateurs mis au point en 2016 et présentés dans le Rapport d'avancement du Comité d'évaluation de la politique agro-écologique :

- La part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans (unique valeur pour 2014) ;
- La part de surfaces avec plus de 3 espèces dans une rotation de 5 ans. (unique valeur pour 2014).

Nous proposons donc d'intégrer ces deux indicateurs du *Rapport d'avancement du Comité d'évaluation de la politique agro-écologique* :

- indicateur sur l'intégration des légumineuses dans les rotations

A partir de certaines figures provenant des rapports des enquêtes PK GC, il est possible de récupérer des données. Plus précisément, les enquêtes PK GC des années 2006, 2011 et 2014 fournissent des tableaux succincts sur la part de surfaces de grandes cultures occupées par chaque type de rotation (annexes 7 à 9).

Ainsi, il est possible de compléter la série de données de l'indicateur « part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans » (tableau 26).

Tableau 26 : Part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans (source : Humanité & Biodiversité, source des données : enquêtes PK GC des années 2006, 2011 et 2014)

	2001-2005	2006-2010	2010-2014
Part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans	7%	6%	8%

- indicateur sur le nombre d'espèces dans une rotation

Les enquêtes PK GC ne fournissent pas le détail du nombre d'espèces de cultures dans une rotation de 5 ans, mais seulement les espèces principales impliquées dans les rotations en question. Aussi la nomenclature de ces catégories change d'une campagne à l'autre.

Le SSP nous a communiqué la valeur de la part des surfaces ayant au moins 4 espèces dans leur rotation pour la période 2010-2014 et nous a fourni le détail de la nomenclature pour l'enquête PK GC 2014. Nous avons alors pu identifier les rotations avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans pour les années 2011 et 2014. Toutefois, la nomenclature pour l'année 2006 est trop différente et nous n'avons pas pu calculer la valeur correspondante (tableau 27).

Tableau 27 : Part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans

	2001-2005	2006-2010	2010-2014
Part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans	À calculer	74%	72%

- pistes d'Indicateurs à partir de RPG Explorer

Par ailleurs, en ce qui concerne les données de la base de données spatialisées RPG, celles-ci peuvent être analysées à l'aide du logiciel RPG Explorer. En effet, cet outil renvoie par exemple une table statistique décrivant la proportion de chaque séquence de cultures (une séquence par ligne). L'utilisation d'un tel logiciel nous permettrait donc d'élaborer des indicateurs sur les assolements et les rotations.

Afin d'en savoir plus sur les fonctionnalités de ce logiciel et sur la disponibilité des données RPG, nous avons contacté Monsieur Philippe Martin, professeur à AgroParistech travaillant en partie sur la valorisation des données des RPG et sur le développement du logiciel RPG Explorer.

Ainsi l'état des données RPG est le suivant (pour plus de détails voir la note méthodologique) :

- chaque DRAAF détient les données RPG régionales ;
- rupture de série en 2015 : les données avant 2015 détaillent l'occupation du sol principale (échelle de l'îlot) tandis que celles d'après 2015 donnent le détail à l'échelle de la parcelle culturale ;
- les données avant 2015 ne sont plus distribuées (données sensibles car données personnelles sur les agriculteurs) ;
- les données pour 2015, 2016 et 2017 sont disponibles et il serait possible de calculer un indicateur sur les rotations à l'aide du logiciel RPG Explorer. Toutefois, ces données sont incomplètes : il manque l'identifiant de l'exploitation et la surface totale déclarée par l'exploitation.

Note méthodologique : données RPG (Martin et al., 2018)

Début 2017, l'ASP a annoncé que le mode de distribution des données allait changer pour se mettre en conformité avec le règlement européen sur la protection des données ainsi qu'aux règles de

diffusion et de réutilisation des informations publiques (en application des lois CADA, Valter et Lemaire). En novembre 2018, les données de l'année 2015, 2016 et 2017 étaient diffusées librement sur le site de l'IGN pour la France entière avec un regroupement régionale (<http://professionnels.ign.fr/rpg>). Ces données sont exploitables dans la version actuelle de RPG Explorer. Néanmoins, une partie des fonctionnalités de l'outil est inutilisable lors de la valorisation de ces nouvelles données du fait de l'absence d'informations essentielles (ex : identifiant exploitation, surface totale déclarée par l'exploitation). En juin 2017, le ministère en charge de l'agriculture et l'ASP co-proprétaires des données réfléchissaient à un nouveau mode de distribution accessible aux administrations et aux organismes chargés de missions d'intérêts publics où la quasi-totalité des données seraient accessibles dont le numéro anonyme d'exploitation et la surface totale déclarée par l'exploitation.

La version 1.9.41 de RPG explorer est adapté aux données 2006-2014 niveau 2 ou niveau 4 telles qu'elles ont été distribuées par l'ASP de 2007 à 2016 mais également aux données RPG de 2015 à 2017 disponibles en libre accès sur le site internet de l'IGN – Espace professionnel. Les auteurs feront leur possible pour adapter la prochaine version au format accessible aux opérateurs publics (accès aux données sur les exploitations) mais également aux données IGN (2013 et 2014) actuellement en libre accès (sans les données sur les exploitations).

Propositions :

La proposition d'indicateur sur les légumineuses a été retenue par le comité technique. Toutefois, en ce qui concerne l'indicateur sur le nombre d'espèces, nous avons décidé d'explorer les données concernant le nombre maximum d'espèces et de donner une distribution des surfaces en fonction du nombre d'espèces dans une rotation.

Nous sommes désormais en contact avec le SSP pour obtenir davantage d'informations concernant le nombre d'espèces par rotation.

Nous avons également étudié la possibilité de construire un indicateur sur les rotations à l'aide du logiciel RPG Explorer. Toutefois en raison de plusieurs freins, nous décidons de ne pas explorer cette piste davantage. Nous préconisons à l'ONB de rester attentif aux travaux de M. Philippe MARTIN. Par ailleurs, M.Martin nous a informé que son équipe et lui travaille avec l'AFB pour générer des indicateurs sur les séquences de cultures.

Nous proposons donc les deux indicateurs suivants :

Indicateur B8 : intégration d'au moins une légumineuse dans la succession culturale.

Chiffre clé : 8%, part des rotations intégrant des légumineuses dans une rotation de 5 ans

Message clé : Stabilisation de la part des rotations intégrant des légumineuses. Les légumineuses ont un intérêt écologique car elles ne nécessitent pas d'apport azoté et fixent l'azote dans le sol, permettant de réduire les apports en engrais pour la culture suivante.

Indicateur B9 : Surfaces où au moins 4 espèces différentes sont cultivées (dans une rotation de 5 ans)

Chiffre clé : 72% en 2014, part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans

Message clé : Cultiver différentes cultures sur un même sol a des effets positifs sur la matière organique des sols et leurs structure. Le nombre d'espèces cultivées sur une sole reflète en partie cet impacte positif sur la biodiversité.

III. b) 2. Enherbement en arboriculture, viticulture et grandes cultures

Les surfaces enherbées constituent des réservoirs de biodiversité des espèces adventices et de l'entomofaune (Cordeau et al., 2012)⁴¹ et peuvent parfois constituer un moyen de lutte biologique contre les ravageurs (Petremand et al., 2016)⁴². Nous souhaiterions donc élaborer des indicateurs caractérisant l'enherbement.

Nous avons identifié deux sources principales de données pour caractériser l'enherbement en agriculture : les données en ligne **Agreste Teruti** (enquête Teruti « occupation du territoire ») et les **enquêtes pratiques phytosanitaires** (SSP pratiques phyto viti 2013, SSP pratiques phyto GC 2014, SSP pratiques Phyto arbo 2015). Notons que les données de l'enquête Teruti sont des données spatiales, tandis que les données des enquêtes PK proviennent des déclarations faites par les agriculteurs et sont donc certainement plus précises.

En ce qui concerne les indicateurs sur les surfaces enherbées, le Rapport d'avancement du comité d'évaluation de la politique agro-écologique de 2016 contient 4 indicateurs relatifs aux pratiques favorisant la préservation des sols et du climat (tableau 28) :

- l'indicateur 4.1 « part des surfaces de grandes cultures couverts non labourées » ;
- l'indicateur 4.2 « part de la superficie en viticulture enherbée » ;
- l'indicateur 4.3 « part de la superficie en arboriculture enherbée » ;
- l'indicateur 4.4 « part des surfaces en grandes cultures couverts en hiver ».

Tableau 28 : Principales caractéristiques des indicateurs de résultats (Rapport d'avancement du Comité d'évaluation de la politique agro-écologique, 2016)

4.1	Part des surfaces en grandes cultures couverts non labourées	%	SSP (PK & Phyto GC)	5 ans	Grandes cultures = blé tendre, blé dur, orge, triticale, colza, tournesol, pois protéagineux, maïs fourrage et grain, betterave sucrière, pomme de terre	Augmentation ?	Faible baisse depuis 2011 (35 %)
4.2	Part de la superficie en viticulture enherbée	%	SSP (PK & Phyto viti)	3 ans	Enherbement de l'inter-rangs. Confirmer	Augmentation, 100 % ?	Pas de tendance disponible
4.3	Part de la superficie en arboriculture enherbée	%	SSP (PK & Phyto arbo)	3 ans	Uniquement pour les fruits enquêtés dans PK : pommes, pêches, prunes, cerises, abricots.	Augmentation, 100 % ?	Pas de tendance disponible
4.4	Part des surfaces en grandes cultures couverts en hiver	%	SSP (PK & Phyto GC)	5 ans	Grandes cultures = blé tendre, blé dur, orge, triticale, colza, tournesol, pois protéagineux, maïs fourrage et grain, betterave sucrière, pomme de terre Couverture : par une culture d'hiver ou par une culture intermédiaire ou par une culture dérobée ou par des repousses du précédent.	Augmentation, 100 % ?	Légère augmentation (80 % en 2011)

Nous avons exploré la piste d'un indicateur agrégé des surfaces enherbées en arboriculture, viticulture et en grandes cultures. Toutefois cela n'est finalement pas faisable du fait qu'il n'existe pas de série temporelle commune aux trois types d'agriculture considérés. Nous avons donc décidé d'explorer la possibilité d'élaborer un indicateur pour chaque type d'agriculture.

En viticulture les données d'enherbement sont disponibles pour les années 2010 et 2013, tandis qu'en arboriculture il n'y a qu'une enquête datant de 2015. En grandes cultures, il existe des données en 2013-2014, et nous pouvons très certainement trouver des données plus anciennes. **Nous avons donc décidé de nous concentrer davantage sur la viticulture et les grandes cultures.**

- Enherbement en viticulture

Concernant la viticulture, l'échelle de restitution varie d'une année à l'autre : en 2010 l'enherbement est détaillé à l'échelle de la région viticole, tandis qu'il l'est au niveau du bassin viticole pour l'année 2013. Afin de pouvoir comparer les années 2010 et 2013, nous avons rassemblé les données par région viticole (annexe 10). Les pratiques d'enherbement sur l'inter-rang varient entre les régions viticoles. Les régions viticoles pratiquant le plus l'enherbement de leurs inter-rangs en viticulture (entre 62% et 85% en 2013) sont l'Alsace, l'Aquitaine et les Midi-Pyrénées. A l'inverse, cet enherbement est bien plus réduit (entre 15,5% et 28% en 2013) en Languedoc-Roussillon, Champagne, Provence et Bourgogne. La part des surfaces enherbées (inter-rangs) en viticulture est présentée dans le tableau 29.

Tableau 29 : Part des surfaces enherbées en viticulture

Région viticole	2010		2013	
	Département	Enherbement sur l'inter-rang (%)	Département	Enherbement sur l'inter-rang (%)
Alsace	67, 68	98	67, 68	nd
Aquitaine	33, 24	86	33, 24, 47*	85
Beaujolais	69 et 71	42	69, 71	41
Bourgogne	21, 71 et 89	32	21, 71 et 89	28
Champagne	10, 51	26	10, 51	25
Charentes	16, 17	67	16, 17	62
Languedoc-Roussillon	11, 30, 34, 66	29	11, 30, 34, 66	15,5
Midi-Pyrénées	32, 46, 81	87	32,46, 81	78,5
Provence	13, 83, 84	25	13, 83, 84	25,5
Val de Loire	37 et 41	52	37, 41, 44*, 49*, 18*	49
Vallée du Rhône			07*, 26*	34
Ensemble (source : SSP)		49		55
Ensemble hors Alsace		50		44
Ensemble hors Alsace et hors Vallée du Rhône		49		45

Source : Humanité & Biodiversité

Données brutes : Agreste, enquête sur les pratiques phytosanitaires en 2010 et Agreste, enquête pratiques culturales en viticulture en 2013.

Note : L'enquête sur les pratiques culturales en viticulture en 2013 porte sur les mêmes bassins viticoles que ceux interrogés en 2010 et sur de nouveaux bassins.

Les nouveaux bassins ont été marqués d'une astérisque*. Il s'agit des bassins suivants : Lot-et-Garonne (47), Loire-Atlantique (44), Maine-et-Loire (49), Cher (18), Côtes-du-Rhône Nord (partie nord départements 07 et 26), Côtes-du-Rhône Sud (partie sud départements 07 et 26).

En 2013, le bassin Midi-Pyrénées, enquêté en 2010, est éclaté en trois bassins : Gers (32), Gaillac Tarn (81), Cahors (46).

Les communes du département 71 étant dans la région viticole du Beaujolais sont les suivantes : 71074, 71084, 71090, 71108, 71150, 71258, 71362, 7137, 71385, 71481 et 71487.

nd : non diffusé (le nombre d'observations ou la précision ne sont pas suffisants).

Nous proposons un indicateur des surfaces enherbées en viticulture :

Indicateur B10 : Part des surfaces enherbées (sur l'inter-rang) en viticulture

Chiffre clé : 45 %, part des surfaces enherbées sur l'inter-rang en viticulture

Chiffre secondaire : -4%, évolution des surfaces enherbées en viticulture entre 2010 et 2013

Message clé : En viticulture, presque la moitié des inter-rangs est enherbée.

- Enherbement en grandes cultures

Pour le moment nous avons récupéré les données de l'enherbement en grandes cultures seulement pour l'année 2013 (tableau 30).

Tableau 30 : Part des surfaces enherbées en grandes cultures (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : SSP – Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires en grandes cultures 2014)

	Part des surfaces en 2013 en :			
	Culture d'hiver (%)	Culture de printemps - couvert hivernal (%)	Culture de printemps - sol nu en hiver (%)	Couverture du sol en hiver : culture d'hiver et culture de printemps avec couvert hivernal (%)
Blé tendre	99	nd	nd	99
Blé dur	98	nd	nd	98
Orge	73	19	8	92
Triticale	99	nd	nd	99
Colza	100	nd	nd	100
Tournesol		53	47	53
Pois protéagineux	15	68	16	84
Mais fourrage		62	38	62
Mais grain		34	66	34
Betterave sucrière		96	4	96
Pomme de terre		80	20	80
Total	63	20	17	83

Note : le couvert hivernal est formé par des cultures intermédiaires (détruites), des cultures dérobées (récoltées ou pâturées) ou des repousses du précédent

nd : non diffusé (le nombre d'observations ou la précision ne sont pas suffisants)

Données brutes : SSP – Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires en grandes cultures 2014

Nous proposons que l'ONB intègre un indicateur sur l'enherbement en grandes cultures. Toutefois, nous souhaitons améliorer cet indicateur en complétant la série temporelle. Pour ce faire, nous avons contacté le SSP pour qu'il nous renseigne quant aux données disponibles. L'indicateur que nous proposons est le suivant :

Indicateur B11 : Part des grandes cultures couvertes en hiver

Chiffre clé : 83%, part des grandes cultures couvertes en hiver en 2013-2014

Message clé : Une majorité des grandes cultures sont couvertes en hiver.

- Enherbement des exploitations agricoles (en dehors des parcelles)

L'enquête Teruti « occupation du territoire (nomenclature détaillée en 50 postes) », donne les superficies enherbées liées à la production agricole, hors élevage de 2006 à 2015 (annexe 11). Les données sont disponibles au niveau de la France métropolitaine, des régions et des départements. D'après la nomenclature Teruti-Lucas⁴³, les **sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage** (nomenclature d'occupation du sol en 50 postes) sont repérés par la couverture 5025 – Autres superficies en herbe sans arbre ni buisson (nomenclature en 88 postes), et l'utilisation « 111 – production végétale. Plus précisément, les surfaces concernées peuvent être (liste non exhaustive) :

- les chemins enherbés pour le passage d'engins ;
- les sols où l'on entrepose du matériel agricole ;

⁴³ Nomenclature de synthèse Teruti-Lucas

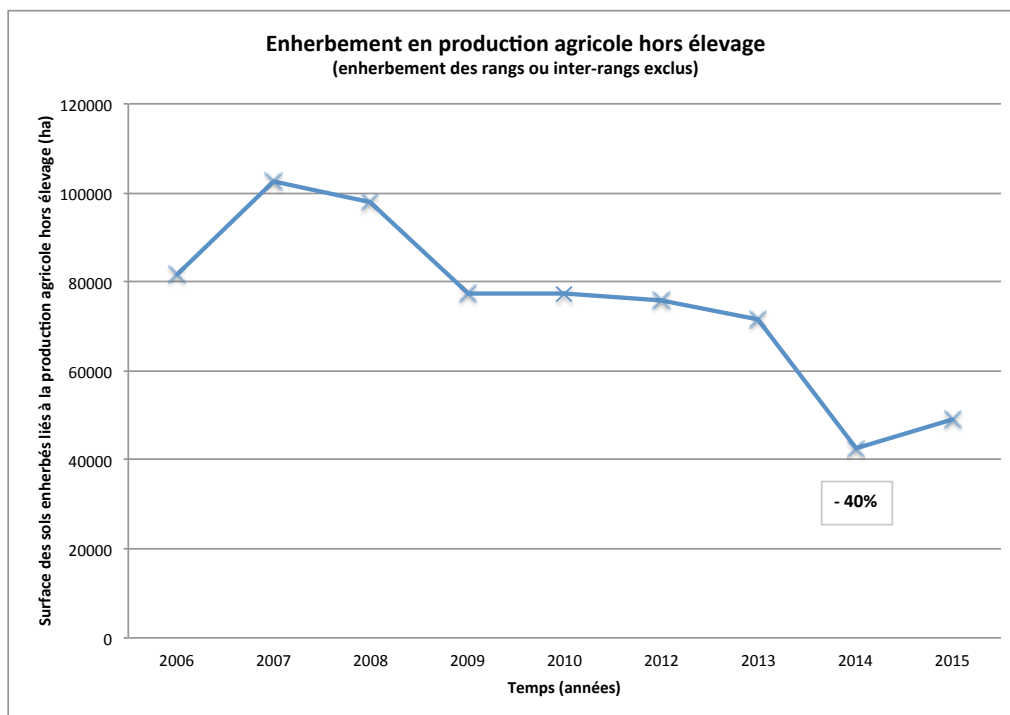
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/teruti2015nomenclaturebsva.pdf>

- les bandes enherbées le long des fossés ou des cours d'eau (il est permis d'utiliser l'herbe pour les animaux en cas de sécheresse extrême) ;
- les tournières de bords de champ (en verger, vigne et pépinières).

Les enherbements inter-rang en viticulture (et arboriculture) n'en font pas partie : dans Teruti, on codera «vigne» ou «verger».

Il aurait été intéressant de connaître les surfaces de ces catégories, et plus particulièrement celle des bandes enherbées le long des cours d'eau, mais **l'enquête Teruti ne mesure pas les surfaces correspondant à ces catégories. Toutefois, les données Teruti permettent d'étudier l'évolution de l'enherbement en production agricole hors élevage (figure 30)**. De 2006 à 2015, ces superficies ont chuté de 40% : elles sont passées de 81797 ha en 2006 à 48971 ha en 2015.

Figure 30 : Variation des superficies de sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage de 2006 à 2015. (Source : Humanité & Biodiversité, données sources : Agreste – jeu de données « Occupation du territoire (nomenclature détaillée en 50 postes) »). Dans le jeu de données utilisé, le demi-intervalle de confiance est absent pour les occupations ou utilisations relevant du domaine de l'agriculture⁴⁴).



Nous proposons d'intégrer à l'ONB cet indicateur sur l'enherbement lié à la production agricole hors élevage :

- soit en considérant le taux de perte des surfaces enherbées liés à la production agricole hors élevage entre 2006-2015
- soit en s'intéressant à la part qu'occupe ces surfaces dans les surfaces en production agricole hors élevage. En 2015, 48 970 ha des sols en production agricole hors élevage sont enherbés (hors enherbement sur le rang ou l'inter-rang), représentant 30% des surfaces dans ces types d'agriculture.

⁴⁴Voir pour plus de détail la note en bas de page du tableau de données accessible via le lien suivant https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-saiku/?plugin=true&query=query/open/W_0003#query/open/W_0003

Cet indicateur pourrait être complété en affichant les valeurs régionales ou départementales sur une carte.

Indicateur B12 : Enherbement lié à la production agricole, hors élevage (2006-2015)

Chiffre clé : -40%, perte de superficies de sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage entre 2006 et 2015

Chiffre secondaire : 30%, part des superficies de sols enherbés liés à la production agricole hors élevage entre 2006 et 2015

Message clé : Diminution des surfaces agricoles enherbées, surfaces qui constituent de véritables réservoirs de biodiversité.

III. b) 3. Surfaces sensibles à l'érosion hydrique

Nous avons décidé de reporter le travail sur un indicateur portant sur cette thématique à plus tard et **proposons donc de ne pas développer d'indicateur sur cette thématique pour le moment.**

III. c) Intrants

III. c) 1. Engrais azote et phosphore

L'azote, le phosphore et le potassium sont indispensables à la croissance des plantes. En agriculture, lorsque leur teneur s'appauvrit dans les sols cultivés, l'apport de fertilisants minéraux ou organiques (fumiers, lisiers) est nécessaire. Toutefois, dissous dans l'eau du sol ou fixé sur des particules transportées par le ruissellement et l'érosion, le phosphore, associé aux nitrates en excès, contribue à l'eutrophisation des milieux aquatiques. D'importantes proliférations végétales ou algales apparaissent alors, diminuant la qualité des eaux et leur biodiversité. Par ailleurs, certains engrais minéraux phosphatés contiennent du cadmium, toxique pour l'homme (SOeS, 2015).

On dispose de diverses sources de données pour suivre l'évolution des bilans d'éléments nutritifs N et P :

- Le rapport de l'UNIFA de 2014 sur la **fertilisation de P** dresse notamment un bilan de la fertilisation en P à l'échelle nationale de **1988/1989 à 2012/2013** (figure 31) et à l'échelle nationale entre les campagnes 2008-2010 et 2011-2013 (figure 32) en intégrant les données de :

- Statistiques de livraisons d'engrais minéraux et organo-minéraux de l'UNIFA (figure 33) et d'amendements minéraux basiques de l'ANPEA (statistiques par campagne)
- Statistique Agricole Annuelle du SSP (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt). Effectifs d'animaux par catégorie d'animal et par année. Production (en quintaux, en tonnes...) ou surfaces en production selon les cultures. production potentielle (en quintaux de MS) des différents types de prairies, d'après un modèle ; production de fourrages (en quintaux de MS).

Figure 31 : Bilan fertilisation pentoxyde de phosphore de 1988/1989 à 2012/2013 (source : UNIFA, 2014) A été introduit, à partir de la campagne 2005/2006, une estimation des apports d'origine organique autres que les effluents d'élevage : il s'agit d'engrais et amendements organiques commercialisés, ainsi que de sous-produits urbains ou industriels épandus sous statut de déchets.

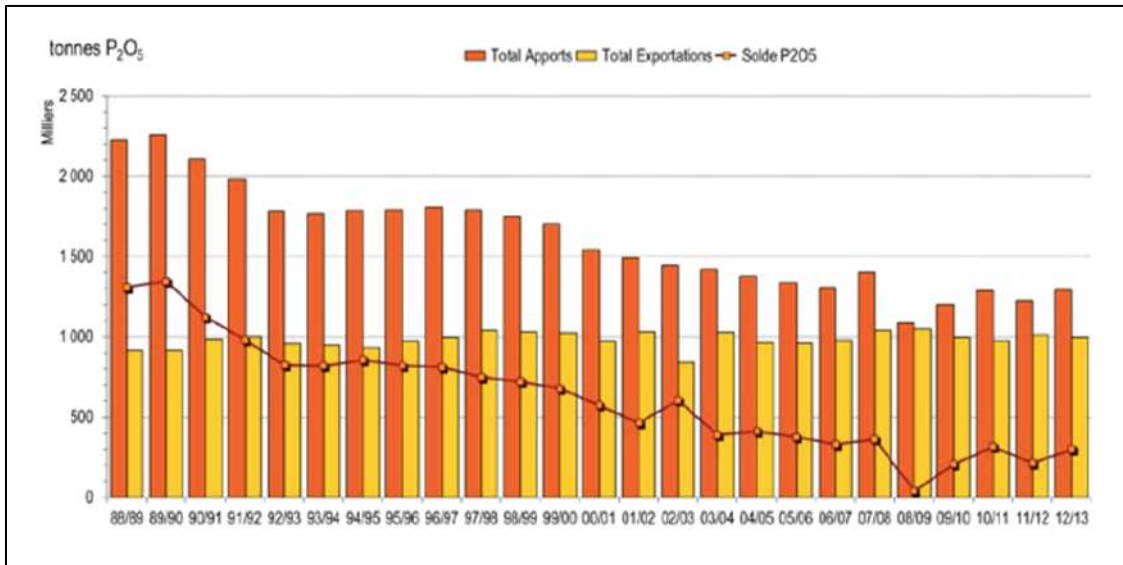


Figure 32 : bilan fertilisation pentoxyde de phosphore entre 2008-2010 et 2011-2013 (source UNIFA, 2014)

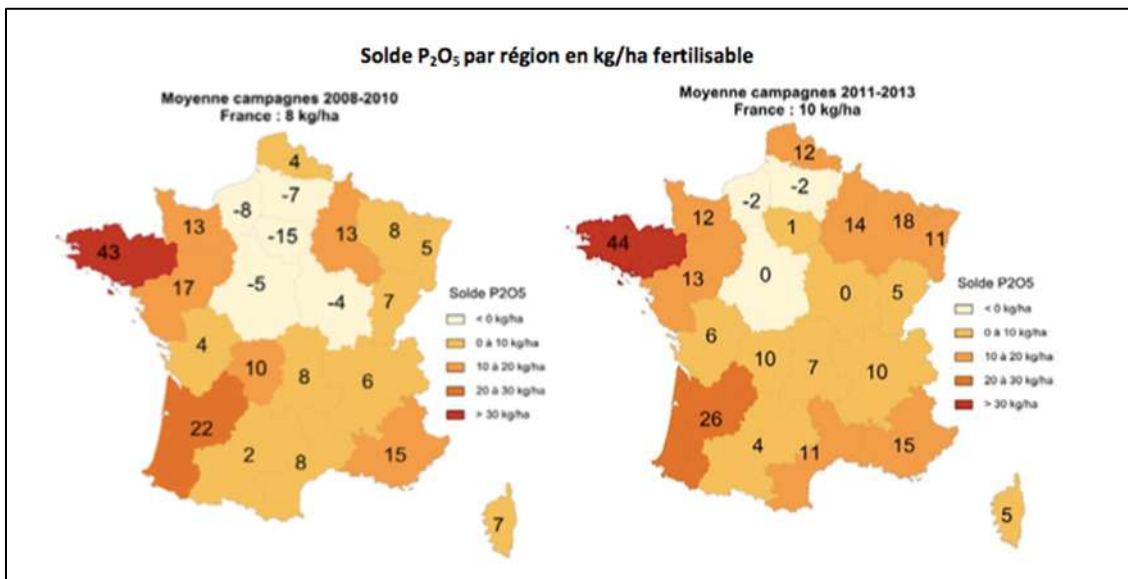
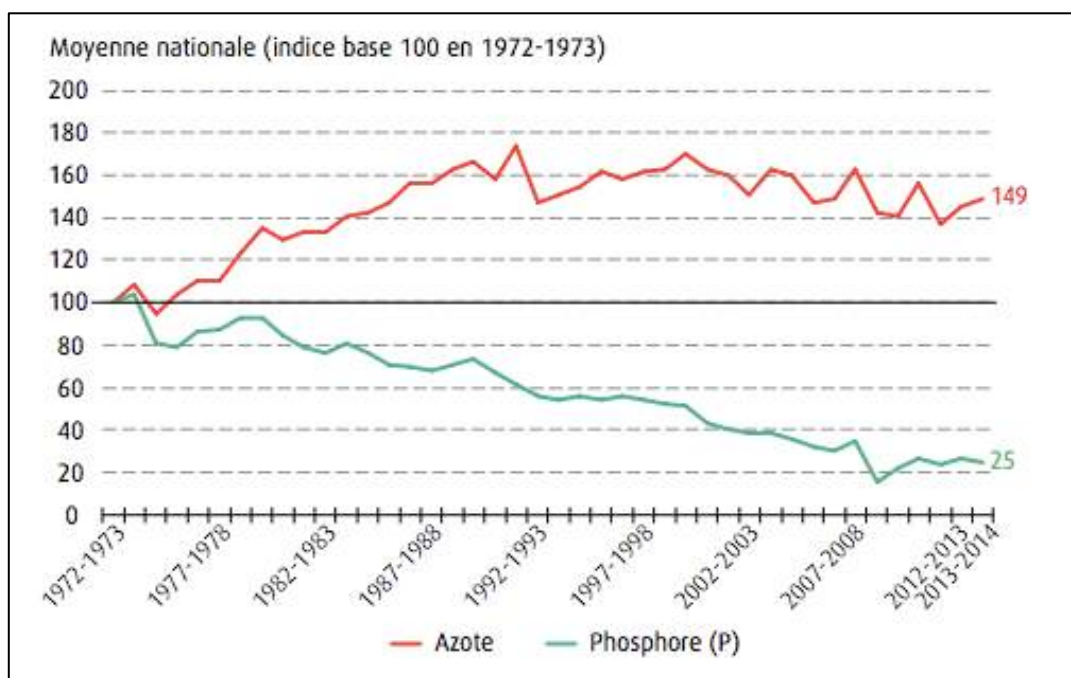
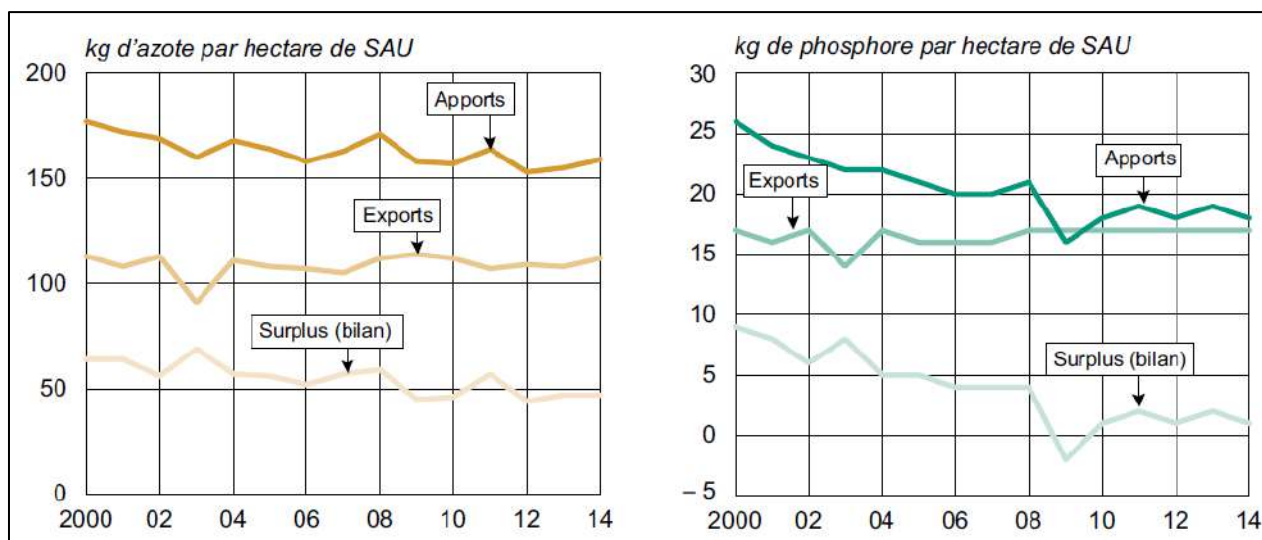


Figure 33 : Évolution des livraisons d'azote et de phosphore entre 1972 et 2012 (source : SOeS, 2015 ; données : UNIFA, 2014)



- Un indicateur de fertilisation « Gross Nutrient Balance » est calculé par Eurostat (figure 34) et présente le bilan azote et le bilan phosphore de 2000 à 2014. On peut voir que le bilan phosphore a baissé et est proche de 0 depuis 2009, mais les teneurs en phosphore des sols agricoles augmentent néanmoins dans environ 40% des régions (UNIFA, 2014).
- **Figure 34 : Bilan de la fertilisation pour l'azote et le phosphore (source : Eurostat, données : Agreste, Citepa, Unifa, Comifer)**



Note méthodologique : indicateur du bilan de fertilisation pour l'élément nutritif phosphore

Le solde de bilan est obtenu par différence entre le total des apports aux sols et le total des exportations réalisées par les cultures et les prairies.

Les **apports** aux sols agricoles comprennent :

- La fertilisation minérale en P₂O₅, K₂O et MgO (Statistiques de livraisons d'engrais minéraux et organo-minéraux de l'UNIFA et d'amendements minéraux basiques de l'ANPEA (statistiques par campagne)) ;
- Les excréments des animaux d'élevage (Statistique Agricole Annuelle du SSP (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt). Effectifs d'animaux par catégorie d'animal et par année) ;
- Une estimation, à partir de la campagne 2005/2006, des autres apports organiques (produits commercialisés ou épandus sous statut de déchet) d'origine urbaine et industrielle

Les **exportations** à partir des sols agricoles comprennent (statistiques annuelles de productions végétales du Ministère de l'Agriculture) :

- L'exportation par les cultures récoltées (Statistique Agricole Annuelle du SSP (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt)) ;
- L'exportation par l'herbe des prairies, récoltée ou pâturée (Statistique Agricole Annuelle du SSP (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt)).

NB: Le calcul du solde ne tient pas compte des pertes liées aux processus naturels d'érosion, de ruissellement ou de lixiviation qui ne peuvent être complètement évitées.

Nous avons décidé d'orienter notre travail plutôt sur un indicateur de type bilan de fertilisation qu'un indicateur sur les apports.

Les deux sources de données et les indicateurs correspondants identifiés sont donc :

- Le bureau de la statistique de l'Union Européenne, Eurostat : indicateurs « Gross nutrient balance (aei_pr_gnb) » et « Gross nutrient balance on agricultural land (t2020_rn310) » ;
- L'union des industries et de la fertilisation, Unifa : « Évolution du bilan phosphore P₂O₅ de 1988-1989 à 2012-2013 » et « Évolution du bilan azote de 1988-1989 à 2009-2010 » ;

Les bilans de fertilisation (tonnes) de l'Unifa et d'Eurostat ont des valeurs très différentes (tableau 31) :

- pour l'azote, les bilans Eurostat sont en moyenne le double des bilans Unifa ;
- pour le phosphore, c'est l'inverse, les valeurs Eurostat sont moitié moins importantes que les valeurs Unifa (545 tonnes P d'après Eurostat contre 1344 466 tonnes P chez l'Unifa).

Tableau 31 : Bilan de fertilisation Unifa et Eurostat pour l'azote (N) et le phosphore (P) (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Unifa et Eurostat).

	UNIFA			EUROSTAT			
	1990	2001	2010	1990	2001	2010	2016
N Apport d'N (tonnes)	4 478 942	4 102 894	3 844 925	5 187 739	4 935 698	4 370 727	4 346 375
N Exportation d'N (tonnes)	3 219 532	3 365 706	3 324 849	3 027 598	3 198 341	3 215 082	2 851 211
N Bilan de fertilisation d'N brut (tonnes)	1 259 410	737 189	520 076	2 160 141	1 737 357	1 155 645	1 495 164
N Bilan de fertilisation d'N brut (kg N/ha)	45	28	20	71	59	40	52
SAU (1000 ha)	28 052	25 905	26 120	30 417	29 619	28 778	28 578
P Apport de P (tonnes)	2 259 198	1 543 093	1 199 592	998 931	700 222	504 595	318 555
P Exportation de P (tonnes)	914 732	969 820	993 353	453 800	477 856	488 718	415 655
P Bilan de fertilisation de P brut (tonnes)	1 344 466	573 273	206 239	545 131	222 365	15 877	-97 101
P Bilan de fertilisation de P brut (kg N/ha)	48	22	8	18	8	1	-3
SAU (1000 ha)	28 052	25 905	25 937	30 417	29 619	28 770	28 565

Pour tenter d'expliquer cette différence, nous avons comparé les méthodologies utilisées. Cette comparaison figure en annexe 12. Pour l'azote, la différence observée semble résider dans le fait qu'Eurostat comptabilise les dépôts atmosphériques d'azote et les apports d'azote via les semences et les plantations, tandis que ces apports ne sont pas pris en compte par Unifa. Concernant le phosphore, l'écart observé s'explique par des valeurs très différentes à la fois au niveau des apports et des exportations (voir annexe 12 pour plus de détails). Par ailleurs, la surface agricole considérée

n'est pas la même. En effet, la méthodologie Eurostat inclut les jardins familiaux et exclut les jachères agronomiques, tandis qu'Unifa fait l'inverse.

Figure 35 Comparaison des valeurs des apports (en bleu), des exportations (en rouge) et du bilan de fertilisation (en vert) de l'azote entre Unifa et Eurostat

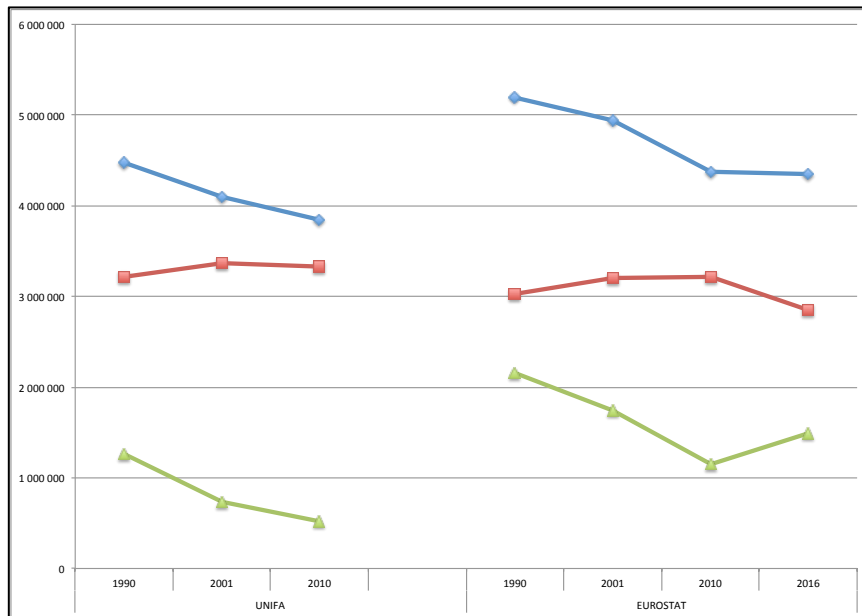
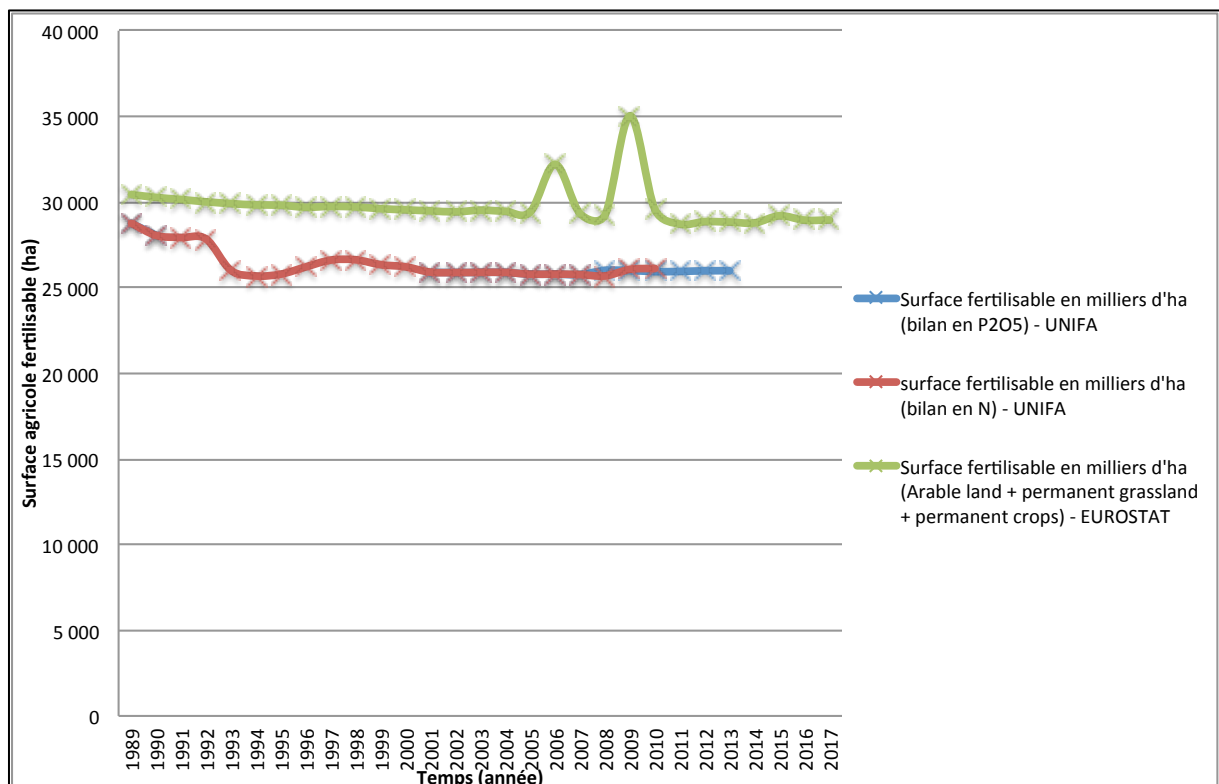


Figure 36 : Surface agricole considéré dans le calcul des bilans de fertilisation Eurostat et Unifa



Étant donné qu'Eurostat prend en compte davantage de types d'apports qu'Unifa, et que la série temporelle disponible soit plus grande (1990-2016) que chez Unifa (1990-2010 ou 2013), nous

décidons d'utiliser les données Eurostat pour élaborer un indicateur sur les bilans de fertilisation en azote et en phosphore.

Figure 37 : Évolution des apports (en vert), des exportations (en orange), et du bilan de fertilisation (en bleu) d'azote en kg N/ha. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Eurostat)

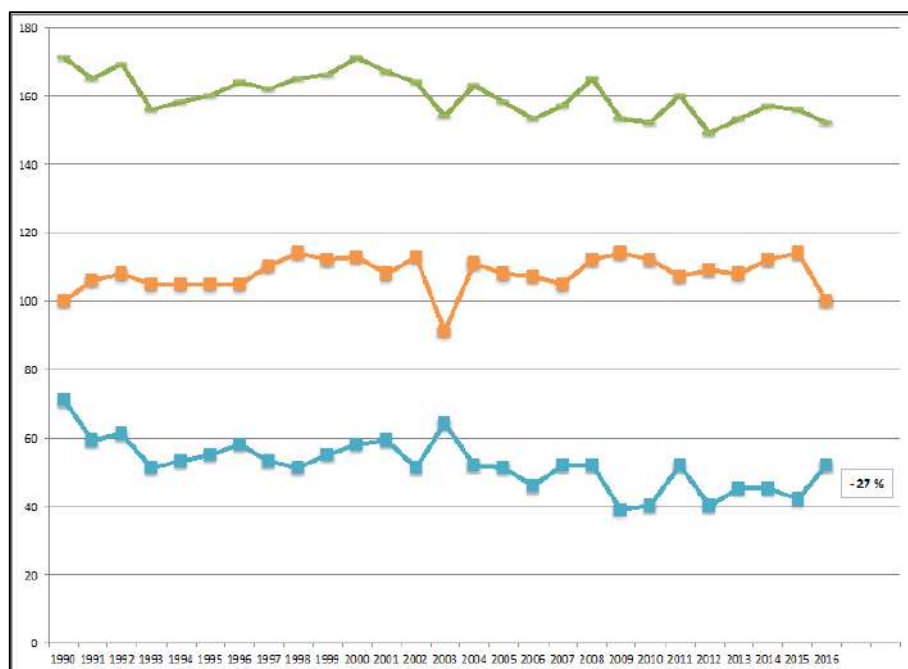
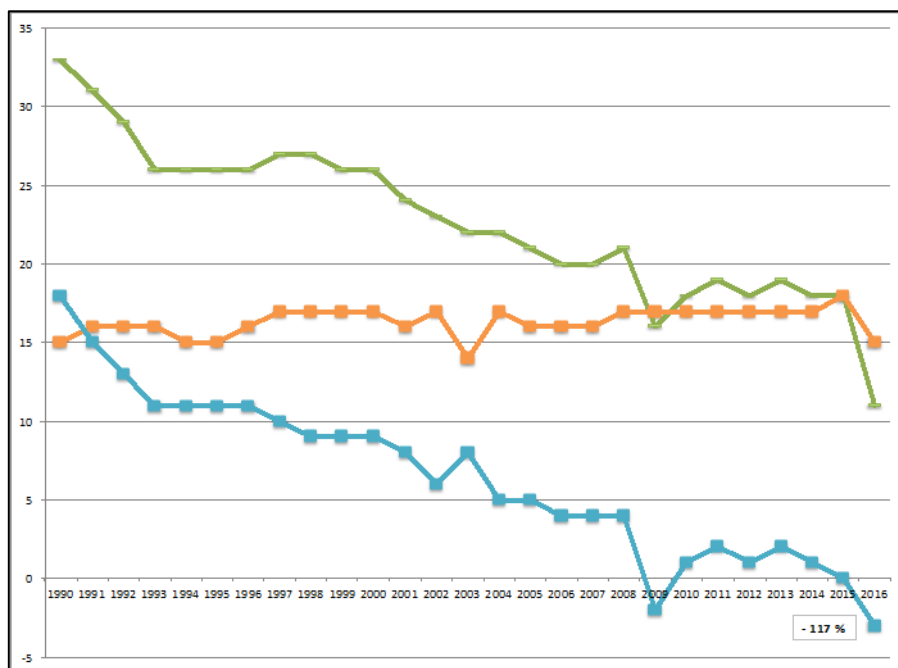


Figure 38 : Évolution des apports (en vert), des exportations (en orange), et du bilan de fertilisation (en bleu) de phosphore en kg P/ha. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Eurostat)



Propositions :

Nous proposons donc les deux indicateurs suivants :

<p style="text-align: center;">Indicateur B13 : Bilan de la fertilisation azotée en agriculture</p> <p>Chiffre clé : -27%, évolution de la quantité d'azote restant dans le sol par hectare de SAU (1990-2016)</p> <p>Message clé : La quantité d'azote apportée par hectare diminue.</p>
<p style="text-align: center;">Indicateur B14 : Bilan de la fertilisation phosphorée en agriculture</p> <p>Chiffre clé : -117%, évolution de la quantité de phosphore restant dans le sol par hectare de SAU (1990-2016)</p> <p>Message clé : La quantité de phosphore apportée par hectare diminue.</p>

III. c) 2. IFT produits phytosanitaires pour les différentes cultures

Plusieurs indicateurs de l'ONB concernant les pesticides intègrent le nombre de traitements moyens appliqué annuellement sur l'ensemble des cultures, le NODU (Nombre de Doses Unités de produits phytosanitaires), sans prendre en compte l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement), mis en place en 2006 par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'INRA.

L'IFT est largement documenté sur le site Agreste (cf. note méthodologique : enquêtes pratiques culturales). Nous aimerions l'intégrer aux indicateurs de l'ONB.

Note méthodologique : enquêtes pratiques culturales (AGRESTE, 2019)

*Ces enquêtes constituent un outil majeur de description des pratiques des exploitants agricoles. Le dispositif des enquêtes « Pratiques culturales » a pour objectif de collecter des données détaillées sur la conduite de l'itinéraire technique (pratiques techniques, phytosanitaires, fertilisation) tous les 5-6 ans pour 4 grandes catégories de productions végétales (**grandes cultures et prairies, viticulture, maraîchage, arboriculture**). Entre deux enquêtes détaillées, une enquête intermédiaire est conduite sur les seuls traitements phytosanitaires afin de disposer à intervalle plus régulier d'indicateurs de fréquence de traitement.*

Sur le site Agreste sont disponibles les données du SSP, sous plusieurs niveaux d'agrégation (par espèce, type de produit, région) :

- des enquêtes grandes cultures de 2011 et de 2014 et leurs tableaux complémentaires : 14 espèces enquêtées ;
- des enquêtes viticulture de 2010, 2013 et 2016 et leurs tableaux complémentaires : 13 vignobles enquêtés (figure 39) ;
- des enquêtes arboriculture de 2012 et 2015 et leurs tableaux complémentaires : 7 espèces enquêtées mais discontinuité de série en 2015 pour les agrumes (figure 40) ;
- tableaux complémentaires pratiques culturales pour les légumes : 8 espèces (carotte, chou à inflorescence, chou à feuille, fraise, melon, poireau, salade, tomate).

Figure 39 : IFT total moyen en viticulture selon les bassins enquêtés en 2010, 2013 et 2016 (source : Agreste SSP 2019 ; données : Agreste – Enquêtes sur les pratiques phytosanitaires (2010 2016) et culturales 2016 en viticulture)

	2010	2013	2016	Évolution	Évolution	Évolution
				2010-2013	2013-2016	2010-2016
%						
Alsace	10,4	11,1	14,9	ns	34	43
Beaujolais	16,4	19,1	18,7	16	ns	14
Bordelais	14,2	17,0	17,2	20	ns	21
Bourgogne	15,2	20,0	19,4	31	ns	27
Champagne	17,8	21,5	23,5	21	9	32
Charentes	15,3	18,1	18,1	18	ns	18
Languedoc hors PO	11,8	13,5	13,8	14	ns	17
Pyrénées-Orientales	8,9	9,3	10,1	ns	ns	ns
Provence (Var-Vaucluse)	8,8	9,4	10,3	8	9	18
Val de Loire	11,3	13,7	15,1	22	10	34
Bouches-du-Rhône	8,9	9,3	9,4	ns	ns	ns
Dordogne	12,4	15,0	15,1	21	ns	22
Gers	17,2	19,7	18,9	15	ns	10
Ensemble	12,8	15,0	15,5	17	3	21

Figure 40 : évolution de l'IFT moyen en arboriculture entre 2012 et 2015 (source : Agreste SSP 2018). Martinique et Guadeloupe pour la banane, Guyane pour les agrumes (uniquement en 2012).

	IFT Total			IFT Herbicide			IFT Fongicide			IFT Insecticide			IFT Autre			IFT Total – hors herbicide			IFT Biocontrôle		
	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution	2015	2012	évolution
Pomme	33,1	33,9	ns	0,7	0,6	+	21,8	22,9	-	8,8	9,0	ns	1,9	1,5	+	32,4	33,3	ns	5,0	4,8	ns
Pêche	20,3	18,4	+	0,7	1,0	-	12,0	10,5	+	7,6	6,9	+	0,0	0,0	ns	19,7	17,4	+	2,3	2,1	ns
Prune	10,5	10,3	ns	0,3	0,3	ns	5,9	6,1	ns	4,3	3,8	+	0,0	0,0	ns	10,2	9,9	ns	1,3	1,1	+
Abricot	11,8	11,4	ns	0,8	0,5	+	8,2	7,9	ns	2,8	3,0	ns	0,1	0,0	ns	11,1	10,9	ns	0,6	0,6	ns
Cerise	8,4	7,7	+	0,4	0,3	+	4,7	4,7	ns	3,2	2,6	+	0,1	0,1	ns	8,0	7,4	+	0,8	0,6	+
Banane	7,9	6,7	+	2,2	2,3	ns	5,7	4,0	+	0,0	0,4		0,0	0,0	ns	5,8	4,4	+	0,4	0,0	+

Note : au niveau national et à champ constant, pour la pomme, l'IFT total moyen est égal à 33,9 en 2012 et 33,1 en 2015, et la baisse est statistiquement significative.

ns : non significatif.

Sources : Agreste – Enquête Pratiques phytosanitaires en arboriculture 2012 et Enquête Pratiques culturales en arboriculture 2015

L'indice de fréquence des traitements (IFT) est un renseigné depuis 2010 et ceci pour les différents types d'agriculture suivants : cultures, viticulture, arboriculture et maraîchage .Le tableau 34 rend compte de l'IFT total moyen pour chacune des enquêtes sur les pratiques phytosanitaires de ces campagnes.

A partir des évolutions de l'IFT moyen, nous pouvons calculer la tendance annuelle de l'IFT, correspondant à la moyenne géométrique des taux d'évolution annuelle de l'IFT en grande culture, en viticulture et en arboriculture (tableau 32). Ainsi, l'IFT progresse en moyenne de 0,69% chaque année en France.

Tableau 32 : Tendance annuelle de l'IFT. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste – enquêtes pratiques phytosanitaires).

	IFT total moyen en :						Évolution (%)	Tendance annuelle 2010-2016 (%)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Grandes cultures		4,08			4,52		10,16	2,54
Viticulture	12,8			15		15,05	21,00	3,00
Arboriculture			14,3			15,3	0,04	0,04
Ensemble								0,69

Nous proposons l'indicateur agrégeant les IFT en viticulture, en arboriculture et en grande culture (**indicateur des tendances annuelles de l'indice de fréquence de traitement**) :

Indicateur B15 : Tendance annuelle de l'IFT

Chiffre clé : +0,69%, taux d'évolution de l'IFT par année

Message clé : L'indice de fréquence de traitement a une tendance légèrement à la hausse.

Toutefois, il pourrait être difficile d'analyser un tel indicateur agrégé. Ainsi, nous envisageons une alternative qui est de construire un indicateur de **IFT moyen pondéré par les surfaces pour chacun des types d'agriculture (tableau 33)**. Par exemple pour la viticulture :

Tableau 33 : IFT total moyen et IFT pondéré par les surfaces en 2010, 2013 et 2016 (source des données : Agreste)

	Bassin viticole	2010	2013	2016	Evolution 2010-2013 (%)	Evolution 2013-2016 (%)	Evolution 2010-2016 (%)
IFT total moyen	Alsace	10,4	11,1	14,9	ns	34	43
	Beaujolais	16,4	19,1	18,7	16	ns	14
	Bordelais	14,2	17,0	17,2	20	ns	21
	Bourgogne	15,2	20,0	19,4	31	ns	27
	Champagne	17,8	21,5	23,5	21	9	32
	Charentes	15,3	18,1	18,1	18	ns	18
	Languedoc hors PO	11,8	13,5	13,8	14	ns	17
	Pyrénées Orientales	8,9	9,3	10,1	ns	ns	ns
	Provence (Var-Vaucluse)	8,8	9,4	10,3	8	9	18
	Val de Loire	11,3	13,7	15,1	22	10	34
	Bouches-du-Rhône	8,9	9,3	9,4	ns	ns	ns
	Dordogne	12,4	15,0	15,1	21	ns	22
	Gers	17,2	19,7	18,9	15	ns	10
	Ensemble	12,8	15,0	15,5	17	3	21
Surface (ha)	795712,0	792010,0	785937,0	-0,4652437	-0,7667832	-1,2284595	
IFT pondéré	0,0000161	0,0000189	0,0000197	17,7352559	4,13179852	22,5998394	

Note : en Dordogne et à champ constant, l'IFT total moyen est égal à 15,0 en 2013 et 15,1 en 2016, et l'évolution à

la hausse n'est pas significative statistiquement.

ns : non significatif

Source des données : Agreste - Enquêtes sur les pratiques phytosanitaires (2010, 2016) et culturales (2013) en viticulture.

Champ : parcelles répondantes aux trois enquêtes sus-citées.

Indicateur B16 : IFT en viticulture + chacun des grands types de culture

Chiffre clé : +22%, évolution de l'IFT en viticulture pondéré par les surfaces de 2010 à 2016

Message clé : Augmentation de la fréquence des traitements phytosanitaires en viticulture.

Tableau 34 : IFT total moyen en grandes cultures, viticulture, arboriculture et maraîchage (source des données : Agreste)

Culture	IFT total moyen avec traitements sélectifs				IFT total moyen					IFT total moyen			IFT total moyen 2013			
	2011	2014	Évolution 2011-2014 (%)	Bassin viticole	2010	2013	2016	Évolution 2010-2016 (%)	Évolution 2013-2016 (%)	Évolution 2010-2016 (%)	Fruit	2012		2015	Évolution 2012-2015	Légume
01 Blé tendre	4,54	4,93	8,65	Alsace	10,4	11,1	14,9	ns	34	43	Pomme	33,9	33,1	ns		
02 Blé dur	3,69	4,22	14,35	Beaujolais	16,4	19,1	18,7	ns	ns	14	Pêche	18,4	20,3	+	Carotte	
03 Orge	4,00	4,24	5,92	Bordalaises	14,2	17,0	17,2	ns	ns	21	Prune	10,3	10,5	ns		
04 Triticale	2,67	2,75	2,85	Bourgogne	15,2	20,0	19,4	ns	ns	27	Abricot	11,4	11,8	ns	Choux à	
05 Colza	6,10	6,51	6,81	Champagne	17,8	21,5	23,5	21	9	32	Cerise	7,7	6,4	+	Inflorescence	
06 Tournekol	2,57	2,83	10,20	Charentes	15,3	18,1	18,1	ns	ns	18	Banane	6,7	7,9	+		
07 Pois protéagineux	4,56	4,64	1,77	Languedoc hors PO	11,8	13,5	13,8	ns	ns	17	Ensemble	14,7	15,3		Choux à	
08 Maïs fourrage	2,35	2,39	1,58	Pyrénées Orientales	8,9	9,3	10,1	ns	ns	ns					feuilles (hors	
09 Maïs grain	2,74	2,83	3,30	Provence (Var-Vaucluse)	8,8	9,4	10,3	8	9	18					choux à	
10 Betterave sucrière	5,24	5,26	0,32	Val de Loire	11,3	13,7	15,1	22	10	34					(hors route)	
11 Pomme de terre	16,48	18,92	14,79	Bouches-du-Rhône	8,9	9,3	9,4	ns	ns	ns	Fraise					
14 Canne à sucre	2,19	3,76	71,61	Dordogne	12,4	15,0	15,1	21	ns	22						
Ensemble	4,08	4,52	10,16	Gers	17,2	19,7	18,9	15	ns	10						
				Ensemble	12,8	15,0	15,5	17	3	21						Melon

Source : Agreste - Enquête Pratiques culturales 2011

Note : en Dordogne et à champ constant, IFT total moyen est égal à 15,0 en 2013 et 15,1 en 2016, et l'évolution à la hausse n'est pas statistiquement significative.

ns : non significatif

Source : Agreste - Enquêtes sur les pratiques phytosanitaires (2010, 2016) et culturales (2013) en viticulture.

Champ : parcelles répondantes aux trois enquêtes sus-citées.

Note : au niveau national et à champ constant, pour la pomme, l'IFT total moyen est égal à 33,9 en 2012 et 33,7 en 2015, mais la baisse n'est pas statistiquement significative.

ns : non significatif

Sources : SSP - Agreste - Enquête Pratiques phytosanitaires en arboriculture 2012 et Enquête Pratiques culturales en arboriculture 2015

Source : SSP - Agreste - enquête sur les pratiques culturales en légumes en 2013

III. c) 1. Consommation de médicaments vétérinaires

La consommation de médicaments vétérinaires dans les élevages peut avoir des effets sur différents compartiments de la biodiversité. Elle peut impacter notamment la faune des invertébrés (cas des insecticides ou de antiparasitaires) ou les microflores du sol ou des parties aériennes des plantes. Les résidus de ces produits peuvent également être exportés vers d'autres milieux, en particulier les milieux aquatiques (voir module D). Après enquête, les seules données de consommation disponibles sont celles des antibiotiques à usage vétérinaire et humain.

Les antibiotiques : données disponibles et bilan en 2017

Pour les antibiotiques, un rapport de l'ANSES (2018) fournit des données détaillées des ventes d'antibiotiques à usage vétérinaire, par nature de produits et par espèces concernées, pour la période 1999-2017. Les données sont fournies par tonnes mais, pour tenir compte des doses différentes utilisées selon les matières actives et des biomasses concernées, le rapport fournit différents indicateurs complémentaires, en particulier l'ALEA (Indicateur d'exposition des animaux aux antibiotiques), que l'on peut considérer comme un équivalent du NODU défini pour les produits phytosanitaires.

Note méthodologique : l'ALEA

*Les données de tonnages d'antibiotiques vendus ne tiennent pas compte de l'efficacité différente des différents antibiotiques et des particularités de chaque espèce. Pour en tenir compte, on calcule tout d'abord l'ACD (pour Animal Course Dose en anglais) qui est la dose nécessaire pour traiter un animal type. Elle est exprimée en mg/kg. Le **poids vif traité** pour un médicament donné, est calculé en divisant la quantité pondérale d'antibiotiques vendus par l'ACD. Le poids vif traité pour une espèce donnée est calculé en sommant les nombres d'ACD calculés pour toutes les présentations de médicaments vendues pour cette espèce.*

*L'**indicateur d'exposition** des animaux aux antibiotiques ou **ALEA** (Animal Level of Exposure to Antimicrobials en anglais) est calculé en divisant le poids vif traité par la biomasse de la population animale potentiellement utilisatrice d'antibiotiques. Cet indicateur représente mieux l'exposition aux antibiotiques des animaux car il prend en compte des informations sur les traitements (dose et durée) et également une information sur les utilisateurs potentiels (masse de la population animale potentiellement traitée aux antibiotiques).*

Un ALEA de 0,252 pour une espèce signifie que les ventes d'antibiotiques à destination de cette espèce ont permis de traiter 25,2 % du total du poids vif de cette espèce. Un ALEA supérieur à 1 indique qu'au moins une partie de la population en élevage a été traitée plusieurs fois au cours d'une année. Il peut s'agir des mêmes animaux ou, pour des cycles d'élevage courts (volailles, lapins) de bandes successives d'animaux.

En 2017, ces ventes totales d'antibiotiques à usage vétérinaire se sont élevées à 497 tonnes, soit environ 32 mg/kg d'animaux d'élevage ou domestiques (Tableau 35).

On observe cependant une différence marquée entre les grands herbivores et les élevages hors sols. Les grands herbivores (bovins, ovins, caprins, chevaux) représentent 65% de la biomasse élevée mais seulement 35% de la consommation d'antibiotiques. A l'inverse, les porcs, volailles et lapins regroupent 62% de la consommation totale d'antibiotiques pour seulement 32% de la biomasse.

En comparaison, la vente d'antibiotiques destinés à la médecine humaine s'est élevée en 2017 à 759 tonnes⁴⁵, ce qui correspondrait à une consommation annuelle d'environ 250 mg/kg dans notre espèce⁴⁶ (à comparer à 14 mg/kg pour les bovins et 64 mg/kg pour les porcins).

⁴⁵ Voir

https://www.ameli.fr/sites/default/files/Documents/484005/document/16112018_synthese_consommation_antibiotiques_resistance_antibiotiques_spf.pdf

⁴⁶ En supposant un poids moyen de 50 kg pour environ 65 millions de françaises et français.

Tableau 35 : Répartition en 2017 des biomasses en élevage pour les différentes espèces, des ventes d'antibiotiques (en tonnage de matières actives et en quantité de matière active par kilogramme de poids vif (ANSES, 2018)

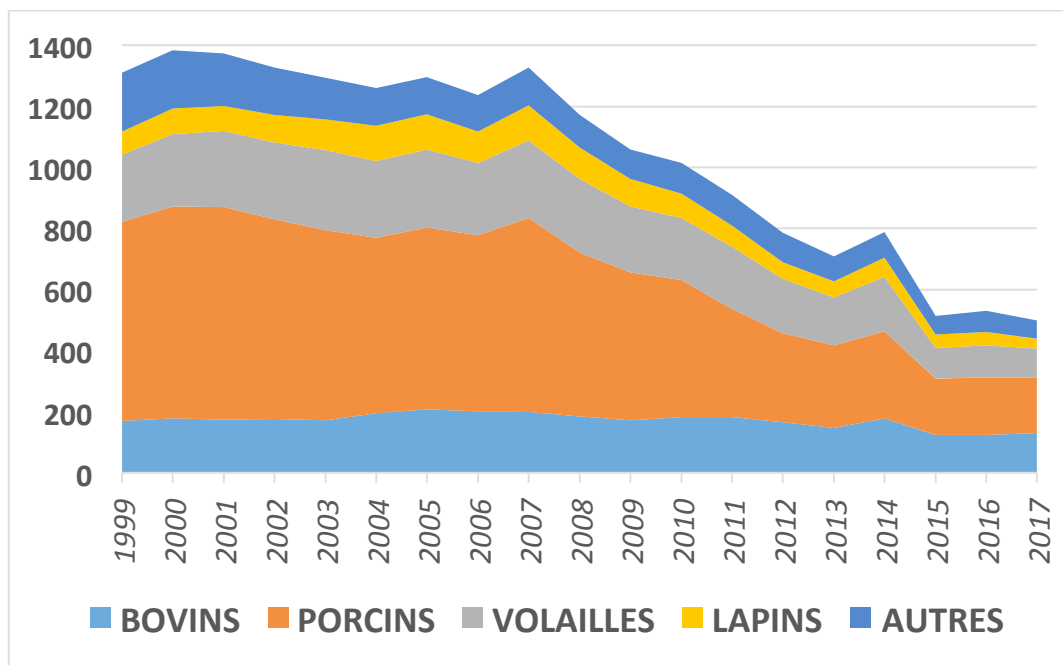
	Bovins	Porcs	Volailles	Lapins	Chats & chiens	Ovins & Caprins	Chevaux	Poissons	Autres	TOTAL
Biomasse (T)	9313903	2817608	2181565	88867	163922	542783	275003	45971	35127	15464749
Biomasse (%)	60,2	18,2	14,1	0,57	1,05	3,51	1,78	0,30	0,23	100%
Antibio (T)	131	181,3	94,6	31,7	16,1	34,1	8,5	1,3	0,27	496,7
Antibio (%)	26,3	36,3	19,0	6,3	3,2	6,8	1,7	0,26	0,05	100%
Antibio (mg/kg)	14,1	64,3	43,4	356,5	98,1	62,7	30,7	28,2	7,6	32,2

Evolutions 1999-2017

La figure 41 montre l'évolution des consommations depuis 1999.

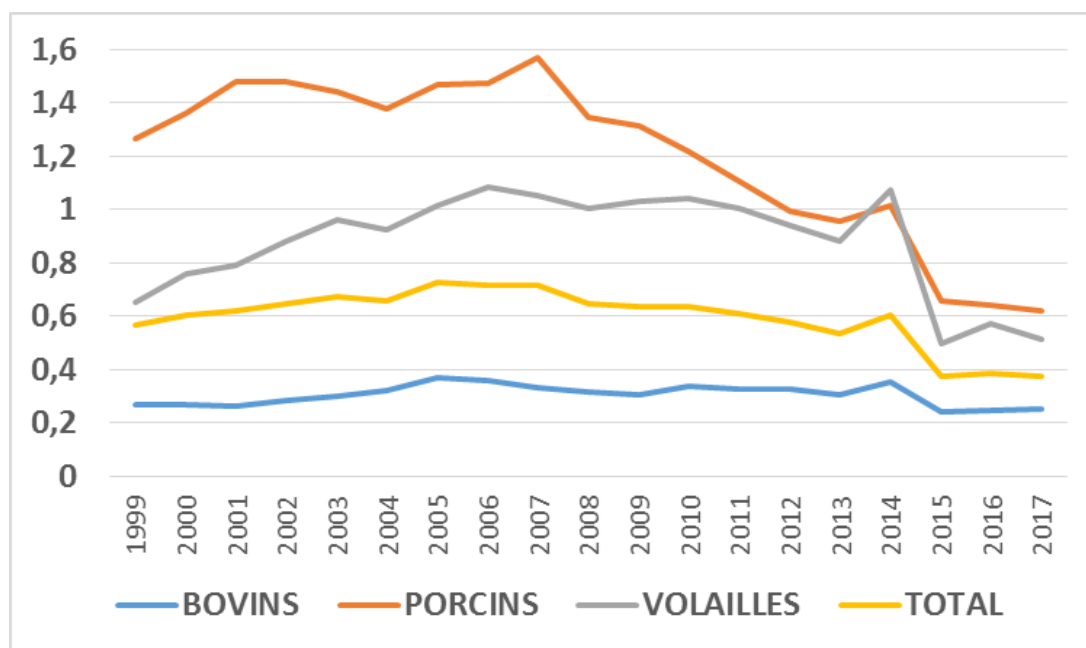
On observe que, après une période 1999-2007 marquée par des consommations élevées et stables (1311 tonnes par an en moyenne), on a une chute rapide des consommations jusqu'en 2015, avec ensuite une stabilisation à environ 500 tonnes. La chute est beaucoup plus marquée pour les porcins (- 72% entre 1999 et 2017) et les volailles (- 66%) que pour les bovins (- 23%) mais nous avons vu que les herbivores avaient des niveaux de traitements nettement plus faibles.

Figure 41 : Evolution des ventes d'antibiotiques (en tonnes de matière active) pour les principales filières d'élevage (ANSES, 2018)



Le calcul de l'ALEA, qui intègre l'évolution éventuelle des antibiotiques utilisés, confirme cette tendance à la baisse depuis 2007 (figure 42).

Figure 42 : Evolution de l’ALEA (Indicateur d’exposition des animaux aux antibiotiques) de 1999 à 2017 (ANSES, 2018)



Ces évolutions à la baisse résultent de stratégies volontaristes mises en place au niveau européen et national. Dès 2001, l’Union européenne a lancé une stratégie visant à éliminer progressivement l’utilisation d’antibiotiques à des fins non thérapeutiques chez les animaux d’élevage⁴⁷. Cette stratégie a conduit à interdire définitivement à partir du 1^{er} janvier 2006 leur utilisation comme additifs dans l’alimentation, (notamment pour améliorer la croissance), pratique qui était fréquente pour les porcs, les volailles et les lapins. La France a lancé en novembre 2011 le plan national EcoAntibio 2012-2016⁴⁸, visant à réduire en 5 ans de 25% l’usage des antibiotiques. Un nouveau plan EcoAntibio 2 a été lancé en avril 2017 pour la période 2017-2021⁴⁹, avec comme objectif de « maintenir dans la durée la tendance à la baisse de l’exposition des animaux aux antibiotiques ».

On notera que, par contre, la consommation d’antibiotiques à usage humain, après une baisse sensible entre 2000 et 2004, ne diminue plus, voir repart à la hausse (figure 43). On ne dispose que de données parcellaires pour les tonnages utilisés (figure 44) mais qui montre clairement cette stagnation. De ce fait, les usages vétérinaires, qui représentaient environ 60% des ventes d’antibiotiques en 2000, n’étaient plus que de 40% des ventes en 2017, les usages humains étant devenus majoritaires.

⁴⁷ Voir <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/antimicrobial-resistance>

⁴⁸ Voir <https://agriculture.gouv.fr/plan-ecoantibio-2012-2017-lutte-contre-lantibioresistance>

⁴⁹ Voir <http://www.web-agri.fr/actualite-agricole/politique-syndicalisme/article/stephane-le-foll-presente-une-nouvelle-version-du-plan-ecoantibio-pour-2017-2021-1145-127262.html>

Figure 43 : Évolution de la consommation d'antibiotiques à usage humain de 2000 à 2015 (ANSM, 2017). La consommation est présentée en nombre de Doses Définies Journalières pour 1 000 habitants et par Jour (DDJ/1000H/J). La DDJ, ou posologie standard pour un adulte de 70 kg, permet de calculer, à partir du nombre d'unités vendues, et en fonction du nombre d'habitants, la consommation de chaque molécule.

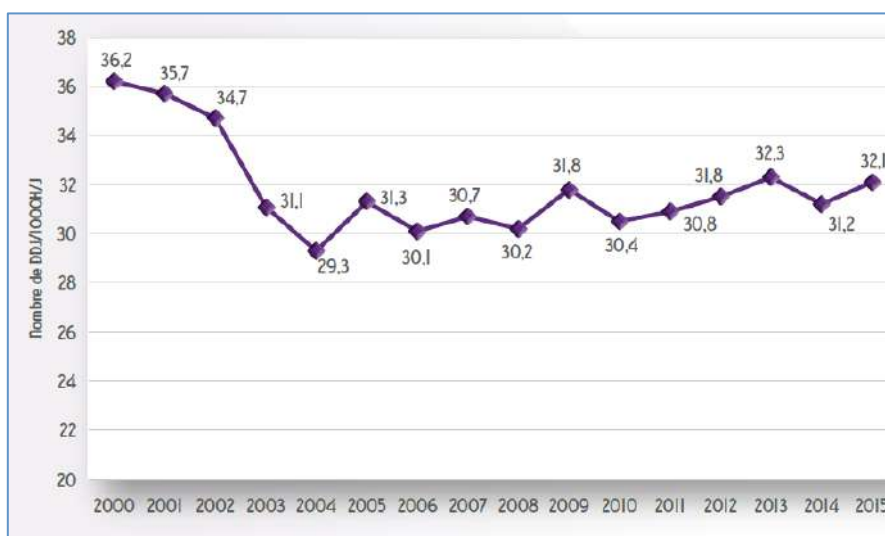


Figure 44 : Consommation d'antibiotique à usages humains et vétérinaires en tonnes par an

Année	Humains	vétérinaires
2005	760	1295
2012	719	786
2016	786	530
2017	759	499

Sources des données :

2005 http://www.infectiologie.com/UserFiles/File/medias/_documents/ATB/info-antibio-2010-mai.pdf

2012 <https://www.pourquoidoctor.fr/Articles/Question-d-actu/9663-Antibiotiques-la-France-championne-d-Europe-de-la-consommation>

2016 https://www.anism.sante.fr/var/anism_site/storage/original/application/e8468de77f46e530471c0b228c900527.pdf

2017 https://actu.fr/societe/antibiotiques-sont-precieux-utilisons-mieux-nouveau-slogan-gouvernement_19539952.html

Proposition d'indicateurs

A partir de ces données, nous proposons un indicateur « consommation d'antibiotique à usage vétérinaire », illustré par la figure 41, avec comme indicateur secondaire la comparaison entre les consommations animales et humaines.

Indicateurs B17 : Consommation d'antibiotiques à usage vétérinaire

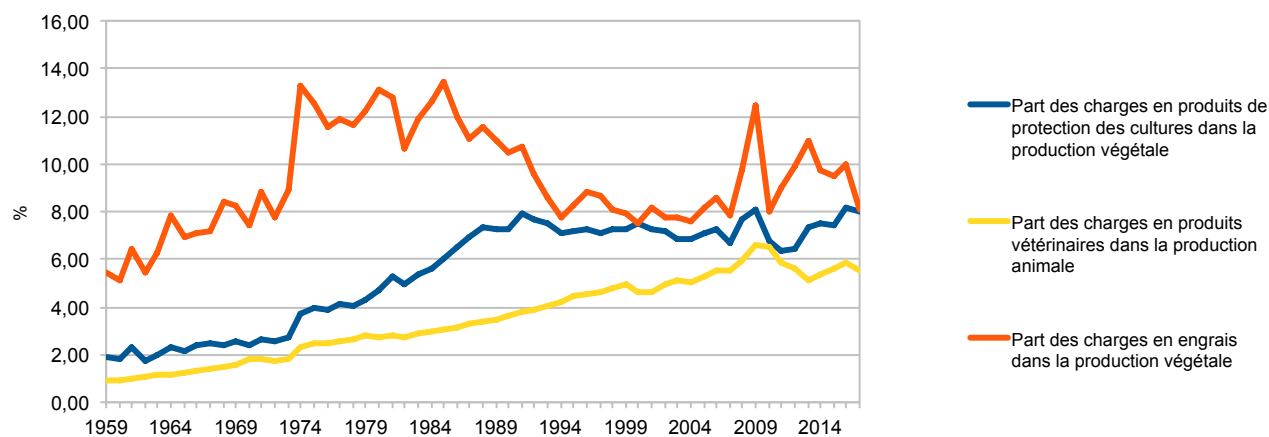
Chiffre clé : - 62% en 10 ans (2007-2017)

Chiffre secondaire : 40% de la consommation totale humaine et animale (63% en 2005)

Message clé : Forte réduction de l'usage

III. c) 2. Part des charges en produits phytosanitaires, engrais et produits vétérinaires dans la production

L'INSEE dispose des données économiques de long terme (1959-2017) sur la part des charges en intrants dans la production agricole⁵⁰ (végétale ou animale), données reflétant l'intensité de la production. Trois types d'intrants sont considérés : les produits phytosanitaires, les engrais et amendements et les produits vétérinaires.



III. d) La diversité paysagère

III. d) 1. La fragmentation du paysage

Plusieurs pistes ont été évoquées pour l'élaboration d'un ou de plusieurs indicateurs sur la fragmentation du paysages. Nous avons identifiés les travaux du CEREMA sur la fragmentation et de l'ONCFS sur l'identification du bocage (programme AMELI, cf. note méthodologique ci-dessous).

En outre, concernant le bocage, il serait possible d'extraire de la BD TOPO IGN des données de la couche végétation (après de nombreux traitements) : éléments linéaires, une approche du réseau bocager peut être envisagée avec par exemple la détermination : du réseau bocager continu et discontinu ; de la densité, du maillage bocager. L'IGN a des travaux en cours sur le sujet.

Nous proposons donc de ne pas élaborer d'indicateur de fragmentation des paysages pour le moment et d'attendre la fin des différents programmes en cours (CEREMA, ONCFS et IGN).

Note méthodologique : programme AMELI (POLE BOCAGE ONCFS, 2019)⁵¹

Dans le cadre de la démarche nationale Trame Verte et Bleue, le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie a lancé un nouvel appel à projet de recherche **DIVA** « action publique, agriculture et biodiversité », portant cette fois-ci sur les continuités écologiques dans les territoires ruraux et leurs interfaces.

C'est dans ce cadre, qu'une équipe pluridisciplinaire de chercheurs a élaboré un programme baptisé **AMELI** « Analyse Multi-Echelle des Lisières pour la réalisation de la trame verte de la région Poitou-Charentes ». L'objectif de ce programme de recherche de 3 ans est de contribuer à une meilleure connaissance

⁵⁰ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3676196?sommaire=3676198>

⁵¹ <http://www.polebocage.fr/-Inventaires-des-bocages-et-leurs-.html>

des continuités écologiques du bocage et à leur prise en compte aux différentes échelles, depuis l'échelon national jusqu'au niveau opérationnel local des documents d'urbanisme.

III. d) 2. Le morcellement parcellaire

Nous avons identifié divers types de données pour renseigner le morcellement parcellaire :

- les données du recensement agricole 2010 (RA). En l'occurrence, AGRESTE propose l'indicateur « taille des exploitations agricoles » (part des surfaces agricoles de 100 ha et plus par canton en 2010). Toutefois cela ne renvoie toujours à un élément quantifiable de la biodiversité. Nous avons donc choisi de ne pas développer cet indicateur pour le moment.
- le registre parcellaire graphique (RPG) diffusé par l'ASP (Agence de service et de paiements). En effet, l'ASP diffuse depuis 2007 une version anonymisée des données sur les îlots PAC⁵². Cependant, notons une **discontinuité dans les séries de données du RPG liée à un changement de d'identification des exploitations** : une exploitation dont les îlots sont situés dans plusieurs départements n'est plus identifiée par un numéro unique, mais par autant de numéros que de départements. Ainsi les données du RPG 2007 et du RGP 2010 ne peuvent pas être croisées. Aussi, ces données concernent uniquement les exploitations faisant une demande d'aide au titre de la PAC : le nombre d'exploitations alimentant la base de données est élevé mais la part des exploitations absentes est *a priori* d'autant plus importante que le secteur dont celles-ci relèvent est peu aidé, maraîchage et viticulture notamment.
- **L'étude de Piet et Cariou** sur le morcellement des exploitations agricoles françaises (données RPG pour l'année 2007 diffusées par l'ASP) présente un ensemble de 6 indicateurs (figure 45) décrivant le morcellement dans ses différentes dimensions (nombre, forme, taille, éloignement et éparpillement des îlots). Ces indicateurs sont donnés selon 3 niveaux d'agrégation (surface de l'exploitation, statut juridique et orientation productive) (tableau 36). En effet, depuis 2002 le RPG permet d'identifier les « îlots PAC » (nature, superficie, caractère irrigué ou non des cultures). Un îlot PAC est un ensemble de parcelles culturales contiguës que vous exploitez : portant une ou plusieurs cultures, délimité par des éléments permanents facilement repérables (chemin, route, ruisseau...) ou par d'autres exploitations et stable d'une année sur l'autre. **Toutefois, nous n'avons pas retenu les indicateurs développés dans le cadre de l'étude car elle ne sera pas répétée.**

NB : la méthode de calcul des 6 indicateurs de l'étude de Piet et Cariou est donnée dans la figure(46).

⁵² Information sur les données elles-mêmes (contenu, couverture, modèle conceptuel, etc.) et sur leur diffusion (niveaux d'information, disponibilité, conditions contractuelles, etc.) à la page consacrée au RPG sur le site Internet de l'ASP (www.asp-public.fr/?q=node/856).

Figure 45 : cartographie à l'échelle des petites régions agricoles (PRA) et détail des formules de calcul des indicateurs (source : Piet et Cariou, 2014 ; données : ASP, RPG Anonyme 2007 – calcul des auteurs)

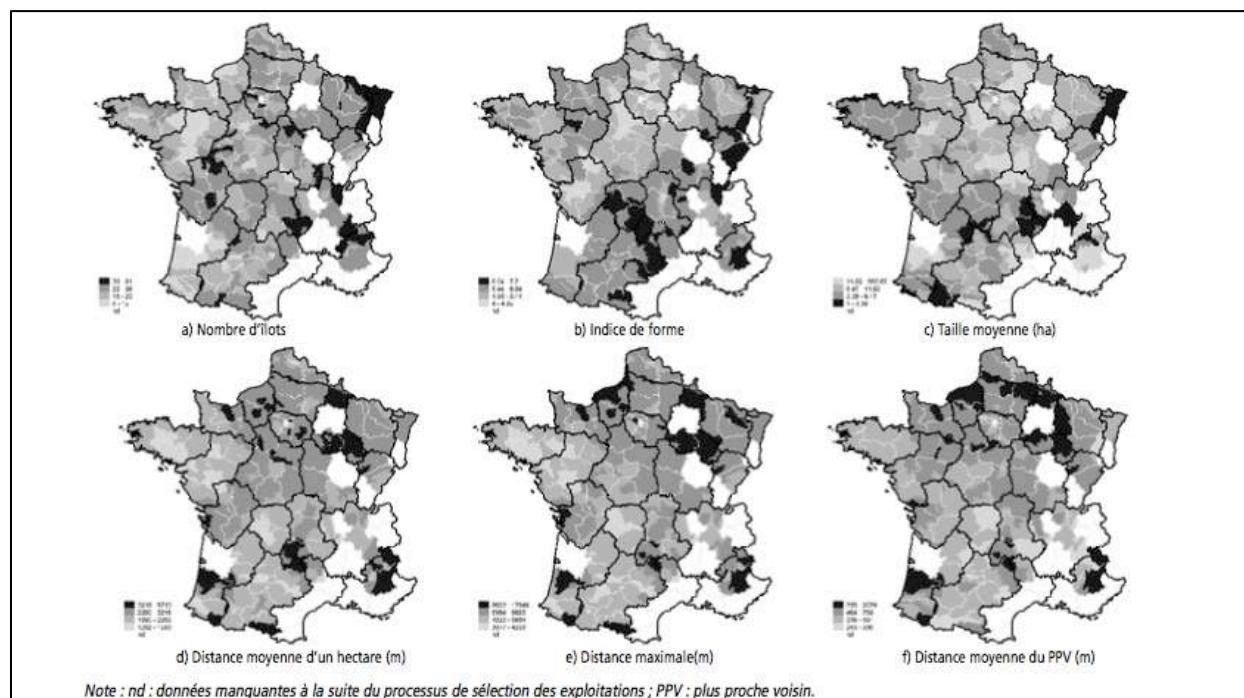


Tableau 36 : statistiques descriptives des indicateurs de morcellement parcellaire selon les caractéristiques (moyennes par exploitation, écart-type entre parenthèses) (source : Piet et Cariou, 2014 ; données : ASP, RPG, Anonyme 2007 – calcul des auteurs)

	Surface de l'exploitation				Statut juridique			Orientation productive ^a	
	moins de 25 ha	25 à 50 ha	50 à 100 ha	100 ha et plus	Individuels	GAEC	EARL	Cultures	Élevages
Nombre d'exploitations soit dans la population étudiée	87 666 31 %	55 270 19 %	80 016 28 %	64 300 22 %	209 852 73 %	29 748 10 %	47 652 17 %	99 159 35 %	188 093 65 %
Surface agricole utile (ha)	9.86 (7.08)	37.53 (7.21)	72.22 (14.24)	160.27 (86.66)	46.27 (56.13)	145.06 (85.48)	104.87 (62.10)	72.78 (71.67)	62.77 (68.64)
<i>Indicateur corrélé négativement avec le niveau global de morcellement</i>									
Surface moyenne (ha)	2.65 (2.51)	4.71 (4.29)	6.07 (5.17)	8.82 (10.76)	4.68 (6.51)	6.79 (5.70)	7.58 (7.09)	5.85 (6.52)	5.13 (6.68)
<i>Indicateurs corrélés positivement avec le niveau global de morcellement</i>									
Nombre d'îlots	5.19 (5.05)	12.34 (8.72)	17.25 (11.00)	25.56 (15.92)	11.90 (11.11)	26.71 (17.14)	18.22 (12.61)	14.25 (12.95)	14.60 (13.06)
Indice de forme	5.24 (0.94)	5.49 (0.86)	5.55 (0.85)	5.49 (0.84)	5.41 (0.91)	5.65 (0.84)	5.40 (0.80)	5.14 (0.71)	5.58 (0.93)
Distance moyenne d'un hectare (m)	645 (1 467)	1 264 (1 994)	1 749 (2 304)	2 778 (3 494)	1 294 (2 258)	2 468 (2 927)	2 100 (2 954)	1 648 (2 587)	1 497 (2 450)
Distance maximale (m)	1 476 (3 220)	3 332 (4 731)	4 755 (5 720)	7 513 (8 398)	3 362 (5 438)	6 720 (7 231)	5 699 (7 269)	4 320 (6 466)	3 981 (5 908)
Distance moyenne du PPV (m)	536 (1 495)	509 (827)	513 (631)	560 (949)	532 (1 189)	478 (499)	551 (637)	560 (1 065)	514 (1 060)

Notes : PPV : plus proche voisin.

a : « Cultures » regroupe les PBSA « Céréales et Oléagineux », « Cultures générales et maraîchage » et « Polycultures » ; « Élevages » regroupe les PBSA « Élevage » et « Autres ».

Figure 46 : Détail du calcul des 6 indicateurs de Piet et Cariou, 2014

Pour chaque exploitation i dont les îlots sont identifiés par $k, l = 1, \dots, K_i$, les indicateurs de morcellement suivants ont été calculés :

- nombre d'îlots : $nplot_i = K_i$
- indice de forme moyen des îlots : $wshpi_i = \frac{1}{A_i} \sum_{k=1}^{K_i} a_k \frac{p_k}{\sqrt{a_k}}$
- taille moyenne des îlots : $avpls_i = \frac{A_i}{K_i}$
- distance moyenne d'un hectare : $avdha_i = \frac{1}{A_i} \sum_{k=1}^{K_i} a_k \sqrt{(x_k - \bar{x}_i)^2 + (y_k - \bar{y}_i)^2}$
- distance maximale des îlots : $maxdp_i = \operatorname{argmax}_{k=1}^{K_i} \left(\sqrt{(x_k - \bar{x}_i)^2 + (y_k - \bar{y}_i)^2} \right)$
- distance moyenne de l'îlot plus proche voisin (PPV) :

$$avmnd_i = \frac{1}{K_i} \sum_{k=1}^{K_i} \operatorname{argmin}_{l=1}^{K_i} \left(\sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2} \right)$$

où (x_k, y_k) sont les coordonnées planes du centroïde de l'îlot k , a_k sa surface et p_k son périmètre, $(\bar{x}_i, \bar{y}_i) = \left(\frac{1}{A_i} \sum_{k=1}^{K_i} a_k x_k, \frac{1}{A_i} \sum_{k=1}^{K_i} a_k y_k \right)$ sont les coordonnées planes du barycentre de l'exploitation i et $A_i = \sum_{k=1}^{K_i} a_k$ sa surface totale.

Nous avons donc exploré plus en détails la source de données du RPG, exploitable avec l'outil RPG Explorer. En effet, cet outil livre un ensemble d'indicateurs du morcellement (annexe 13). Nous souhaitons construire un indicateur « surface moyenne des îlots agricoles ». Toutefois, nous avons remarqué deux freins à l'utilisation des données sur les îlots du RPG :

- d'une part, comme cela a été mentionné ultérieurement (cf. partie II.b.1) note méthodologique : données RPG), les données du RPG sont difficilement accessibles pour le moment ;
- d'autre part, les données RPG concernent les îlots PAC. Or, un îlot PAC est un ensemble de parcelles culturales contiguës exploitées par une même exploitation, portant une ou plusieurs cultures, délimité par des éléments facilement repérables (chemin, route, ruisseau,...) ou par d'autres exploitations (source : définition adaptée de la Notice explicative « Comment renseigner votre dossier PAC ? » du MAAF). De plus, les infrastructures écologiques, telles que les haies, peuvent être incluses à l'intérieur d'un îlot. Ainsi il semble que tenter d'appréhender la biodiversité à partir de la structure des îlots ne semble pas être la manière la plus pertinente. Il vaudrait mieux considérer une échelle plus représentative des réalités écologiques. En outre il existe une rupture méthodologique dans les données puisque les nouvelles données PAC concerne maintenant les parcelles et non plus les îlots.

Ainsi, nous avons contacté le SSP pour savoir s'il serait possible d'avoir les données sur la taille moyenne des parcelles agricoles. Le registre cadastrale ne reflète en rien les parcelles culturales. Dans le cas où ces données ne seraient pas encore répertoriées dans une base de données, il serait en effet possible d'utiliser un logiciel de SIG (Système d'information géographique) pour identifier les parcelles via les données spatiales du RPG. Aucun indicateur n'a donc pu être élaboré suite à cette première année de travail mais nous allons poursuivre l'exploration de cette piste auprès du SSP.

III. d) 3. Les infrastructures écologiques

L'ONB comporte un indicateur « haies, bois et landes dans les territoires agricoles » détaillant les proportions des différentes infrastructures écologiques considérées et la part de l'ensemble de ces surfaces pour chaque département en métropole. Cet indicateur a été construit à partir des données Teruti Lucas et CORINE Land Cover.

Cependant dans cet indicateur n'est pas renseignée l'évolution de ces surfaces au cours du temps. Nous proposons donc un indicateur de tendance de ces infrastructures écologiques pour la période 2006-2015. Les données source permettant d'élaborer cet indicateur sont celles de l'enquête Teruti « Croisement entre occupation et utilisation » (Figures 47 et 48)

Figure 47 : Évolution des surfaces en haies et alignements d'arbres (en rouge), en landes (en vert) et en bosquets (en bleu) en base 100. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste Teruti – croisement entre occupation et utilisation du territoire)

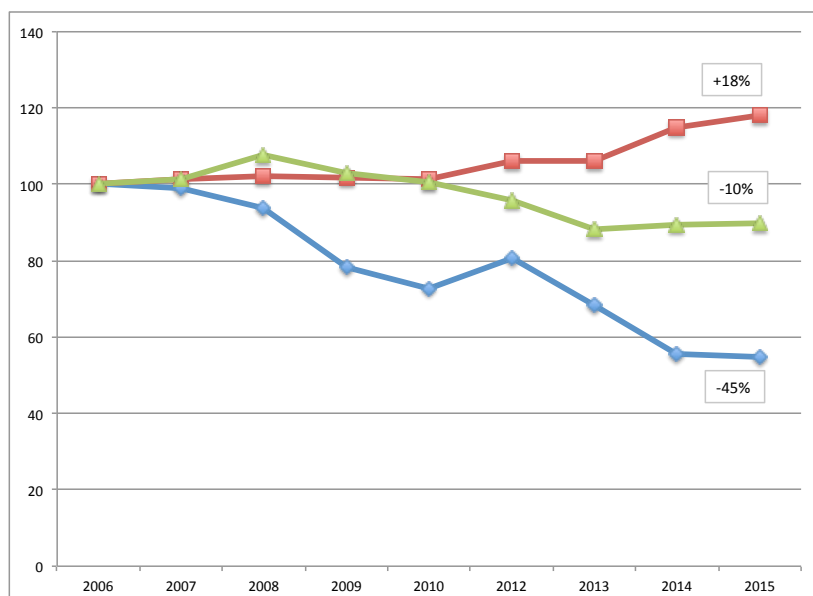
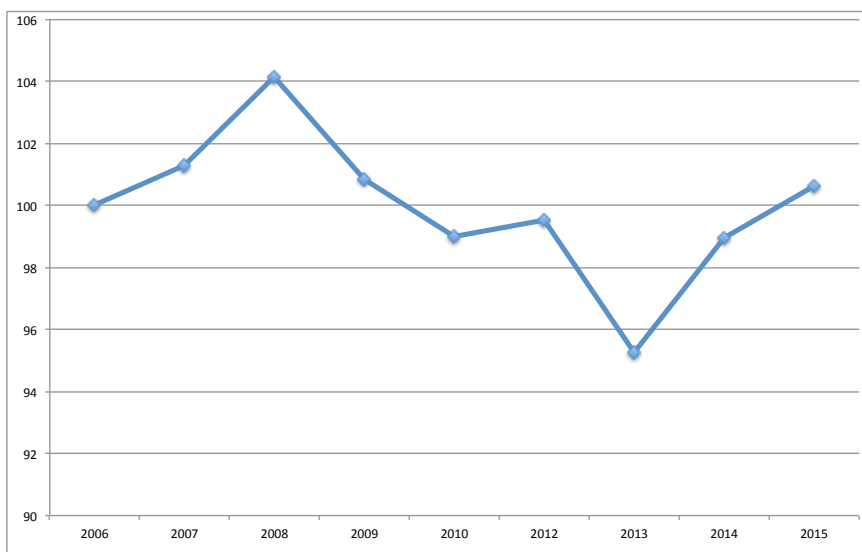


Figure 48 : Évolution des infrastructures écologiques (haies et alignement d'arbres, landes et bosquets) de 2006 à 2015. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste Teruti – croisement entre occupation et utilisation du territoire)



Indicateur B18 : Haies et alignement d'arbres en agriculture

Chiffre clé : +18%, évolution des surfaces en haies et alignements d'arbres des territoires agricoles de 2006 à 2015

Chiffre secondaire : 585 634 ha, surface en haies et alignements d'arbres des territoires agricoles en 2015

Message clé : Augmentation des surfaces d'infrastructure écologique de type haie et alignement d'arbres.

III. e) Certifications et signes de qualité

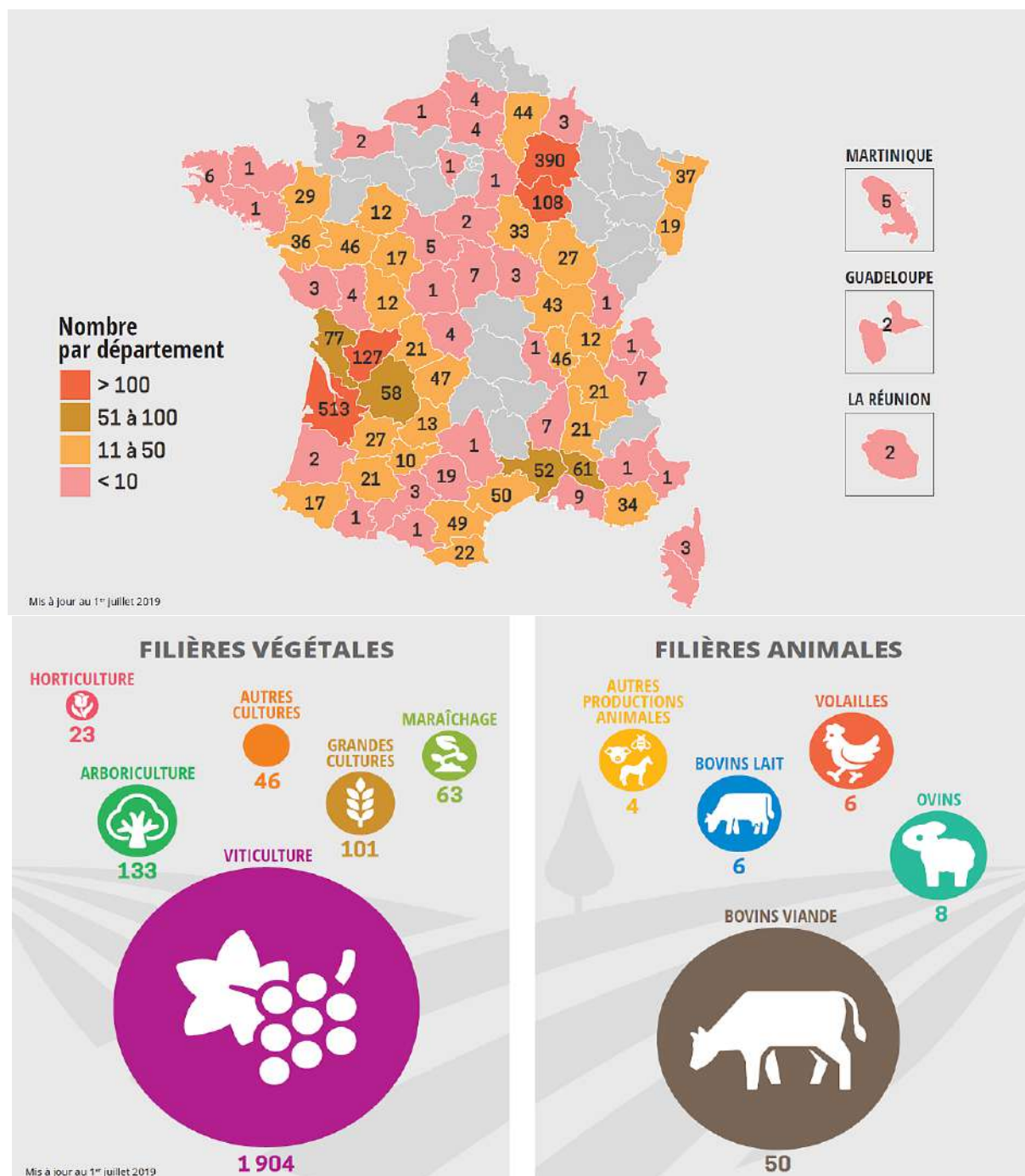
Plusieurs certifications environnementales et signes de qualité informent d'un degré de prise en compte de certains éléments de la biodiversité dans les pratiques agricoles. Nous proposons de retenir quatre indicateurs qui nous paraissent pertinents : le nombre d'exploitations certifiées « Haute Valeur Environnementale », le nombre et la surface d'exploitations BIO, le nombre d'exploitation et la surface à Haute Valeur Naturelle, les surfaces agricoles dans les espaces protégés et les signes de qualité associés.

- **Nombre d'exploitations HVE** : le nombre d'exploitations HVE est actualisé annuellement par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. **Au 1er juillet 2019, le nombre d'exploitations HVE s'élevait à 2272 avec une augmentation de 50% par rapport au 1^{er} janvier 2019 (1518 exploitations)⁵³.** On observe **une forte surreprésentation des régions viticoles et arboricoles** qui sont les types de productions agricoles qui plébiscitent le plus cette certification (figure 49). HVE fait partie des mesures de l'action 21 du Plan national biodiversité de 2018 : « *Nous développerons le label Haute Valeur environnementale pour atteindre 15 000 exploitations certifiées en 2022 et 50 000*

⁵³ <https://agriculture.gouv.fr/la-haute-valeur-environnementale-une-reconnaissance-officielle-de-la-performance-environnementale>

en 2030. »⁵⁴. Nous proposons d'intégrer la valeur actualisée annuellement du nombre d'exploitation HVE dans une page dédiée aux certifications environnementales favorables à la biodiversité.

Figure 49 : Répartition départementale du nombre d'exploitation HVE au 1^{er} Juillet 2019 et répartition du nombre d'exploitation HVE en fonction du type de production. Source : MAA



- **Nombre d'exploitations et surface en BIO** : En 2017, les surfaces en BIO représentaient 6,5% de la SAU et les exploitations agricoles en BIO représentaient 7% de l'ensemble des exploitations⁵⁵. Les

⁵⁴ MTEs, Comité interministériel biodiversité, *Plan biodiversité*, 4 juillet 2018, P.10 : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18xxx_Plan-biodiversite-04072018_28pages_FromPdf_date_web_PaP.pdf

⁵⁵ AGRESTE, 2017, *SAA surface des exploitations 2017 hors collectifs*.

chiffres de l'Agriculture Biologique sont actualisés annuellement et les données sont mises à disposition à différentes échelles territoriales ainsi que par type de productions par le MAA et l'Agence BIO (**figures 50 et 51**). Ces bases de données sont facilement mobilisables. Le plan national « Ambition BIO 20122 » fixe un objectif de 15% de la SAU en BIO en 2022. Le comité éditorial de l'ONB a validé l'intégration de l'indicateur : « **Part de la SAU en Agriculture Biologique** » à partir des données et de l'Agence BIO.

Figure 50 : Évolution des opérateurs et des surfaces certifiées BIO de 1995 à 2017.

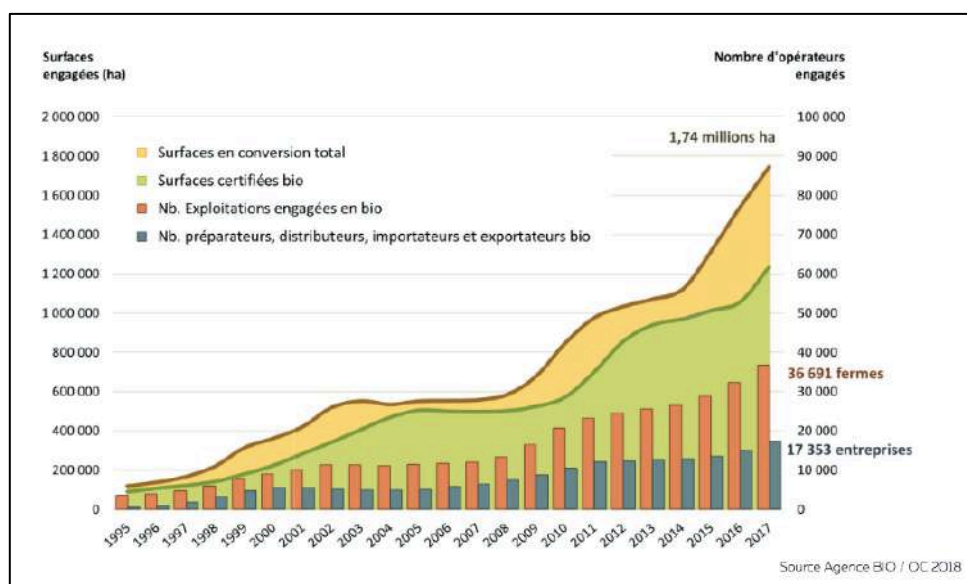
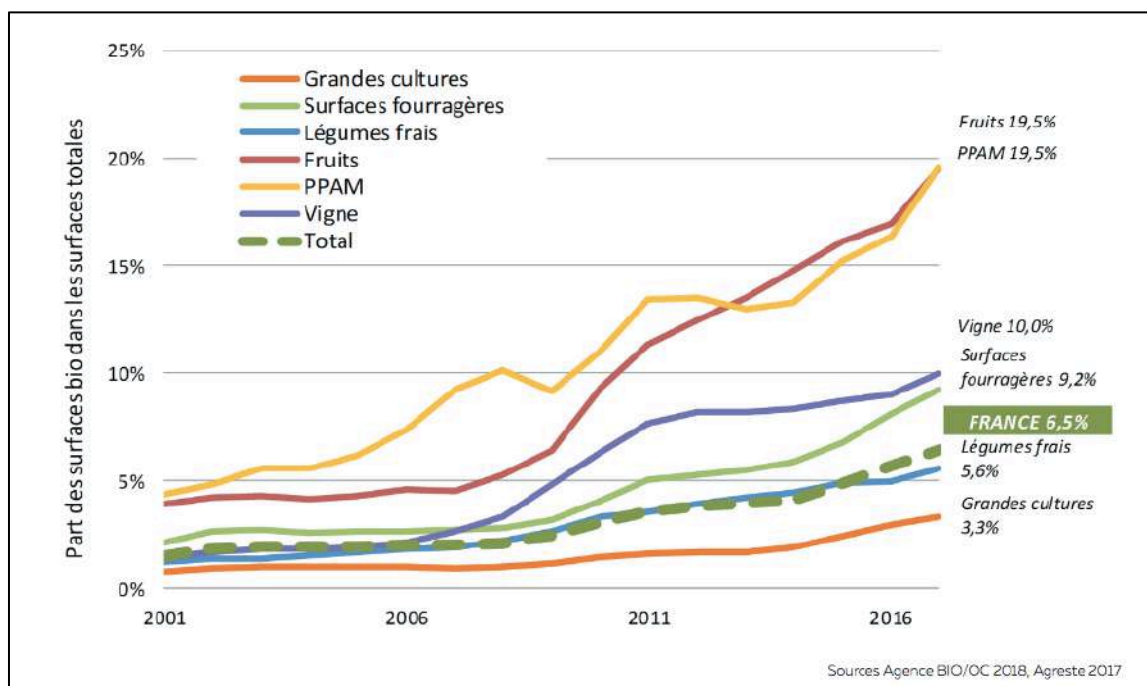


Figure 51 : Évolution de la part des surfaces nationales conduites en BIO de 2001 à 2017.



-Surfaces et exploitation en HVN : D'après les auteurs du dernier rapport en date sur l'agriculture HVN, « l'agriculture à «Haute Valeur Naturelle» (HVN) désigne les formes d'agriculture intimement associées à une riche biodiversité, via des interactions complexes entre espèces et pratiques agricoles. Selon les règlements de développement rural successifs de 2007-2013 et 2014-2020, les mesures environnementales de cette politique doivent notamment cibler ce type d'agriculture. La « proportion de SAUHVN dans la SAU totale » est également à ce titre un des indicateurs d'impact requis dans le cadre commun de suivi et d'évaluation de la politique agricole commune (PAC). Cependant, aucune méthode pour calculer cet indicateur n'est définie au niveau européen et peu de travaux existent sur l'agriculture HVN en France »⁵⁶. De ce fait, cet indicateur n'a été calculé qu'une seule fois en 2010 (figure 52). La valeur a été territorialisée. Ainsi, en 2010 18% de la SAU était des surfaces à HVN. Toutefois, aucune actualisation n'a été prévu et la méthode de calcul utilisées n'est pas assurées d'être maintenue dans le cas où l'indicateur serait actualisé. Nous avons donc décidé d'intégrer ce chiffre à une fiche thématique sur les certifications, sans en faire un indicateur.

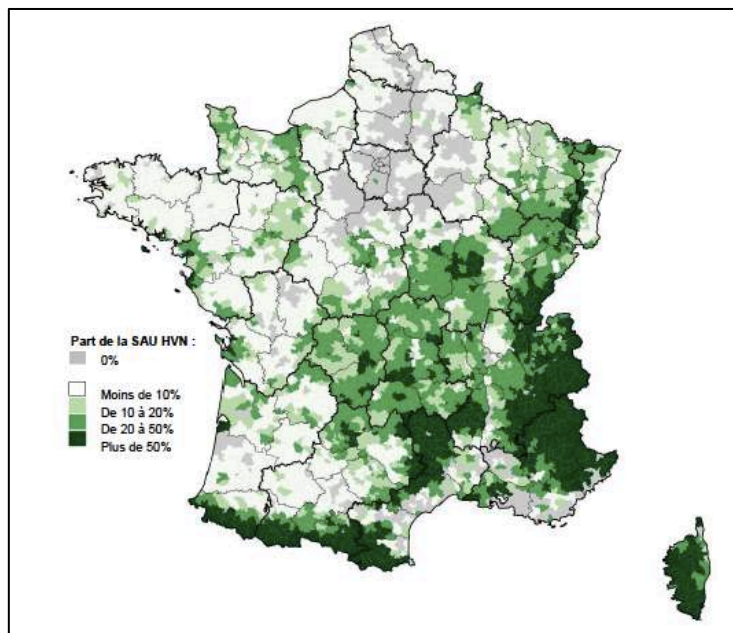


Figure 52 : Part de la SAU à Haute Valeur Naturelle par canton en 2010⁵⁷.

- **Part de la SAU dans des espaces protégés :** Le RGA de 2010 donne par exemple 58000 exploitations au sein des des PNR. Nous devons cependant encore explorer cette possibilité. Il s'agit notamment de définir quel degré de protection est associé à chaque type d'espaces protégés (Natura 2000, PN, PNR, etc.).

Conclusion : une fiche «certification et signes de qualité » sera présentée au comité éditorial. Cette fiche comprendra dans un premier temps le **nombre d'exploitations en HVE** (carte de répartition territoriale, et type de production) ainsi que la **part de la SAU classée HVN** (Haute valeur naturelle).

⁵⁶ SOLAGRO, AScA, Épices, 2014, *l'Agriculture à « haute valeur naturelle » en France métropolitaine : un indicateur pour le suivi de la biodiversité et l'évaluation de la politique de développement rural.*

⁵⁷ *Ibid.* p. 120

III. f) Synthèse et perspectives

Cette analyse des pratiques et organisations nous amène à proposer plusieurs nouveaux indicateurs :

- deux indicateurs relatifs à la diversité des espèces végétales cultivées, le nombre efficace de cultures (indicateur B1) et la part des cultures minoritaires (autres que le blé tendre, les orges et le maïs, indicateur B2) ;
- un indicateur (B5) sur l'importance des biomasses en élevage (en Kg par habitant), en distinguant les herbivores et les monogastriques ;
- en ce qui concerne la diversité intraspécifique, nous proposons de retenir les cas bien documentés du blé (diversité des variétés, indicateur B3 et diversité génétique, indicateur B4) et celui des races bovines (indicateurs B6 et B7)
- deux indicateurs au sujet de la diversité des rotations ; l'intégration d'au moins une légumineuse dans la succession culturale (B8) et les surfaces où au moins 4 espèces différentes sont cultivées dans une rotation de 5 ans (B9) ;
- trois indicateurs concernant l'enherbement : la part des surfaces enherbées sur l'inter-rang en viticulture (B10), la part des grandes cultures couvertes en hiver (B11) et l'évolution de l'enherbement lié à la production agricole hors élevage entre 2006 et 2015 (B12) ;
- Deux indicateurs pour l'apport de matières fertilisantes : le bilan de la fertilisation azoté et le bilan de la fertilisation phosphoré (B13 et B14) ;
- deux indicateurs pour l'apport en produits phytosanitaires : la tendance annuelle des IFT et l'IFT en viticulture (B15 et B16).
- pour les médicaments vétérinaires, nous proposons un indicateur relatif à la consommation annuelle d'antibiotiques (indicateur B17).
- un indicateur pour la diversité paysagère concernant les haies et alignement d'arbres en agriculture. (B18)

Références module B :

Agreste. Enquête pratiques culturales en viticulture 2013 [en ligne]. Disponible sur :

http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier28_methodologie.pdf

Agreste. Méthodologie de l'enquête « pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010 [en ligne]. Disponible sur : <<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/pratiques2012viticulture.pdf>>

ANSES, 2018. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2017. Rapport annuel. <https://www.anses.fr/fr/content/rapport-2018-des-ventes-d%E2%80%99antibiotiques-en-m%C3%A9decine-v%C3%A9t%C3%A9rinaire-2018>

ANSM, 2017. L'évolution des consommations d'antibiotiques en France entre 2000 et 2015.

<https://ansm.sante.fr/S-informer/Points-d-information-Points-d-information/Evolution-des-consommations-d-antibiotiques-en-France-entre-2000-et-2015-Point-d-Information>

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2009. Regulation No 1200/2009 of 30 November 2009 implementing Regulation (EC) No 1166/2008 of the European Parliament and of the Council on farm structure surveys and the survey on agricultural production methods, as regards livestock unit coefficients and definitions of the characteristics. Official Journal of the European Union. 15.12.2009.p6-13

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:329:0001:0028:EN:PDF>

Cordeau S., Petit S., Reboud X., Chauvel B., 2012. The impact of sown grass strips on the spatial distribution of weed species in adjacent boundaries and arable fields. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 155, 35-40.

Eurostat. Gross nutrient balance : Gross nutrient balance per hectare UAA (kg of nutrient per ha) [en ligne]. 22/05/2019. Disponible sur :

<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei_pr_gnb&lang=en>

Eurostat. Gross nutrient balance (aei_pr_gnb) : reference metadata in Euro SDMX Metadata Structure (ESMS). 14/03/2019. Disponible sur : <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/aei_pr_gnb_esms.htm>

Eurostat. Gross nutrient balance on agricultural land (kg per ha).Disponible sur : <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=0&pcode=t2020_rn310&language=en>

Eurostat. Gross nutrient balance on agricultural land (t2020_rn310) : ESMS Indicator profile (ESMS-IP) [en ligne]. Disponible sur : <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/t2020_rn310_esmsip2.htm>

EUROPEAN COMMISSION EUROSTAT. Methodology and Handbook Eurostat/OECD Nutrient Budgets [en ligne]. 17/05/2013. Disponible sur : <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf>

Goffaux R, Goldringer I, Bonneuil C, Montalent P & Bonnin I, 2011. Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées ? Le cas du blé tendre cultivé en France depuis un siècle. Rapport FRB, Série Expertise et synthèse, 2011, 44 pages. http://www.fondationbiodiversite.fr/images/stories/telechargement/frb_etude_bl_web.pdf

Martin P., Levavasseur F.,Bouty C.,Scheurer O. et Martin L., 2018. RPG Explorer v1.9.41 : notice d'utilisation. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012. Service de la statistique et de la prospective, Centre d'études et de la Prospective. La diversification des assolements en France : intérêts, freins et enjeux [en ligne], *Analyse*, n°51, 2012, p. 4. Disponible sur : <<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/analyse511208.pdf>> (consulté le 06/03/2019)

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2016. Bernard Chevassus-au-Louis, président du comité d'évaluation - Rapporteurs : Clément Villien et Pierre Claquin (Centre d'études et de prospective du MAAF). Rapport d'avancement du Comité d'évaluation de la politique agro-écologique [en ligne]. 2016. Disponible sur : <<https://agriculture.gouv.fr/rapport-davancement-du-comite-devaluation-de-la-politique-agro-ecologique>>

Petremand G., Fleury D., Castella E., Delabays N.,2016. Influence de l'enherbement viticole sur les Carabidae (Coleoptera) et intérêt potentiel pour le contrôle de certains ravageurs de la vigne [en ligne]. Vol 20, n°3, 2016. Disponible sur : <<http://www.pressesagro.be/base/index.php/base/issue/view/430> >

Piet L. et Cariou S., 2014. « Le morcellement des exploitations agricoles françaises », *Économie rurale* [En ligne], 342 | juillet-août 2014, URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/4408> ; DOI : 10.4000/economierurale.4408

Pointereau P., Bisault L.,2006. Trente ans de paysages agricoles : la monoculture et ses dangers pour l'environnement [en ligne]. Solagro. 2006. Disponible sur : <<http://www.lavieduboncote.info/DOC%20PDF/DangerMonoculture.pdf>>

Pointereau *et al.*, 2007. Identification of High Nature Value Farmland in France through Statistical Information and Farm Practices Surveys [en ligne]. EUR 22786 EN. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2007, 76p. Disponible sur : <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC37553/reqno_jrc37553_report%20published%5b2%5d.pdf>

Raboisson D., 2004. Evolution raciale du cheptel bovin français des années 1970 aux années 2000 : Analyse à partir des données des Recensements Généraux Agricoles de 1979, 1988 et 2000. Thèse de doctorat vétérinaire. <http://oatao.univ-toulouse.fr/2034/>

Rieucan L., 1964. Le cheptel français au 1er janvier 1964. In: L'information géographique, volume 28, n°4, pp. 171-182. https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_1964_num_28_4_5659

RPG Explorer. Disponible en ligne : <https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/RPGEXPLORER/?id_session=0>

UNIFA. 2014. Évolution des bilans régionaux de fertilisation en France de 1988 à 2013 pour les trois éléments nutritifs : phosphore, potassium, magnésium.

UNIFA. 2011. Éléments des bilans soufre et azote et indicateurs d'efficacité de l'azote minéral sur blé tendre.

IV. Module C : DIVERSITE SPONTANEE

Ce module intègre la biodiversité présente à un niveau local - échelle de la parcelle agricole - et/ou des paysages agricoles et regroupe les différents niveaux trophiques. Il englobe les éléments relatifs à la biodiversité non-cultivée au sein des espaces agricoles ou périphériques (biodiversité inféodée, associée, sauvage). Ce module ne se limite donc pas à la biodiversité spontanée présente sur la surface agricole utile.

Nous avons identifié quatre thématiques à documenter :

- les sols ;
- les invertébrés ;
- les vertébrés ;
- la flore.

IV. a) Les sols

IV. a) 1. Teneur en carbone organique des sols

Introduction

La lithosphère est le principal réservoir de carbone (stock 2 à 3 fois plus important que celui de l'atmosphère⁵⁸), où ce dernier y est présent sous ses formes organique ou minérale. Le carbone organique provient de la décomposition des végétaux ou d'apports de matière organique exogène (ex: effluents d'élevage) et intervient dans diverses réactions biogéochimiques (minéralisation, immobilisation,...) comme réactif ou produit. Dès lors, les variations du stock en carbone des sols peuvent impacter le développement et la croissance des organismes du sol, et donc le fonctionnement des écosystèmes.

La teneur en carbone organique : données disponibles

La BDAT (Banque de données d'analyse des terres) et le RMQS (Réseau de mesure de la qualité des sols) contiennent tous deux des données des teneurs en carbone organique (C_{org}) des sols, respectivement pour les périodes 1990-2014 (en g/kg) et 2000-2009 (en t/ha). Dans le cadre du RMQS, une campagne d'échantillonnage est en cours pour la période 2017-2026.

Il n'est pas certain de pouvoir rassembler les données issues de la BDAT et du RMQS car les méthodes d'échantillonnage (tableau 37) et de dosage du carbone diffèrent. De ce fait la qualité des représentations cartographiques est bien distincte et est en l'occurrence meilleure pour le RMQS (figure 53).

⁵⁸ Voir pour plus de détails : ADEME. 2014. Carbone organique des sols. L'énergie de l'agroécologie, une solution pour le climat. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/7886_sol-carbone-2p-bd.pdf

Tableau 37 : Principales caractéristiques des bases de données RMQS et BDAT du GIS Sol

Base de données	BDAT	RMQS
Période	1990-2014	2000-2009 et 2016-2027
Nb analyse ou sites	15 millions d'analyses	2200 sites
Paramètres	Physico-chimiques (texture, structure ; elts nutritifs pour les plantes : phosphore, teneur en carbone ; polluants éventuels : teneur en métaux lourds ; pH)	Biophysicochimiques (biodiversité : ADN microbien, données botaniques ; spectrométrie, radioéléments, ...)
Limites	- analyses faites par les agriculteurs - densité d'échantillonnage variable selon les régions	- analyse tous les 10 ans et restitution après 5 ans
Avantages	- la plus ancienne et la plus importante	- plus robuste que la BDAT - 2200 sites couvrant tout le territoire français et répartis de manière homogène selon une grille 16km x 16km (représentatifs des sols français et de leurs usages) - permet une représentation cartographique avec une résolution de 1 km

NB : Les données du RMQS ne sont pas encore disponibles sur le site Gis Sol mais le seront « dès que les conditions d'utilisation seront validées ». (GIS Sol, 2019).

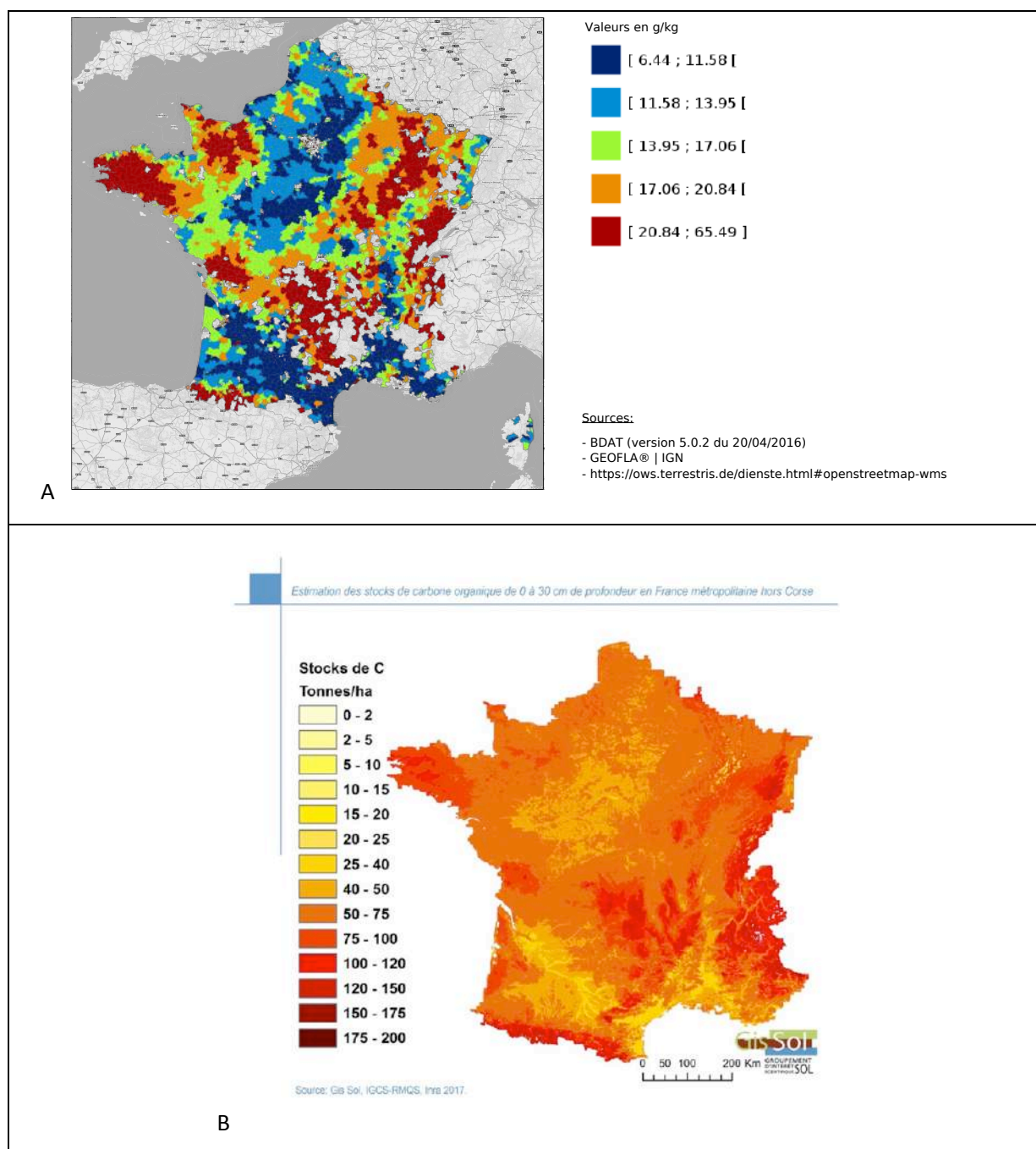


Figure 53 : (A) représentation cartographique du stock de carbone issue des données de la BDAT (source : INRA, GIS Sol outil Geosol, 2019) et (B) issue du RMQS (source : GIS Sol, 2017)

Les données des stocks de carbone par région et par occupation du sol (7 types) sont fournies pour l'année 2013 (Saby *et al.*, 2014). Cette démarche pourrait être appliquée aux années antérieures et ultérieures à l'année 2013.

Indicateur proposé

Nous proposons de construire un indicateur de la teneur en carbone organique des sols. Nous avons donc comparé les données de la BDAT à celles du RMQS pour une même date et exploré les données pour savoir s'il était possible de renseigner le type d'occupation du sol pour chaque site d'échantillonnage.

Nous sommes rentrés en contact avec Madame Marion Bardy qui nous a indiqué ne plus travailler au sein de l'unité Infosol. Ainsi, **nous prévoyons de contacter le directeur du service Infosol du GIS Sol, Monsieur Antonio Bispo.**

La plateforme Geosol du Gis Sol propose l'affichage de données de la BDAT sous forme de représentation cartographique. Nous avons pu extraire les moyennes nationales des teneurs en carbone organique du sol pour la période 2000-2014 (tableau 38)

Tableau 38 : Évolution de la teneur en carbone organique dans les 30 premiers cm de sol (source de données : BDAT)

	2000-2004	2005-2009	2010-2014	évolution entre 2004 et 2009	évolution entre 2009 et 2014	évolution entre 2004 et 2014
Teneur en carbone organique des sols (g/kg)	16,63	17,64	18,13	6,07	2,79	9,03

Nous proposons donc l'indicateur suivant dans l'attente d'explorer de nouvelle possibilité après un échange avec Monsieur Antonio Bispo :

Indicateur C1 : Teneur en carbone organique des sols

Chiffre clé : 18,13 g C_{org} /kg de sol, quantité de carbone organique par kg de sol (sur les 30 premiers cm de sol)

Chiffre secondaire : +9%, gain des sols agricoles en carbone organique de 2004 à 2014

Message clé : Augmentation de la teneur en carbone organique des sols agricoles

IV. a) 2. Autres caractéristiques physico-chimiques des sols

Introduction

D'autres paramètres que le carbone organique peuvent avoir une influence sur la biodiversité du sol, comme le pH, les métaux lourds (ou éléments traces métalliques) et le phosphore. L'idée serait ici de faire un indice de qualité des sols en combinant les différents paramètres cités précédemment (cf. indicateur de qualité écologique des eaux de surface de l'ONB dans lequel des paramètres biologiques, hydromorphologiques et physico-chimique sont pris en compte).

Données disponibles

- Le GIS Sol dispose d'une base de donnée (BDETM) répertoriant les teneurs en 7 **ETM (éléments traces métalliques : cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc)** et renseignant 5 propriétés pédologiques (**la texture (argile, limons, sables), le carbone organique, la CEC et le pH**) déterminées sur des échantillons de sols prélevés dans les horizons labourés des terrains agricoles susceptibles de recevoir les épandages de boues de station d'épuration urbaine. Ces données sont disponibles pour les années 1990 à 2010.

Certains ETM sont indispensables aux processus biologiques dont à la production agricole végétale ou animale : ce sont des oligoéléments (Zn, Cu, Cr,...) tandis que d'autres ne jouent aucun rôle utile (Cd, Pb, Hg, Ni). Tous ces éléments sont de potentiels polluants en fonction de leur concentration et de leur forme chimique (spéciation). Leur présence dans les sols peut résulter de processus naturels (fond pédo-géochimique) ou anthropiques (contaminations).

Note méthodologique : la BDETM (GIS Sol, 2019)⁵⁹

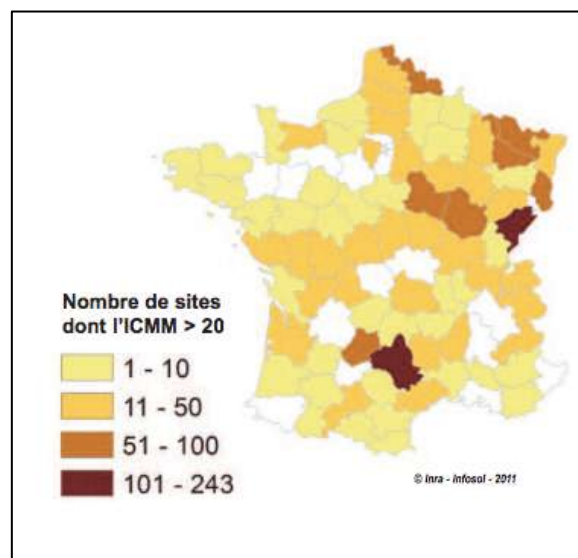
L'ADEME a financé deux programmes de collecte d'analyses de sols en éléments traces métalliques. Ces deux campagnes ont été réalisées par l'Inra. La première collecte, effectuée en 1997 et 1998, a permis de recueillir des analyses pour plus de 11 000 sites provenant principalement d'une trentaine de départements métropolitains.

La nouvelle collecte s'est déroulée de novembre 2008 à janvier 2010. Elle a été réalisée selon les mêmes principes que la première mais avec de plus grands moyens informatiques. Elle inclut toutes les données déjà rassemblées et traitées en 1998 et contient plus de 73 400 sites. La répartition à l'échelon national est bien meilleure que dans le cas de la première collecte de 1998 : il n'y a qu'un seul département pour lequel aucune donnée n'a pu être recueillie. L'immense majorité des analyses récoltées provient de plans d'épandages de boues d'épuration et dans une moindre mesure de programmes scientifiques.

Les analyses concernent d'abord 5 propriétés pédologiques : la texture (argile, limons, sables), le carbone organique, la CEC et le pH dans l'eau. 7 ETM ont été mesurés avec deux méthodes (extraction à l'eau régale ou HF) : cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc. Les statistiques sont calculées sur des sous-populations par tranche temporelle de 10 ans. Attention, il n'a pas été fait de distinction quant à la méthode d'extraction dans le calcul des statistiques.

- Un **indice de charge multi-métallique (ICMM)** a été mis en place par Infosol pour prendre en compte l'ensemble des 6 principaux éléments traces (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn), il a été procédé à une simple addition de notes attribuées en fonction des teneurs en chacun d'entre eux (figure 54).

Figure 54 : Indice de charge multi-métallique (source : INRA Infosol 2011)

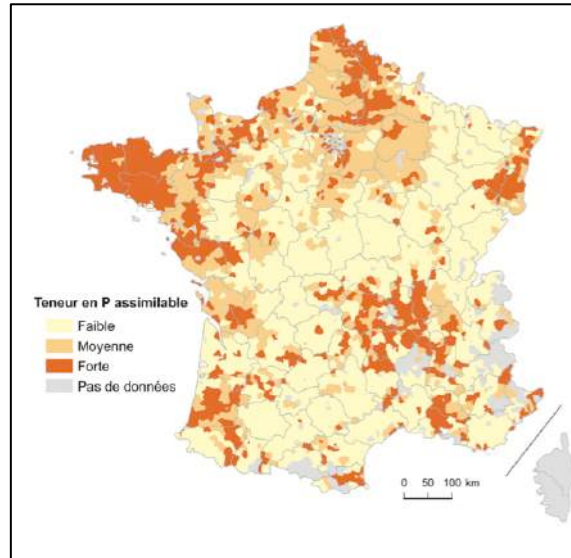


- **L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K)** sont les trois éléments nutritifs majeurs indispensables à la croissance des plantes (les trois plus importants, quantitativement). Le **phosphore (P)** est présent dans les sols sous forme minérale (environ 2/3 du P total) et organique. La distribution des teneurs en phosphore assimilable par les plantes dans les sols de France montre très clairement des effets régionaux. Les régions d'élevage intensif, comme la Bretagne, sont très largement excédentaires (figure 55). Il s'agit de phosphore

⁵⁹Voir pour plus de détails la description de la BDETM : <https://www.gissol.fr/donnees/donnees-de-la-bdetm-2873>

essentiellement d'origine organique, lié aux épandages d'effluents. Les données de la BDAT montrent que cette tendance à l'excédent se poursuit actuellement.

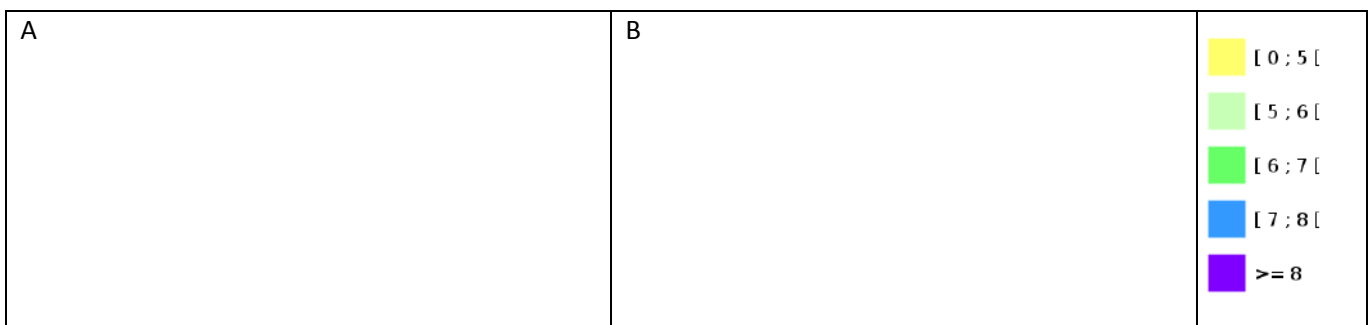
Figure 55 : Teneur en phosphore assimilable des horizons de surface des sols agricoles de France par canton (GIS Sol, BDAT, 2011)

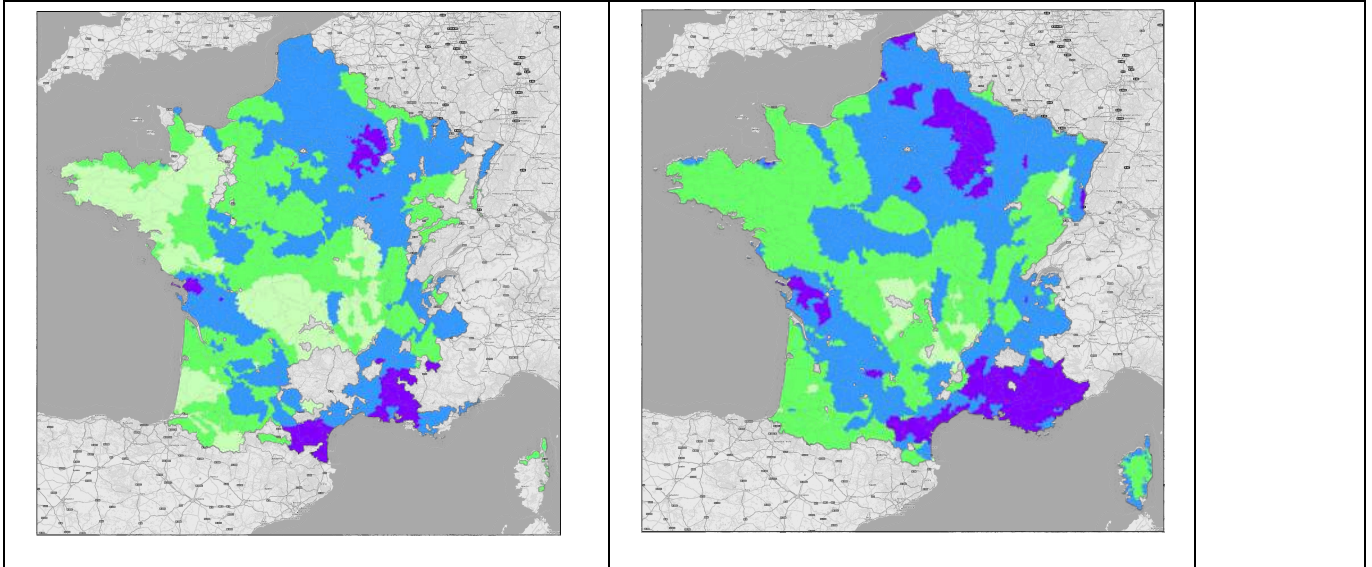


-la **capacité d'échange cationique (CEC)** des sols peut être définie comme le potentiel d'un sol à retenir des cations susceptibles d'être échangés avec la solution du sol : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ (protons), Al^{2+} . Ce sont principalement les argiles et la matière organique qui constituent ces supports de cations potentiellement mobiles. Très schématiquement, plus un sol possède une CEC importante, plus il est naturellement « fertile » au plan chimique, la réserve des cations utiles pour la plante étant importante. Le pH

- Le **pH** des sols est également un paramètre jouant sur la qualité des sols. Lorsque cette acidité devient très importante ($\text{pH} < 5$), les constituants minéraux du sol peuvent être partiellement dissous et se retrouver libérés dans les sols et dans les eaux où ils sont alors potentiellement toxiques pour certaines espèces. La figure 56 montre une augmentation du pH des eaux de surface de 1990 à 2014.

Figure 56 : (A) pH eau moyen par PRA en 1990-94 et (B) pH eau moyen par PRA en 2010-14 (source : Geosol - GIS Sol ; données : BDAT)





Perspectives proposées

Nous souhaitons développer un indicateur agrégé de la qualité des sols mais cherchons à documenter davantage le lien entre métaux lourds et biodiversité. En outre nous prévoyons également de rencontrer Antonio Bispo pour obtenir plus d'information au sujet de la charge multi-métallique (ICMM).

IV. b) Les invertébrés

Outre les indicateurs actuellement intégrés dans l'ONB, nous avons recherché les autres sources de données qui pourraient être mobilisées pour fournir de nouveaux indicateurs.

L'observatoire agricole de la biodiversité⁶⁰

Créé en 2009, l'observatoire agricole de la biodiversité mobilise de nombreux acteurs (Chambres d'agriculture, fédérations de chasseurs, Centres permanents d'initiation à l'environnement, Muséum national d'histoire naturelle...). Il propose quatre protocoles, conçus pour être mis en place par les agriculteurs eux-mêmes :

- un recensement des abeilles solitaires, via des nichoirs installés en bordure des parcelles agricoles ;
- un recensement des papillons diurnes par des observations visuelles dans des conditions météorologiques favorables ;
- une mesure de l'abondance des vers de terre, en arrosant le sol par une solution de moutarde diluée ;
- un recensement des invertébrés vivant à la surface du sol (mollusques, cloportes, carabes), au moyen de planches de peuplier posées sur le sol, dont la face inférieure est régulièrement observée.

Cet observatoire a mobilisé chaque année environ 300 exploitations agricoles (pouvant être différentes d'une année à l'autre) et, au total, 2000 parcelles ont été inventoriées au moins une fois (tableau 39).

⁶⁰ Voir pour plus de détails <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/>

Tableau 39 : nombre d'exploitations et de parcelles de l'OAB

Année	Nombre d'exploitations	Nombre de parcelles
2011	243	315
2012	338	497
2013	343	533
2014	231	398
2016	387	788
2017	278	540

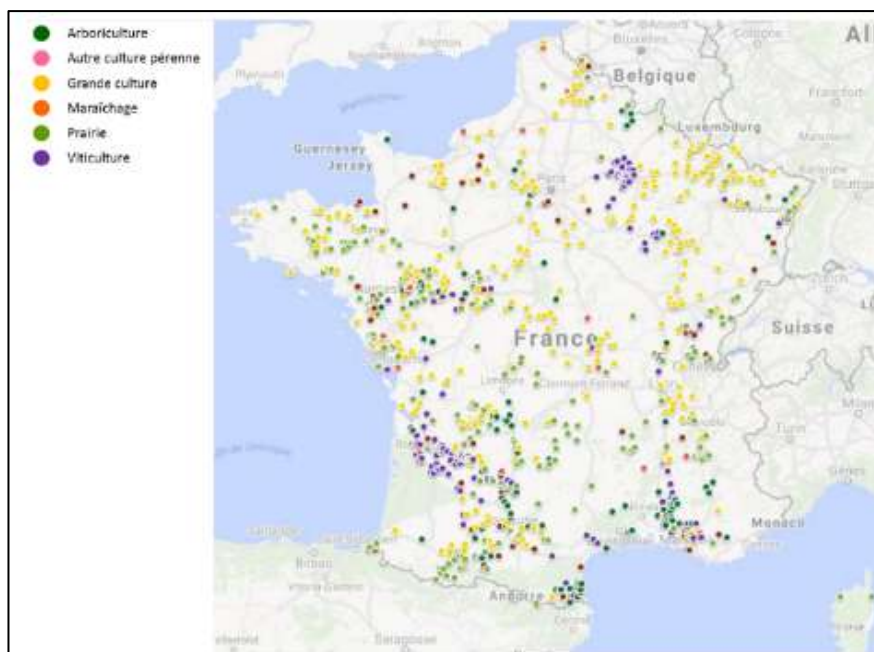
Les observations réalisées ont un intérêt pédagogique indéniable et ont permis de confirmer des phénomènes mis en évidence par d'autres études :

- le rôle positif des bordures : les invertébrés vivant à la surface du sol sont plus abondants en bordure des parcelles qu'à l'intérieur ;
- pour les quatre protocoles, un effet positif d'un environnement diversifié de la parcelle (assolements diversifiés, présence de haies et autres éléments naturels...) ;
- un effet négatif des traitements herbicides sur l'abondance des papillons diurnes (via sans doute une réduction de l'abondance des plantes à nectar) ;
- un effet négatif du travail du sol sur les invertébrés.

Cependant, **les informations de ce réseau ne peuvent pas encore être mobilisées pour alimenter un indicateur de la biodiversité agricole**, et ceci pour plusieurs raisons :

- le nombre encore restreint d'observations ;
- un échantillonnage hétérogène et peu représentatif, tant dans sa répartition spatiale que dans les types d'usage du sol (figure 57) ;

Figure 57 : Localisation et nature des parcelles étudiées de 2012 à 2017



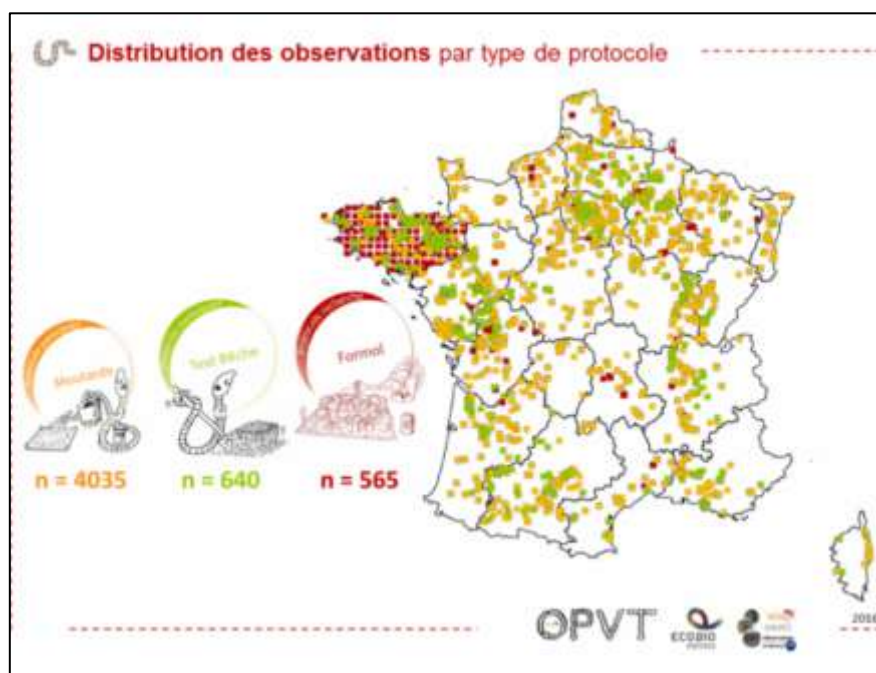
- la difficulté à établir des séries temporelles, les exploitations et les parcelles pouvant varier d'une année à l'autre. Toutefois, nous savons qu'une thèse est en cours pour produire ce type de séries temporelles. Nous pouvons donc réévaluer la possibilité d'établir un indicateur à court terme ;

- enfin, la difficulté à inter-calibrer les données recueillies avec d'autres protocoles d'observation. Ainsi, le protocole vers de terre recense en moyenne 22,6 vers de terre par m² alors que l'indicateur « abondance des vers de terre » de l'ONB, en utilisant d'autres protocoles (voir plus loin l'OPVT), en observe en moyenne 264.

L'OPVT (Observatoire participatif des vers de terre)

l'OPVT (observatoire participatif des vers de terre)⁶¹ a été créé en 2011 en partenariat entre l'Université de Rennes 1 et le CNRS. Cet observatoire participatif a développé trois protocoles facilement utilisables par des amateurs (dont le protocole « Moutarde » utilisé par l'observatoire agricole de la biodiversité). Ces protocoles s'ajoutent à un protocole « formol » réservés aux chercheurs et développé particulièrement en Bretagne. Depuis sa création, il a recueilli environ 5000 observations sur le France (figure 58), qui couvrent les différents types de milieux.

Figure 58 : distribution des observations de l'OPVT de 2011 à 2016



Les données d'environ 700 sites ont été cumulées pour fournir à l'ONB de premières estimations de l'abondance et de la diversité des vers de terre dans les différents types de milieux. A noter que seules les données des protocoles « formol » et « test bêche » ont été utilisées pour fournir ces estimations, alors que l'OAB utilise le test « moutarde ».

Du fait d'un échantillonnage non planifié (géographiquement et par type d'occupation du sol), ces premières estimations sont à prendre avec précaution mais fournissent une hiérarchie des milieux allant des prairies (forte abondance et forte biodiversité) aux vignes et vergers.

Il serait donc souhaitable d'intégrer ces protocoles sur la macrofaune dans le réseau des points du RMQS afin de voir sur les paramètres physico-chimiques peuvent constituer des « proxy » satisfaisants pour estimer la diversité biologique (voir par exemple l'étude réalisée en 2015 par Halska *et al.* en Saône et Loire ou par Cluzeau *et al.*, 2009 en Bretagne).

⁶¹ Voir https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php

Les pollinisateurs

Outre les données recueillies par l'OAB sur les abeilles solitaires et les papillons diurnes, nous avons identifié trois autres sources de données.

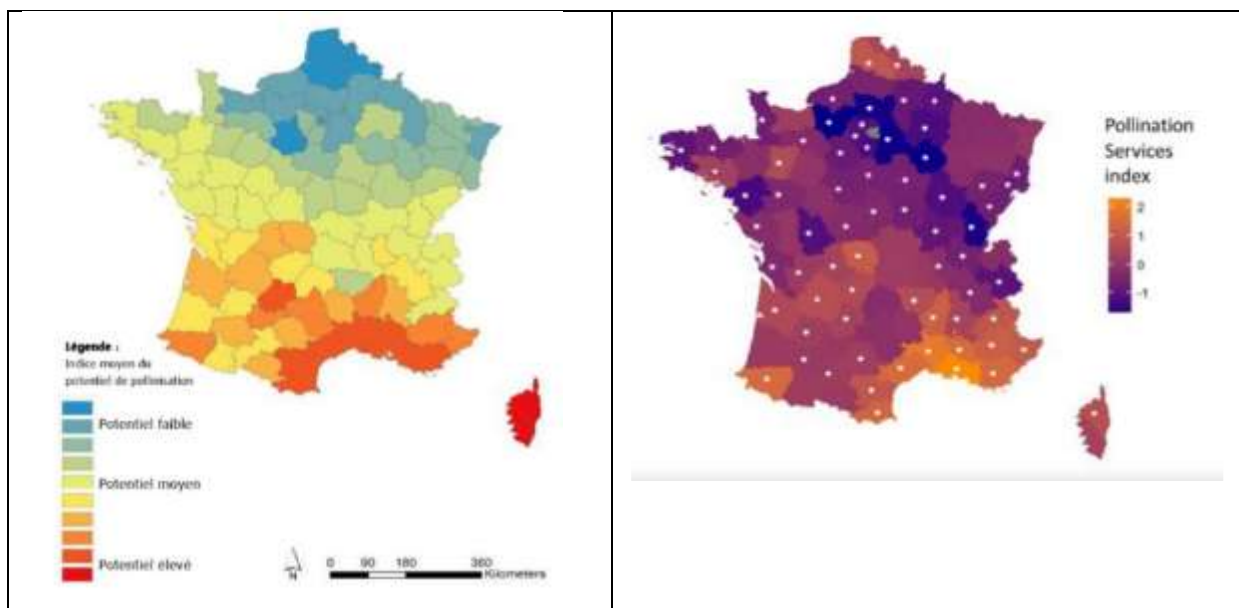
La première concerne l'abondance globale des pollinisateurs à partir d'approches indirectes du service de pollinisation :

- dans le cadre du programme EFES (Beyou *et al.*, 2016) en utilisant le modèle du JRC (Centre de recherches de l'Union européenne) qui estime le « potentiel des pollinisateurs » à partir de deux principaux facteurs de caractérisation de ce potentiel, la capacité de l'environnement à fournir un habitat de niche pour ces derniers, et la disponibilité en ressources florales.

- en estimant cette abondance par une « efficacité du service de pollinisation des cultures », mesuré en comparant les rendements agricoles (disponibles pour chaque département français) de cultures dépendantes des pollinisateurs comme les melons ou les courges et de cultures indépendantes des pollinisateurs comme le blé ou le maïs (Martin, 2018)⁶²

Ces deux approches suggèrent un déficit marqué de pollinisation dans le Nord et l'Est de la France (figure 59).

Figure 59 : Indice du potentiel des pollinisateurs (à gauche, valeur 2010) et Indice d'efficacité du service de pollinisation (à droite, moyenne 2000-2010).

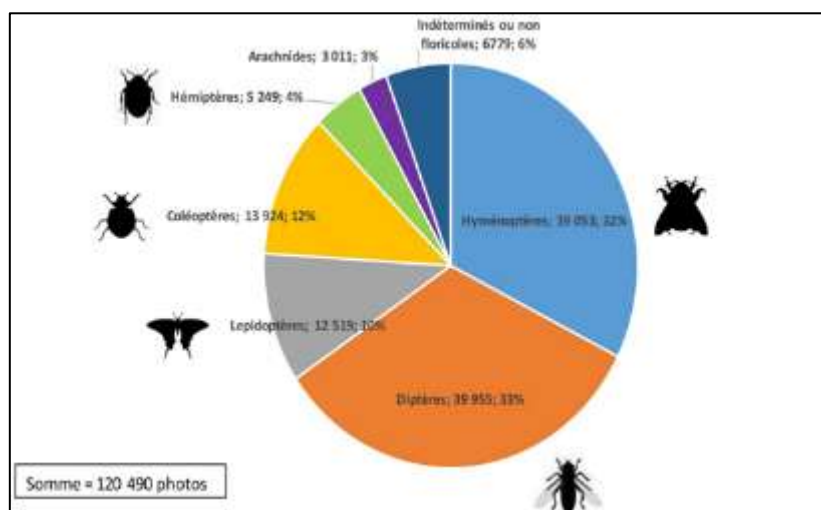


La seconde approche est celle du **programme SPIPOLL**⁶³ (Suivi photographique des insectes pollinisateurs) lancé en 2010 par le Muséum National d'histoire Naturelle. Il invite des observateurs amateurs à utiliser un protocole standardisé pour réaliser une « collection » de photographies des insectes présents sur une espèce de fleurs donnée (figure 60).

⁶² Voir <http://www.vigienature.fr/fr/actualites/premiere-carte-france-efficacite-pollinisation-3470>

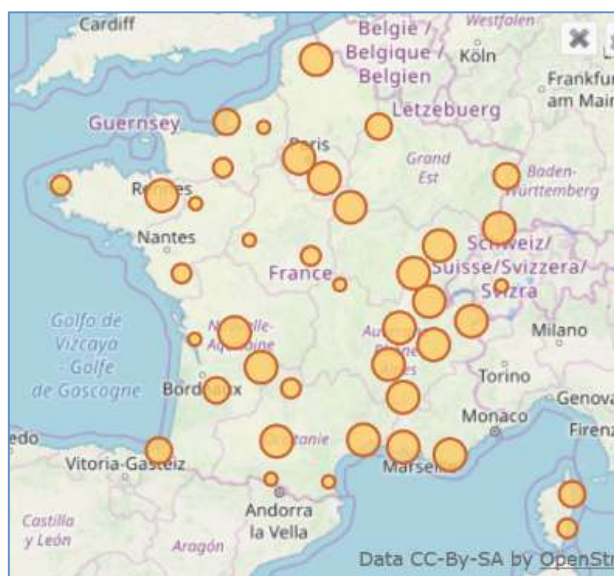
⁶³ <http://www.spipoll.org/le-spipoll/presentation>

Figure 60 : Répartition par ordre des insectes et arachnides observés par SPIPOLL (données au 6/02/2014)



Fin 2016, ce programme totalisait 22701 collections réparties sur 2619 communes (figure 61). Cependant, ce nombre de collections est très variable selon les communes, allant de 1 à plus de 1000. 21% des communes ont plus de 5 collections et totalisent à elles-seules 83% des collections. Des premiers dépouillements ont été effectués, en étudiant notamment les abondances dans trois grands types de milieux, urbains, agricoles et naturels. Ces études⁶⁴ montrent une plus faible affinité des pollinisateurs pour les milieux urbains (variables selon les espèces), les milieux « agricoles » se situant entre les milieux urbains et les milieux « naturels ». A ce stade, le programme ne propose pas d'analyses des tendances temporelles d'abondance des différentes espèces.

Figure 61 : répartition des communes du programme SPIPOLL (<http://www.spipoll.org/galleries>)



64

[http://www.spipoll.org/sites/spipoll.org/files/Deguines%20N.%20\(2015\)%20L'urbanophobie%20chez%20les%20insectes%20pollinisateurs%20-%20apports%20de%20l'analyse%20des%20donn%C3%A9es%202010-2012%20du%20programme%20Spipoll.pdf](http://www.spipoll.org/sites/spipoll.org/files/Deguines%20N.%20(2015)%20L'urbanophobie%20chez%20les%20insectes%20pollinisateurs%20-%20apports%20de%20l'analyse%20des%20donn%C3%A9es%202010-2012%20du%20programme%20Spipoll.pdf)

Enfin, nous proposons une troisième approche, celle de l'abondance des abeilles domestiques.

Cette activité apicole pourrait être considérée comme une composante du module B mais nous l'avons intégrée à ce niveau car les abeilles domestiques constituent une composante de la biodiversité spontanée pour tous les agriculteurs qui bénéficient du service de pollinisation sans être eux-mêmes apiculteurs. Ajoutons cependant que toutes les ruches ne sont pas localisées dans des espaces agricoles.

Pour étudier l'évolution de la production de miel et du nombre de ruches, nous avons combiné les données de la FAO (basées sur les déclarations des Etats), qui permettent de suivre les évolutions depuis 1961, et celles des SAA (Statistiques agricoles annuelles du Ministère de l'agriculture) de 2000 à 2018. Ces deux séries de données ne sont pas totalement cohérentes mais retracent des tendances similaires.

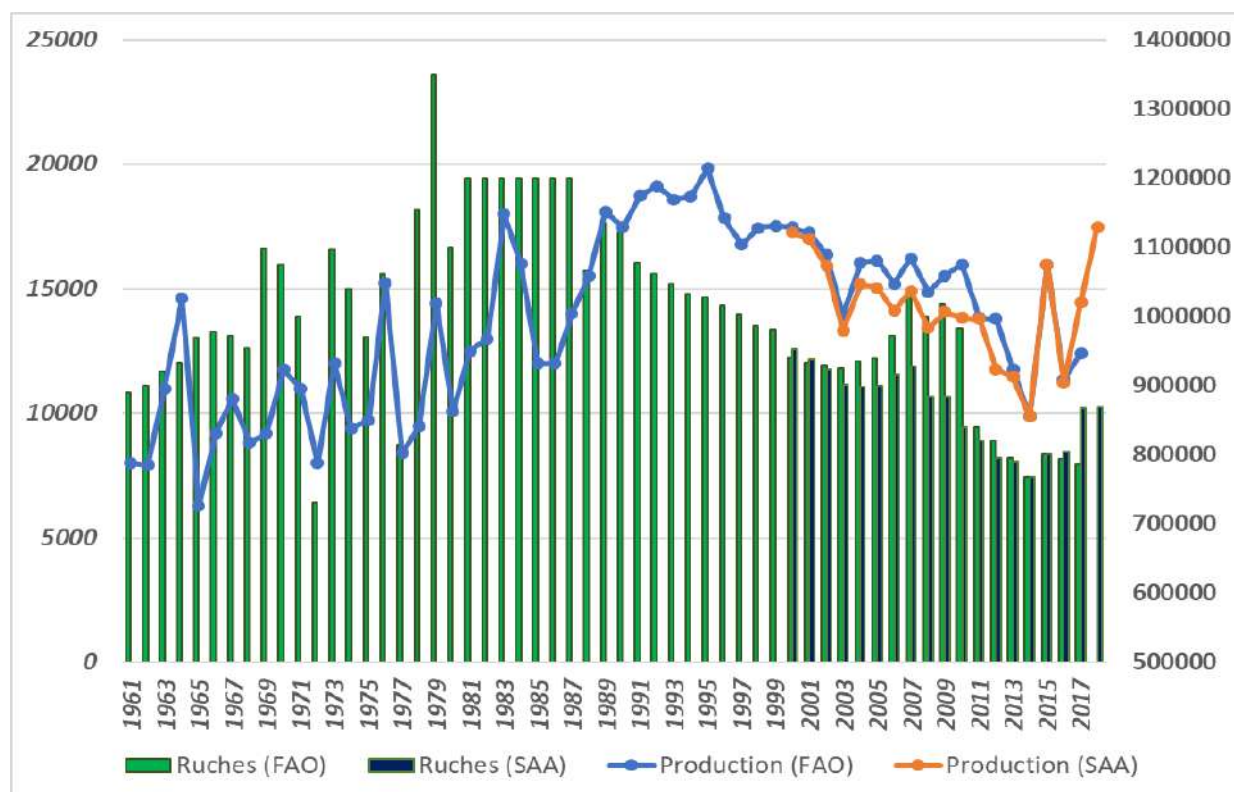
A noter que les SAA (et sans doute les déclarations officielles à la FAO) ne prennent en compte que les apiculteurs recensés comme exploitants agricoles et ceux ayant plus de 10 ruches. L'UNAF (Union nationale de l'apiculture française)⁶⁵ évaluait en 2011 à environ 70.000 le nombre total d'apiculteurs, dont seulement 5500 possédaient plus de 10 ruches, et à 1,25 millions le nombre total de ruches (alors que les données FAO et SAA ne recensent que 830.000 ruches). De même, l'UNAF évalue à 20.000 tonnes la production totale de miel en 2011, contre environ 14.000 tonnes pour la production « professionnelle ». Inversement, l'UNAF indique pour 2016 une production totale de miel de 9000 tonnes, alors que les données SAA font état de 11200 tonnes pour les seuls producteurs « professionnels ».

La figure montre une progression assez sensible du nombre de ruches et de la production de miel de 1961 jusqu'au milieu des années quatre-vingt, puis une chute régulière jusqu'à 2013. On notera que cette diminution ne peut être imputée à une éventuelle réduction des surfaces en oléagineux (colza et tournesol en particulier), dont les surfaces ont continué à augmenter (voire module B).

Une certaine reprise semble s'amorcer au cours des dernières années mais sera à confirmer.

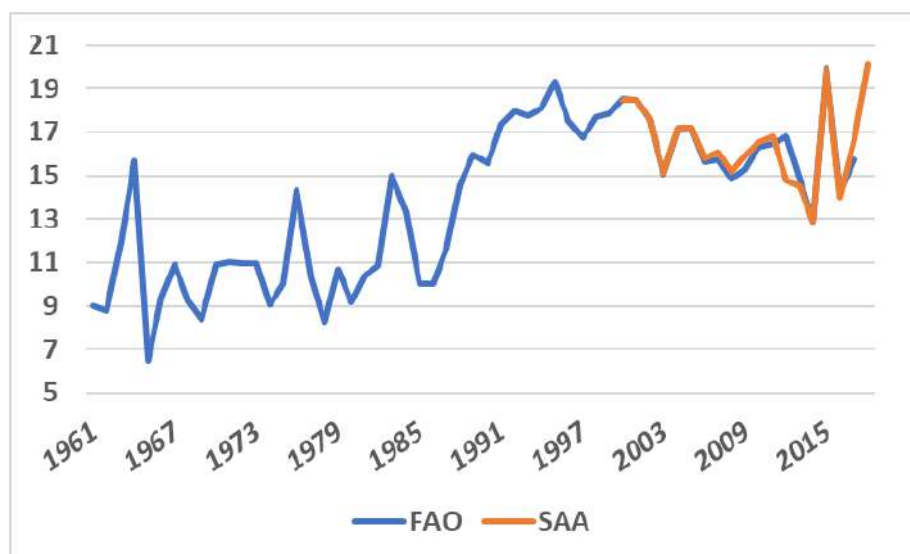
⁶⁵ <https://www.unaf-apiculture.info/qui-sommes-nous/portrait-de-la-filiere.html>

Figure 62 : Evolution de la production française de miel (en tonnes, échelle de gauche) et du nombre de ruches (échelle de droite) de 1961 à 2018.



Si l'on examine la productivité des ruches (figure 63), on constate une forte augmentation à partir de la fin des années quatre-vingt : la production moyenne était de 10,6 kg par an de 1961 à 1986, elle passe à 17 kg en moyenne entre 1987 et 2002. On peut s'interroger sur les effets éventuels de cette « intensification » sur la sensibilité des ruches à diverses agressions qui ont frappé l'apiculture à partir des années quatre vingt (arrivée du parasite varroa en 1982, introduction des insecticides néonicotinoïdes dans le milieu des années quatre-vingt dix...). On observe en effet une baisse progressive de la productivité à partir du début des années 2000, les données récentes semblent indiquer une amélioration de la situation.

Figure 63 : Evolution de la productivité annuelle des ruches (en kg de miel par ruche) de 1961 à 2018.



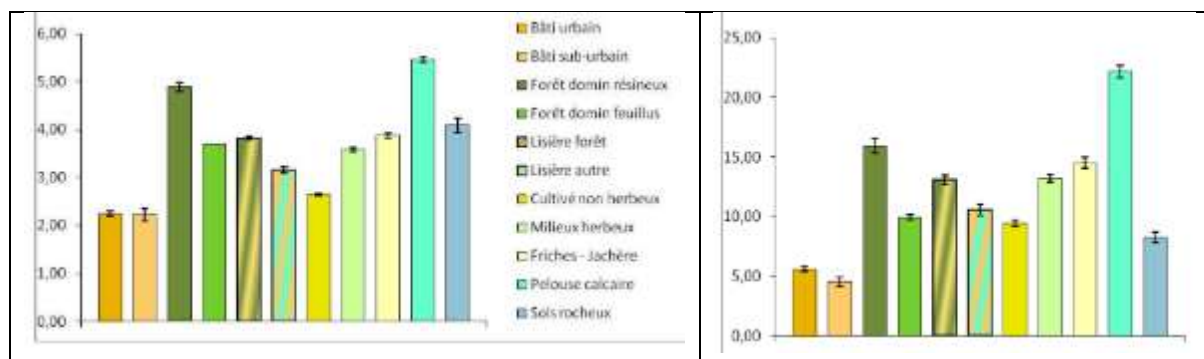
Les papillons diurnes

Nous avons identifié deux sources de données :

- **L'opération de sciences participatives « Observatoire de la Biodiversité des jardins»⁶⁶**, lancée en 2006 par Noé conservation et le MNHN sur les papillons diurnes et élargi ensuite aux escargots et limaces. A ce stade, cet observatoire ne propose pas de synthèse sur des évolutions temporelles ou sur les effets des différents types de milieux agricoles situés à proximité de ces jardins.
- le **STERF (Suivi temporel des Rhopalocères de France)**. Ce programme d'observation d'une soixantaine d'espèces de papillons diurnes a débuté en 2005. Il est basé sur un protocole similaire à celui du programme STOC et a collecté de 2005 à 2014 près de 400.000 observations réparties sur 308 sites, avec une forte proportion de ces sites en Ile de France (30% des sites).

Ces données (figure 64) peuvent être analysées par type de milieux (dont les milieux agricoles) et une synthèse pour la période 2005-2014 est disponible (Manil. *et al.*, 2015).

Figure 64 : Richesse spécifique (à gauche) et abondance moyenne (à droite) des papillons diurnes en France (moyenne 2005-2014, programme STERF)



⁶⁶ Voir <http://vigienature.fr/fr/operation-papillons> et <https://www.sciences-participatives-au-jardin.org/news/1>

Les données sont encore trop peu nombreuses pour mesurer finement des évolutions dans les différents milieux (même si la tendance générale est à une baisse d'environ 10% sur la période) mais elles permettent de fournir pour les milieux agricoles un état de référence moyen pour la période considérée. On peut en effet calculer (voir le module A pour la méthodologie) les coefficients d'intérêt écologique des milieux agricoles pour les deux grands types de milieux (cultivés et surfaces en herbe). La valeur trouvée (Tableau 40) pour les milieux cultivés (0,70) est proche du CIE calculé à partir de la biodiversité des sols (0,67). Par contre, on ne dispose pas pour les papillons de données spécifiques sur les cultures permanentes (vergers et vignobles).

Tableau 40 : Calcul du coefficient d'intérêt écologique (CIE) des milieux agricoles pour les papillons diurnes pour la période 2005-2014 (Source : Manil et al, 2015)

Milieux	Richesse spécifique		Abondance		CIE
	valeur*	relatif	valeur**	relatif	
Cultivés non herbeux	2,7	0,73	9,45	0,68	0,70
Milieux herbeux, friches et jachères	3,7	1	13,9	1	1

Conclusions sur les invertébrés

Ces différentes sources de données présentent différentes limites pour documenter correctement la biodiversité des invertébrés dans les milieux agricoles :

- leur échantillonnage spatial est souvent limité et hétérogène, certaines zones ayant une densité d'information beaucoup plus forte que d'autres ;
- les milieux agricoles ne sont parfois pas couverts (cas des observatoires des papillons des jardins) ou de manière trop globale (sans distinction entre les grands types d'usage du sol). Seul le programme STREF fournit des données plus précises sur les milieux environnants ;
- la profondeur temporelle est faible (moins de 10 ans en général) et, en conséquence, ces sources ne fournissent pas de données sur des tendances d'évolution.

Il semble donc difficile de proposer actuellement un indicateur dans ce domaine.

IV. c) Les vertébrés

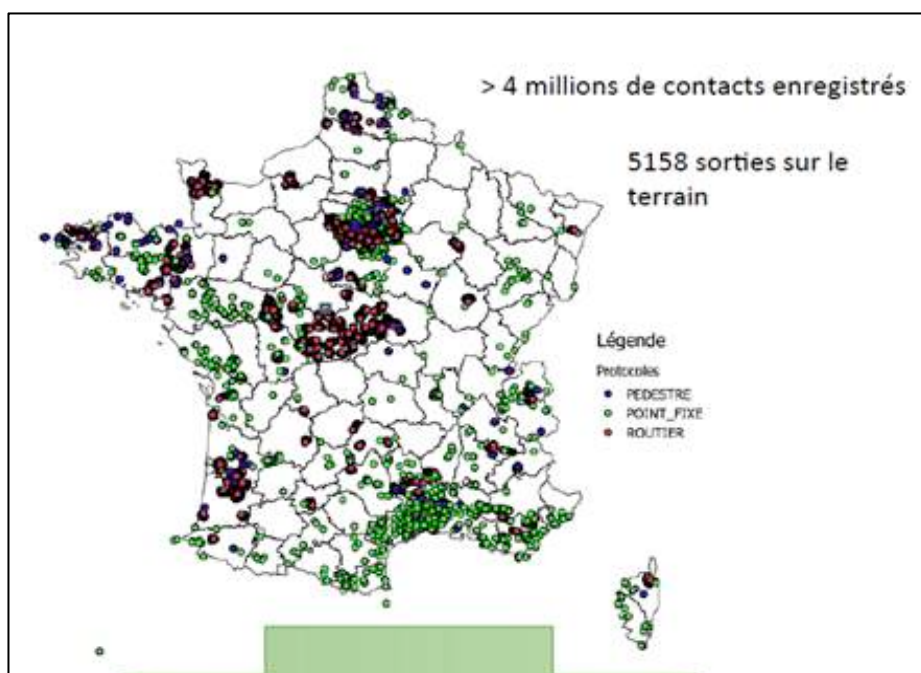
Nous avons effectué une revue des données existantes pour les amphibiens, les reptiles, les mammifères et les oiseaux :

- **Amphibiens et reptiles** : deux dispositifs de suivi nationaux existent : **POPamphibiens et POPreptiles**. Le premier dispose de deux protocoles de suivi (occurrence des communautés d'amphibiens ; occurrence et abondance d'espèces cibles). Le second dispose de trois protocoles (inventaires simples, suivis temporels et gestions et habitats). Ces dispositifs de suivi sont en place depuis 15 ans mais les résultats sont très variables car l'investissement local très fluctuant. **Il ne semble toutefois pas possible d'extraire des tendances par milieux (agricole, forestier, etc.) car la couverture géographique n'est pas encore assez bonne et l'écologie des espèces n'est pas toujours bien connue. Nous proposons donc de ne pas développer d'indicateurs ou de fiche dédiée dans le jeu « biodiversité et agriculture ».**

- **Mammifères** : après un échange avec la SFPEM (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères) il semble qu'il n'y ait peu voire pas de bases de données concernant les mammifères mis à part les données de l'ONCFS concernant les gibiers et petits carnivores. **Nous devons encore**

échanger avec l'ONCFS à ce sujet. La piste la plus intéressante concerne les chiroptères. En effet, le dispositif Vigie-chiro de suivi temporel des espèces communes des chiroptères est en place depuis 15 ans et commence à avoir une bonne couverture géographique malgré une hétérogénéité de répartition spatiale (figure 65). Toutefois, il ne semble pas possible d'extraire un indicateur spécifique aux milieux agricoles car plusieurs espèces avec des habitats différents sont combinées. Toutefois, la situation pourrait s'améliorer en affinant les données grâce à l'acquisition de matériel moins dispendieux pour l'écoute des chiroptères. **Nous proposons pour l'instant de conserver l'indicateur de l'ONB (évolution des populations de chauve-souris – taux d'évolution de l'abondance des chiroptères métropolitains) sans le décliner aux milieux agricoles. Toutefois, il pourrait être intéressant de réévaluer à moyen ou long terme l'opportunité de développer un indicateur chiroptère spécifique aux milieux agricoles.** Il existe d'ailleurs un protocole « chiroptères » utilisant le même dispositif que l'OAB en teste à l'heure actuelle et pouvant être exploité dans les années à venir.

Figure 65 : Points d'échantillonnage du dispositif Vigie-chiro



Oiseaux : l'indicateur STOC sera intégré au jeu « agriculture et biodiversité » avec un point plus précis sur les oiseaux communs spécialistes des milieux agricoles. En outre, nous souhaitons savoir s'il est possible de décliner l'indicateur STOC en fonction du type de milieux agricoles.

IV. d) La flore

Inventaire des données disponibles

Données historiques

Malgré l'existence d'observations botaniques depuis l'antiquité, attestées par de nombreux herbiers (l'herbier le plus ancien du Muséum national d'histoire naturelle date de 1558), on ne dispose d'aucune analyse quantitative de l'abondance et de la diversité de la flore française avant la fin du 20^{ème} siècle.

En ce qui concerne les plantes liées à l'agriculture, les premiers recensements disponibles datent des années soixante-dix et sont liés au développement des herbicides (voir Barralis, 1973). Ainsi, L'ACTA

(Association de coordination technique agricole) publie depuis 1977 des guides de détermination des principales mauvaises herbes des grandes cultures permettant de les identifier au stade plantule. La première édition ne décrit que 69 espèces et sans indication d'abondance ou de répartition. Il en est de même pour la deuxième édition en 1983. Les troisième et quatrième édition (2011 et 2014) porte sur 220 espèces et fournissent des éléments sommaires sur leur distribution.

De même, l'ouvrage de référence de Jauzein (1995) sur l'identification de la flore des champs cultivés recense 1450 espèces mais ne donne que des indications d'abondance et de localisation limitées.

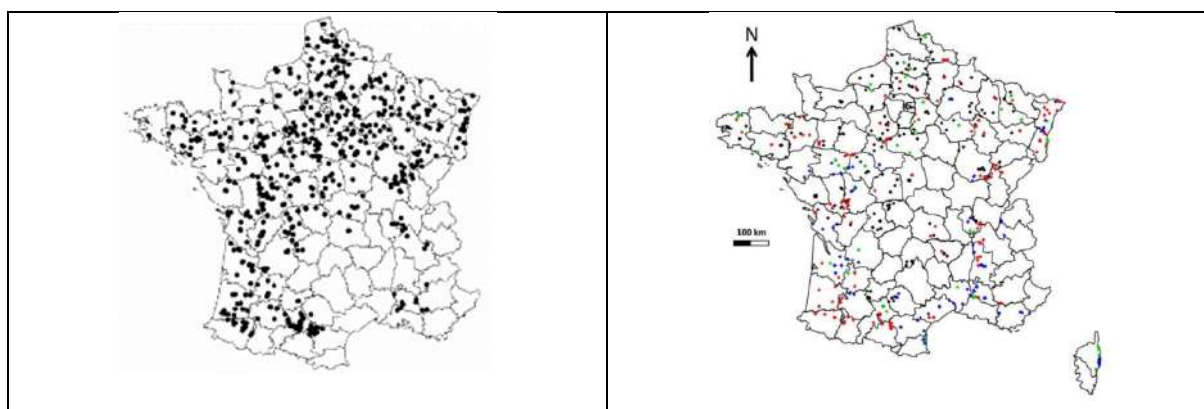
Les données de biovigilance

Les travaux pionniers de Gilbert Barralis dans les années soixante-dix sur ce que l'on appelait à l'époque les « mauvaises herbes »⁶⁷ ont marqué le début des études quantitatives. Cet auteur (Barralis, 1977) a relevé entre 1968 et 1976 la flore adventice d'environ 200 parcelles témoins d'essais d'herbicides en Côte-d'Or. Cette référence a permis notamment, en la comparant aux données collectées durant la thèse de Guillaume Fried, de tirer de premières conclusions sur l'évolution globale de la flore adventice. Ainsi, Fried (2010) indique que, sur ces parcelles et en environ 30 ans, « Le nombre d'espèces adventices rencontrées par parcelle est passé en moyenne de 16,6 à 9,3 soit une baisse de 44%. La baisse du nombre d'individus au m² subit une chute encore plus spectaculaire passant de 61,5 à 20,2 soit 67% ». Il indique également un enrichissement relatif de la flore en espèces nitrophiles lié vraisemblablement à une augmentation de la fertilisation azotée.

En 2002, un réseau de suivi annuel de la flore adventice en grandes cultures, « Biovigilance Flore » a été mis en place par le Service de la Protection des Végétaux. Il a été constitué de 1440 parcelles réparties dans 77 départements et 722 communes (Figure 66). Entre 2006 et 2012, il a été étendu aux vignes avec 45 parcelles suivies dans le Languedoc, Beaujolais sud et Côtes-du-Rhône nord et Champagne. L'objectif du réseau est de détecter et documenter tout changement de flore dû à des modifications de pratiques culturales (produits phytosanitaires, cultures OGM, abandon du labour, etc.). Les cultures les mieux représentées initialement dans ce réseau (Fried *et al.*, 2007) sont par ordre décroissant : blé d'hiver (540 parcelles soit 32.4%), maïs (477 soit 28.6%), tournesol (118 soit 7,1%), colza (103 soit 6.2%), orge d'hiver et escourgeon (82 soit 4.9%), betterave (64 soit 3.8%), pois de printemps (55 soit 3.3%), orge de printemps (52 soit 3.1%), soja (39 soit 2.3%), sorgho (29 soit 1.7%),avoine (17 soit 1%), féverole (17 soit 1%) et pomme de terre (17 soit 1%).

Au total, 419 taxons ont été repérés sur ces parcelles et classés par leur fréquence d'occurrence (% de parcelles où l'espèce est présente) et leur densité moyenne (nombre de plantes par m²).

Figure 66 : localisation des parcelles du réseau « biovigilance flore » pour la période 2002-2004 (à gauche) et des parcelles du réseau ENI (Effets non-intentionnels des pesticides) mis en place en 2012 (à droite)



⁶⁷ Voir par exemple Barralis et al. (1983) sur l'évolution des adventices du vignoble bourguignon selon les pratiques de désherbage.

Ce réseau a été suivi jusqu'en 2012 et a permis d'intéressantes observations sur la structure des communautés d'adventices (voir par exemple Fried *et al.*, 2013). Cependant, cette courte période d'observation n'a pas permis de détecter des évolutions temporelles notables. Ainsi, l'analyse des 883 échantillonnages des parcelles viticoles montre principalement les effets des caractéristiques des sols et des modes de conduite sur les peuplements d'adventices, l'effet année étant significatif mais n'expliquant que moins de 1% de la variabilité totale entre ces échantillons (Fried *et al.*, 2019b).

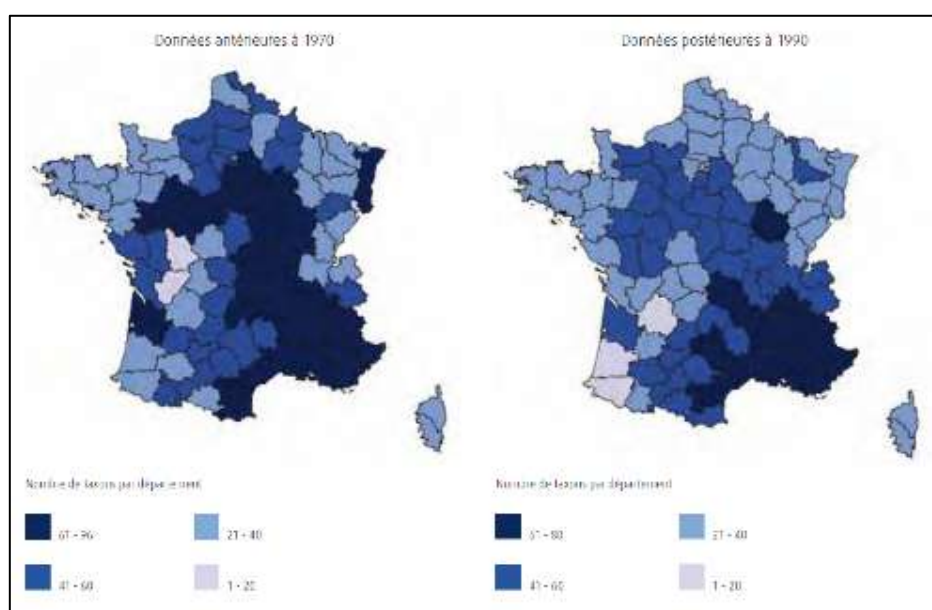
A partir de 2012, un nouveau réseau, le réseau national de biovigilance, a été mis en place dans le cadre du plan ECOPHYTO pour suivre les effets non-intentionnels des pesticides sur la biodiversité (ENI). Il porte sur environ 500 parcelles et collecte également des données sur les coléoptères, les vers de terre et les oiseaux. Ces parcelles ne reprennent pas nécessairement les implantations du réseau précédent et en outre, la flore n'est plus relevée dans la parcelle (les adventices sont la cible des traitements), mais sur la bordure herbacée au tour de la parcelle (espèce qui peuvent subir les effets non-intentionnels des traitements), ce qui rend difficile la consolidation des observations de ces deux réseaux. Sur la base des premières années d'observations (DGAL, 2016 et 2018 ; Fried *et al.*, 2019a), aucune variation significative n'a été observée dans la richesse spécifique des plantes, des oiseaux ou des coléoptères de bordures de champ.

Le suivi des plantes messicoles

En 2012, les conservatoires botaniques nationaux ont publié un plan national d'action en faveur des plantes messicoles (Cambecède *et al.*, 2012), qui comporte une importante analyse rétrospective de l'abondance de ces espèces. Cette analyse porte sur 102 « taxons »⁶⁸ présents en France métropolitaine et qui peuvent appartenir à différentes catégories :

- des espèces spontanées en France et ayant colonisé les cultures à partir d'habitats « primaires » ;
- des espèces issues d'introduction plus ou moins récente et liées à la progression de certaines cultures ;
- des espèces anciennement cultivées qui se sont maintenues à l'état sauvage, comme la mâche ou la cameline.

Figure 67 : nombre d'espèces observées dans les départements (sur un total de 102 espèces)



⁶⁸ Ce terme est utilisé car certains taxons ne sont pas renseignés au niveau de l'espèce mais nous utiliserons par la suite le terme plus commun « d'espèces ».

Dans tous les cas, il s'agit d'espèces « pionnières » fréquentant des milieux assez perturbés (talus, éboulis, bords de mares temporaires...). L'abondance de ces espèces apparaît très variable selon les régions, avec en particulier une forte abondance dans le quart sud-est de la France (figure 67) mais l'on ignore si cette hétérogénéité est une réalité écologique ou résulte d'un effort de prospection plus ou moins intense.

Les données sont issues d'observations de terrain, d'herbiers et de données bibliographiques produites par diverses associations et ont été regroupées pour distinguer deux périodes (Tableau 41) :

- avant 1970 (certaines données pouvant être beaucoup plus anciennes), période pour laquelle on dispose d'environ 30.000 données issues principalement de publications ou d'herbiers ;
- 1990 et après, pour laquelle les données sont beaucoup plus nombreuses et sont principalement issues d'inventaires réalisés par les CBN.

Tableau 41 : Bilan des données sur les messicoles

	1970 et avant	1990 et après
Nombre de données	34894	146661
Nombre de communes	6481	19787
Origine des données :		
- inventaires	780	103490
- bibliographie	27894	9789
- herbiers	2035	296
- non renseignées	4185	33086

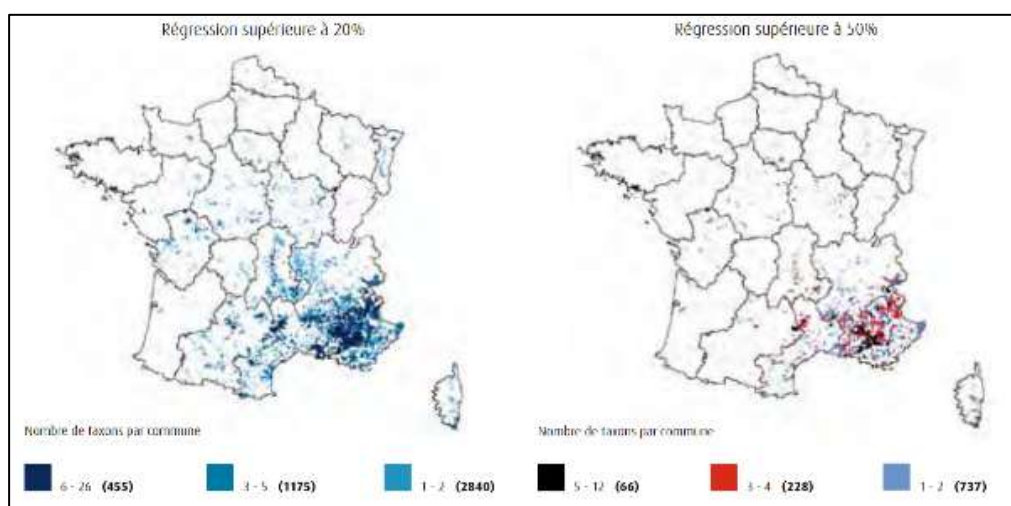
Même si ces deux séries ne sont donc pas strictement comparables, elles mettent en évidence des tendances intéressantes sur le taux de régression de ces espèces, estimé comme le rapport entre le nombre de départements de présence de l'espèce considérée après 1990 et avant 1970 :

- on observe une régression moyenne de cette abondance d'environ 30% mais très variable selon les espèces, allant de moins de 20% à plus de 80% (Tableau 42) ;
- Ce taux de régression n'apparaît pas lié à l'abondance des espèces avant 1970. Les espèces fréquentes ont des taux de régression similaires à ceux des espèces rares.
- les localités touchées par des taux de régression importants sont surtout situées dans le quart sud-est de la France (figure 68) et cette localisation coïncide d'ailleurs avec les zones riches en espèces de la figure 67.

Tableau 42 : répartition des 102 espèces selon le taux de régression

Taux de régression	Nombre d'espèces
Moins de 20%	56
20 à 39%	15
40 à 59%	11
60 à 79%	17
80% et plus	3
TOTAL	102

Figure 68 : localisation des zones de forte régression d'abondance



En conclusion, cette base de données sur les messicoles présente un intérêt potentiel pour évaluer la biodiversité végétale dans les zones agricoles mais nécessiterait un travail de réinterprétation pour :

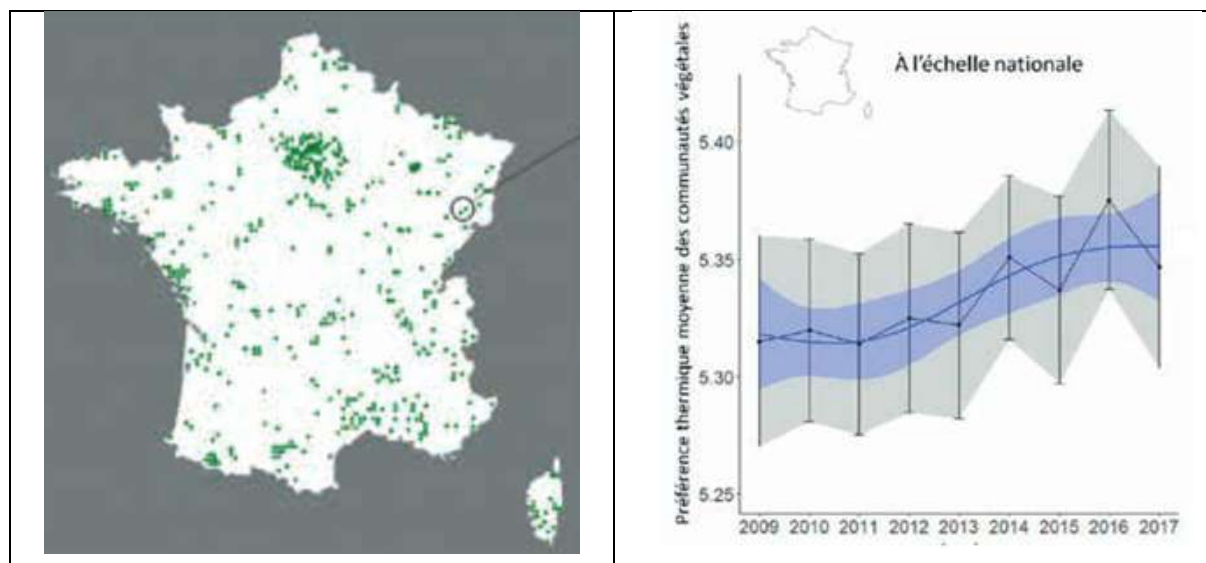
- se limiter éventuellement à des espèces communes largement réparties sur le territoire national (alors que le plan d'action se focalise à juste titre sur les espèces rares ou menacées) ;
- construire un indicateur robuste et multipécifique de l'abondance, sur le modèle de l'indicateur STOC pour les oiseaux communs ;
- identifier un réseau de points d'échantillonnage qui pourraient être suivis dans la durée, en lien éventuel avec le réseau de biovigilance.

Le programme Vigie Flore⁶⁹

Mis en place en collaboration entre le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et le réseau des botanistes francophones Tela Botanica, Vigie-flore propose aux botanistes volontaires de participer au suivi des changements d'abondance des espèces végétales les plus communes en France. Lancé en 2009, il réalise un suivi de mailles de 1 km² (630 à ce jour, figure 69) et a recueilli environ 56.000 observations portant sur environ 2500 espèces. Ce réseau d'observations porte hélas sur des parcelles différentes des deux réseaux de biovigilance précédemment décrits (Emmanuelle Porcher, comm. pers.). Il a permis notamment de détecter un enrichissement des communautés végétales en espèce présentant un préférendum thermique plus élevé et une réduction plus marquée des espèces dépendant des insectes pour leur pollinisation (Martin *et al*, 2019). Par contre, il n'a pas publié d'analyses portant spécifiquement sur l'évolution de la flore dans les milieux agricoles.

⁶⁹ <http://vigienature.jardindesplantes.net/fr/protocole-2890>

Figure 69 : Localisation des mailles d'observation du programme Vigie Flore (à gauche) et évolution de la préférence thermique des communautés végétales détectée par ce programme. Source : Martin et al., 2019.



Conclusions

On retrouve pour la flore les mêmes limites que celles soulignées pour les invertébrés. Compte-tenu de ces éléments, il n'apparaît pas possible de proposer actuellement d'indicateurs concernant les adventices ou les messicoles. A moyen terme, le réseau national de biovigilance, le programme Vigie Flore devraient fournir des données permettant d'élaborer de tels indicateurs.

IV. e) Synthèse et perspectives

En dépit des nombreux réseaux d'observations que nous avons recensé, il semble difficile dans l'immédiat de documenter la biodiversité spontanée des milieux agricoles par un grand nombre de nouveaux indicateurs pertinents. La situation devrait évoluer favorablement à moyen terme mais deux indicateurs seulement peuvent être proposés à court terme :

- l'indicateur STOC des oiseaux communs, que nous nous proposons de décliner pour les différents types de milieux agricoles ;
- l'indicateur C1 sur la teneur en carbone organique des sols.

Références module C

- Arrouays D., Antoni V. et al, 2012. Fertilité des sols : conclusions du rapport sur l'état des sols de France. *Innovations agronomiques*, 21, 1-11. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3773/36067/file/Vol21-1-Arrouays.pdf>
- Bailly R., Mamarot J., Psarki P., 1977. Mauvaises herbes des grandes cultures. Ed. ACTA, 78 p. https://issuu.com/agrihorti/docs/mauvaises_herbes_des_grandes_cultur_9b5385d37aaef9
- Balesdent J., 1996. Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. *Etude et gestion des sols*, 3,4, 245-260. http://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_3_4_balesdent.pdf
- Barralis G., 1977. Répartition et densité des principales mauvaises herbes en France. Document INRA-AFPP. 22 p.

- Barralis G., Cloquemin G., Guérin A., 1983. Evolution de la flore adventice du vignoble de Côte-d'Or sous la pression des techniques d'entretien des cultures. *Agronomie*, EDP Sciences, 3, pp. 585-594.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00884547/document>
- Beyou W. *et al.*, 2016. EFESE. Le service de pollinisation. *THEMA*, juin 2016. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Efese%20-%20Le%20service%20de%20pollinisation%20-%20Essentiel.pdf>
- Briat JF et Job D.(coordinateurs), 2017. Les sols et la vie souterraine. Des enjeux majeurs en agroécologie. Editions Quae. <https://www.quae.com/produit/1437/9782759226535/les-sols-et-la-vie-souterraine>
- Cambecèdes J., Largier G., Lombard A., 2012. Plan national d'actions en faveur des plantes messicoles. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées – Fédération des Conservatoires botaniques nationaux – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 242 p.
http://www.fcbn.fr/sites/fcfn.fr/files/ressource_telechargeable/pna_messicoles_texte.pdf
- Cluzeau D. *et al.*, 2009. Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols : Exemple du programme-pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv. *Etude et gestion des sols*, 16, 187-201. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00494011/document>
- DGAL, 2016. Bulletin de liaison du réseau national de Biovigilance, n°5.
https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/bulletin_biovig5_valide_final-3.pdf
- DGAL, 2018. Bulletin de liaison du réseau national de Biovigilance, n°7.
http://draaf.hauts-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Bulletin_biovigilance_7_cle8f673f.pdf
- Fried G., 2010. Variations spatiales et temporelles des communautés adventices des cultures annuelles en France, *Acta Botanica Gallica*, 157, 183-192.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/12538078.2010.10516198>
- Fried G., Reboud X., Gasquez J., Delos M., 2007. Le réseau « biovigilance flore » : présentation du dispositif et synthèse des premiers résultats. AFPP, Actes des Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 11 et 12 décembre 2007, p.315-325. https://www.tela-botanica.org/wp-content/uploads/2017/03/reseaubiovigilanceflore2007_Fried_Reboud_et_al_Columa_20_315-325.pdf
- Fried G., Reboux X., 2007. Evolution de la composition des communautés adventices des cultures de colza sous l'influence des systèmes de culture. *OCL*, 14, 130-138. <https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/pdf/2007/02/ocl2007142p130.pdf>
- Fried G. *et al.*, 2013. Réseau biovigilance flore. Bilan synthétique du suivi 2002-2010. Présentation au séminaire technique national « Suivi biologique du territoire », Paris, 13 février 2013.
- Fried G. *et al.*, 2019a. Premiers résultats du réseau Biovigilance 500 ENI sur le suivi des effets non-intentionnels des pratiques agricoles sur la biodiversité. *Innovations Agronomiques*, 75, 87-98.
<https://www6.inra.fr/ciag/content/download/6692/48997/file/Vol75-6-Fried%20et%20al.pdf>
- Fried G. *et al.*, 2019b. Relative importance of environmental factors and farming practices in shaping weed communities structure and composition in French vineyards. *Agric., Ecosyst. et Environnement*, 275, 1-13.
- Gis Sol, 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.
http://147.100.179.105/gissol/rapports/Rapport_HD.pdf
- Halska J. *et al.*, 2015. Vers un conseil en microbiologie des sols. Poster au 12^{ème} rencontre COMIFER.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=2ahUKEwjew_S5qsjgAhVCLBoKHUjUDcgQFjAHegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fcomifer.asso.fr%2Findex.php%2Ffr%2Fcomponent%2Fphocadownload%2Fcategory%2F102-posters.html%3Fdownload%3D352%3Aposter-halska&usg=AOvVaw1PhatSD2NNnB2NA6ucJVF
- IFEN, 2007. Le stock de carbone dans les sols agricoles diminue. Le 4 pages IFEN, n° 121.
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/de121.pdf>
- Jauzein P., 1995. Flore des champs cultivés. Ed. INRA, 898 p.
- Jolivet C., Arrouays D. *et al.*, 2008. Le Réseau de mesures de la Qualité des sols de France (RMQS). Etat d'avancement et premiers résultats. *Etude et gestion des sols*, 13, 3, 150-164.
https://www.researchgate.net/profile/Dominique_Arrouays/publication/229440154_Le_Reseau_de_Mesures_de_la_Qualite_des_Sols_RMQS_de_France/links/0c960519cddefdb066000000.pdf

- Manil L. *et al.*, 2015. Suivi temporel des Rhopalocères de France (STERF). Bilan 2005-2014. <http://sterf.mnhn.fr/sites/sterf.mnhn.fr/files/bilans/SuiviTemporeldesRhopaloceresdeFranceBilan2005-14%2827mars2015%29.pdf>
- Martin G., Machon N., Porcher E., 2019. Réponses des espèces communes vues par les sciences participatives. *Le courrier de la Nature*, numéro spécial 2019. 23-27. http://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/atoms/files/cnprn-vigie-flore_cn-19_bd-23-27_flore.pdf
- Martin S. *et al.*, 2011. Spatial distribution of soil organic carbon stocks in France. *Biogeosciences*, 8, 1053-1065. <https://www.biogeosciences.net/8/1053/2011/bg-8-1053-2011.pdf> pour résultats du RMQS
- Martin S., Baize D., Bonneau M. *et al.*, 1999. Le suivi de la qualité des sols en France, la contribution de l'observatoire de la Qualité des Sols. *Etude et gestion des sols*, 6, 3, 215-230. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_55-56/010021521.pdf
- MEEM, 2017. Chiffres clés de l'environnement, Edition 2016. https://www.aitf.fr/system/files/files/chiffres_cles_de_lenvironnement-2016-fevrier2017.pdf
- Poux X., Pointereau P., 2014. L'agriculture à "haute valeur naturelle" en France métropolitaine. Un indicateur pour le suivi de la biodiversité et l'évaluation de la politique de développement rural. *Rapport d'étude au Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt*. ASCA, SOLAGRO. https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/12-08_Agriculture-HVN-France_2014-09_Rapport-principal_version-web_cle4ecc69.pdf
- Saby N.P.A., Lemerrier B. *et al.*, 2014. Le programme Base de Données des Analyses de Terre (BDAT): Bilan de 20 ans de collecte de résultats d'analyses. *Etude et gestion des sols*, 21, 141-150. https://epic.awi.de/id/eprint/35367/2/Saby_EGS_21_1_2111_141_150_web.pdf
- Saby, N. P. A., Brus, D. J. & Arrouays, D. 2014. Comparison of the several methods to estimate of the sampling variance from a systematic random sampling: application to the French soil monitoring network data. In: Jeannée, N. & Romary, T. (eds.) *GeoEnv*. Paris.
- Swiderski C., Saby N.P.A *et al.*, 2012. Evolution des teneurs en carbone organique dans l'horizon de surface des sols cultivés en Alsace. *Etude et gestion des sols*, 19, 3 et 4, 179-192. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01222994/document>

IV. Module D : INDICATEURS PRESSIONS EXPORTEES

Ce dernier module traite des différents facteurs liés aux activités agricoles et pouvant influencer sur la biodiversité au sein d'autres milieux aquatiques ou terrestres, proches et éloignés.

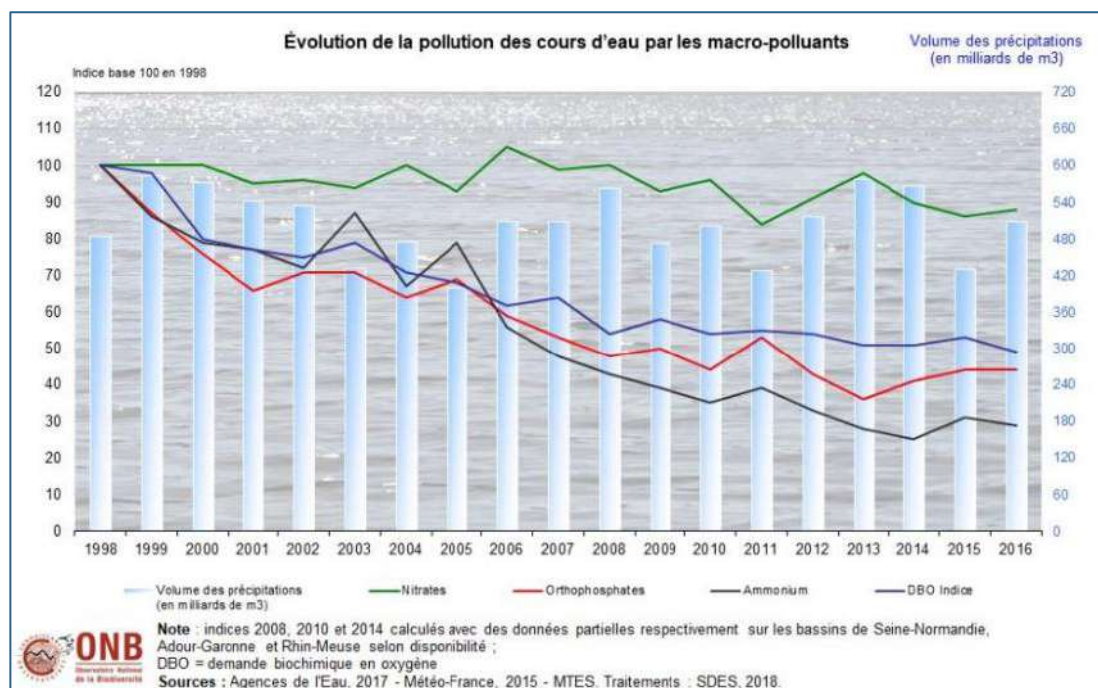
Nous avons identifié cinq groupes de facteurs à documenter :

- Les pertes d'éléments fertilisants vers les milieux aquatiques ;
- Les pertes de produits phytosanitaires ou vétérinaires ;
- Les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ;
- les émissions dans l'atmosphère de gaz à effet acidifiant ou eutrophisant ;
- les pressions exercées par les importations françaises de produits pouvant conduire à des déforestations ou autres mises en culture de milieux naturels dans d'autres pays.

IV.a. La perte d'éléments fertilisants (N et P)

Cette rubrique est déjà documentée dans l'ONB par l'indicateur « Evolution de la pollution des cours d'eau par les macropolluants » (figure 70). Il montre une nette diminution des teneurs en phosphore mais une stagnation des apports azotés (l'essentiel des apports étant dus aux nitrates). Cependant, l'indicateur intègre toutes les sources de pollution et ne propose pas d'analyse de la contribution de l'agriculture à ces différentes sources. On sait globalement que l'agriculture joue un rôle majeur dans les apports d'azote mais beaucoup plus limité dans les apports de phosphore (de l'ordre de 20%).

Figure 70 : Evolution de la pollution des cours d'eau par les macropolluants de 1998 à 2016
(source : ONB)



Il conviendrait donc de compléter la présentation de cet indicateur par des éléments détaillant ces aspects et les situant dans une perspective historique plus longue, en s'appuyant en particulier sur les importants travaux du PIREN Seine⁷⁰. Les figures 71 et 72 donnent un exemple de ces travaux, qui montrent notamment que le bassin de la Seine est entré dès les années cinquante en situation d'excédents structurels pour l'azote.

Figure 71 : Balance azotée moyenne (Surplus) des terres arables et flux de lixiviation calculés pour le bassin de la Seine (à Poses) par le modèle STICS régionalisé sur la période 2000-2015. Source PIREN Seine)

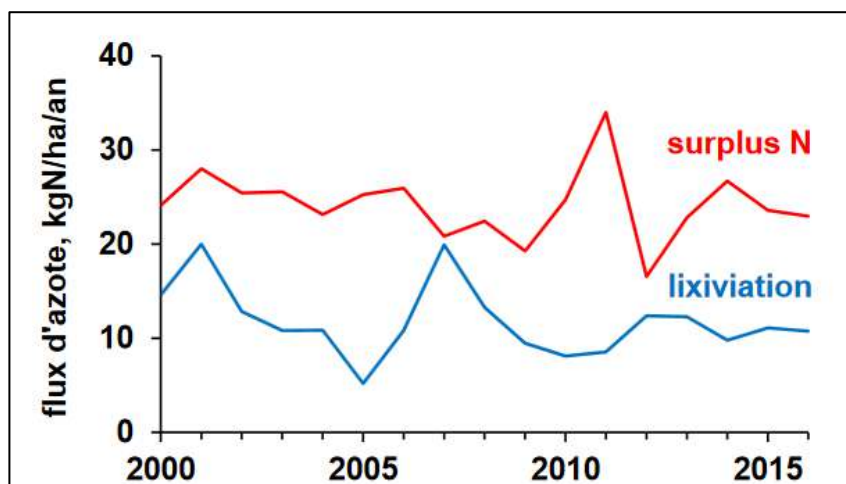
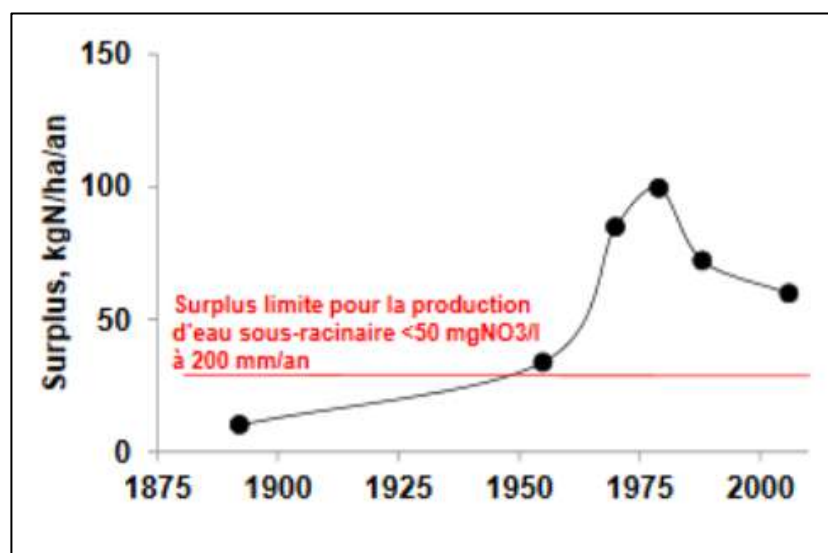


Figure 72 : Évolution du surplus azoté des terres arables dans le bassin de la Seine depuis la fin du XIXe siècle (Source PIREN Seine)



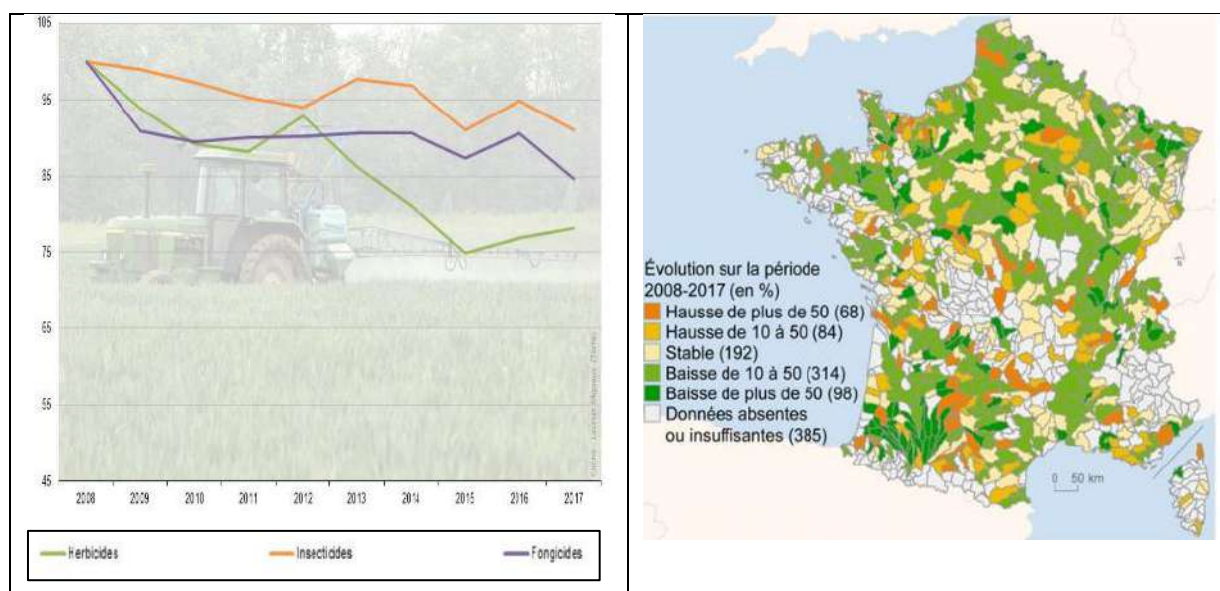
⁷⁰ Voir notamment les rapports annuels 2016 et 2018 [https://www.piren-seine.fr/sites/default/files/PIREN_documents/phase_7/rapports annuels/2016/a1t2_Passy_PIREN_2018.pdf](https://www.piren-seine.fr/sites/default/files/PIREN_documents/phase_7/rapports_annuels/2016/a1t2_Passy_PIREN_2018.pdf) et https://www.piren-seine.fr/sites/default/files/PIREN_documents/phase_7/rapports annuels/2016/a1b6_6_Garnier_PIREN2016.pdf

IV.b. Les flux de pesticides et de médicaments vétérinaires

Cette rubrique est bien documentée dans l'ONB pour les pesticides dans les cours d'eau, dont on estime que l'agriculture représente 95% de la consommation totale⁷¹. L'indice IPCE (Indice de l'évolution de la présence de pesticides dans les cours d'eau) est calculé comme une moyenne pondérée des concentrations mesurées des différents pesticides, la pondération tenant compte de l'écotoxicité spécifique de chaque substance (voir la fiche de l'indicateur dans l'ONB pour plus de précisions). Cet indice est calculé depuis 2008 et montre une diminution moyenne d'environ 20%, avec cependant des écarts importants entre les différents types de pesticides et de fortes disparités géographiques (figure 73).

Par contre, les données relatives à la présence de pesticides dans l'air sont beaucoup plus limitées et la mise en place d'un suivi systématique par l'ORP (Observatoire des Résidus de Pesticides) n'a été envisagée que très récemment⁷².

Figure 73 : Evolution de l'IPCE (Indice de présence de pesticides dans les cours d'eau, base 100 en 2008) (à gauche) et variation par sous-secteurs hydrographiques (à droite). Source : ONB



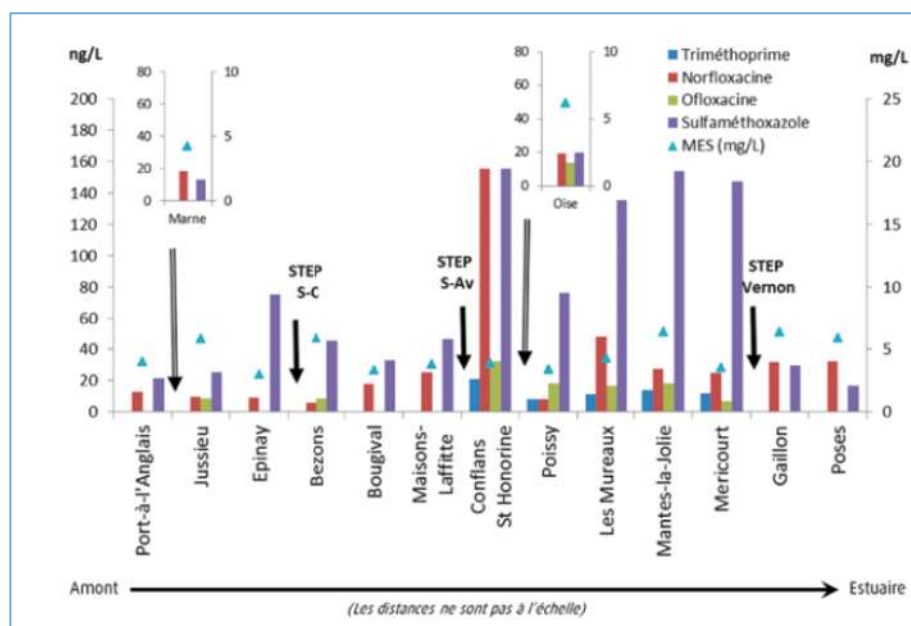
En ce qui concerne les médicaments vétérinaires, les données sont beaucoup plus fragmentaires. En effet, ces substances ne figurent pas dans la liste des produits qu'il convient de suivre régulièrement au titre de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE).

Nous avons entrepris de rechercher les données disponibles sur la présence de résidus et, en particulier, d'antibiotiques dans les eaux superficielles. On dispose en particulier de données sur le bassin de la Seine (PIREN Seine, 2017), qui montrent que les principaux apports sont dus aux stations d'épuration, et donc aux utilisations humaines des antibiotiques (figure 74), les apports diffus, qui pourraient être liés aux activités agricoles, étant beaucoup plus limités. Cette étude a cependant été réalisée en période de basses eaux et les apports diffus par ruissellement superficiel sont susceptibles d'être beaucoup plus importants en période de fortes pluies.

⁷¹ voir <https://docplayer.fr/22872361-Les-usages-non-agricoles-des-pesticides-exemple-de-l-entretien-des-bordures-de-voiries.html>

⁷² Voir <https://www.anses.fr/fr/content/qualit%C3%A9-de-l%E2%80%99air-ext%C3%A9rieur>

Figure 74 : Concentrations (en ng/l) des antibiotiques en phase dissoute, le long de la Seine en période de basses eaux (Tamtam, 2008 in PIREN Seine, 2018)



NB : les plus fortes valeurs observées sont de l'ordre de 0,1µg/l, alors que les CMI (Concentrations minimales inhibitrices) des antibiotiques sont de l'ordre du mg/l.

En outre, la situation peut être très différente selon l'importance de l'élevage dans la région considérée. Ainsi, une étude récente (Charnaud *et al*, 2019) réalisée dans 21 rivières bretonnes montre au contraire que les apports liés aux médicaments vétérinaires sont prépondérants par rapport aux usages humains pour des substances comme l'oxytétracycline ou la fluméquine.

Compte-tenu du caractère ponctuel et hétérogène de ces données, il n'apparaît donc pas possible de proposer actuellement un indicateur de suivi de ces flux de médicaments vétérinaires dans l'environnement.

IV.c. Les émissions atmosphériques

Les émissions gazeuses de l'agriculture susceptibles d'avoir un effet sur la biodiversité concernent :

- les émissions qui contribuent, d'une part, à acidifier les pluies (et donc les eaux douces et les terres) et, d'autre part, à augmenter leur teneur en nitrates et ammonium, favorisant ainsi les végétaux terrestres ou aquatiques nitrophiles et diminuant la biodiversité végétale.
- les émissions de gaz à effet de serre, qui contribuent au réchauffement climatique.

On dispose de données détaillées de ces émissions par secteur d'activité dans l'inventaire SECTEN du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique)⁷³.

Note méthodologique : le périmètre des émissions agricoles

Les données sectorielles du SECTEN concernent les émissions des exploitations agricoles. Elles ne prennent pas en compte les émissions liées à la fabrication des intrants (engrais, aliments du bétail), aux activités aval (transformation et distribution des produits) et aux transports des intrants ou des produits. Une étude récente

⁷³ <https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten>

portant sur l'ensemble du cycle de vie des produits alimentaires (Barbier et al., 2019) évaluée à 163 mégatonnes d'équivalent CO₂ ces émissions, soit, comme nous le verrons, près du double des émissions calculées par le CITEPA (environ 90 mégatonnes).

IV.C.1. Emissions acidifiantes et nitrifiantes

Elles sont dues aux oxydes de soufre (SO₂), d'azote (NO et NO₂) et à l'ammoniac (NH₃). Dans le cas de l'agriculture, les émissions d'oxyde de soufre sont négligeables. Les émissions d'oxyde d'azote résultent des moteurs thermiques (machinisme) et sont relativement faibles. En revanche, celles d'ammoniac, qui résultent des épandages d'engrais azotés et des effluents d'élevage sont importantes et constituent l'essentiel des apports.

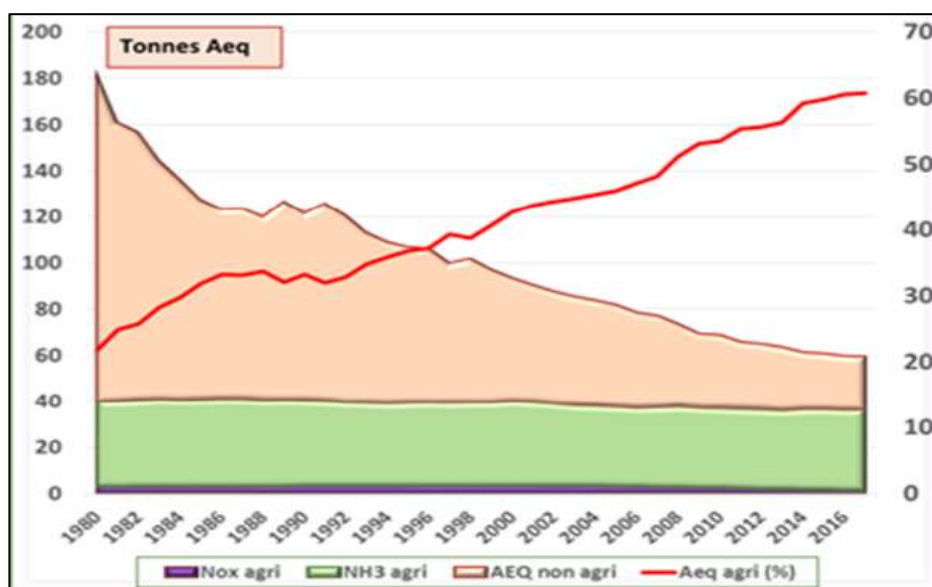
En ce qui concerne les émissions acidifiantes, leur effet global est calculé par l'Aeq (Acidité équivalente = quantité totale d'ions H⁺ en tonnes par an).

$$\text{Aeq} = 0,0313 \times [\text{SO}_2] + 0,0217 \times [\text{NO}_x] + 0,0588 \times [\text{NH}_3]$$

Depuis 1980, ces émissions acidifiantes de l'agriculture ont diminué d'environ 55% pour les oxydes d'azote mais de seulement 9% pour l'ammoniac. Cependant, les émissions des autres secteurs ont baissé de 80%, en particulier du fait de la réduction des émissions d'oxyde de soufre. Il en résulte que la part de l'agriculture dans les émissions totales est passée de 21 à 60% (figure 75).

Cependant, du fait de la réduction considérable des apports globaux (Ils ont été divisés par trois depuis 1980), le problème des pluies acides apparaît aujourd'hui en grande partie résolu. En effet, les données du LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) donnent une estimation de l'effet de ces émissions, à travers l'évolution de la composition des eaux de pluie depuis 1993⁷⁴. Le pH est remonté de 5 à 5,5 (pour une valeur « normale » d'environ 5,6). **C'est pourquoi nous ne proposons pas d'indicateur dans ce domaine.**

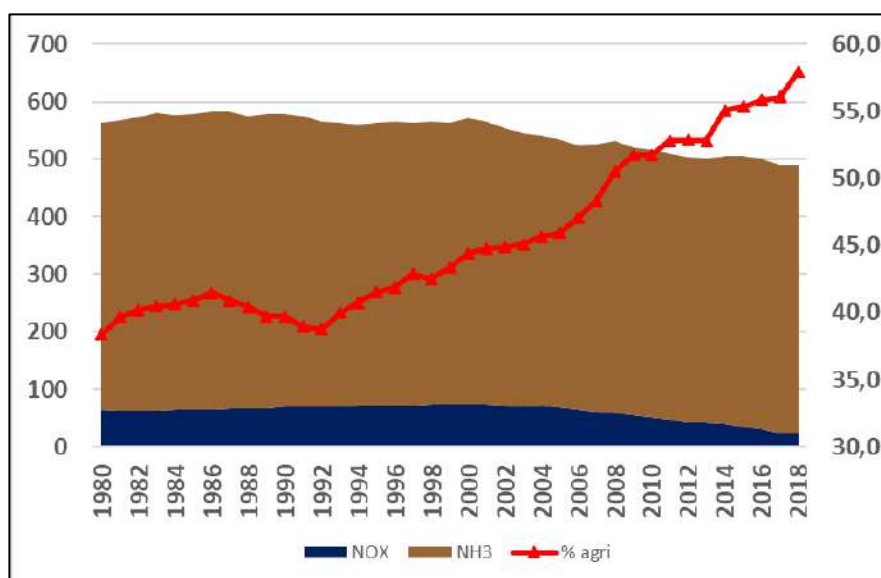
Figure 75 : Evolution des émissions atmosphériques acidifiantes (NO_x et NH₃) de l'agriculture (en tonnes d'acide équivalent) depuis 1980 et part dans les émissions totales de la France (Source : CITEPA)



⁷⁴ <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/ineris-imt-lille-douai/analyse-tendances-nationales-matiere-qualite-air>

En revanche, les effets eutrophisants liés à la libération d'azote actif (NO_x et NH_3) par l'agriculture, même s'ils ont baissé d'environ 10% depuis 1980 (figure 76), restent importants et leur part dans les émissions globales est en constante augmentation, du fait de la forte baisse des émissions de NO_x par les autres secteurs d'activité. L'agriculture est en effet à l'origine de 94% des émissions totales d'ammoniac.

Figure 76 : Emissions atmosphériques d'azote actif de l'agriculture (en milliers de tonnes d'azote par an) et part de l'agriculture dans les émissions globales



Les données du LCSQA sur la composition des eaux de pluies permettent également d'évaluer ces apports d'azote actif (nitrates et ammonium) : ils ont baissé d'environ 50%, passant en moyenne de 1 à 0,5 mg/l (ce qui représente un apport, non négligeable, de 8 à 4 Kg d'azote actif par hectare).

On observe cependant une importante variabilité spatiale de ces apports sur le territoire national⁷⁵ (figure 77), qui reflète principalement l'abondance des précipitations (figure 78).

⁷⁵ https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/surveillance-france-pollution-air-ecosystemes-naturels-terrestres-2012-2014_201409.pdf

Figure 77 : estimation des dépôts atmosphériques d'azote minéral (en kg par ha et par an)

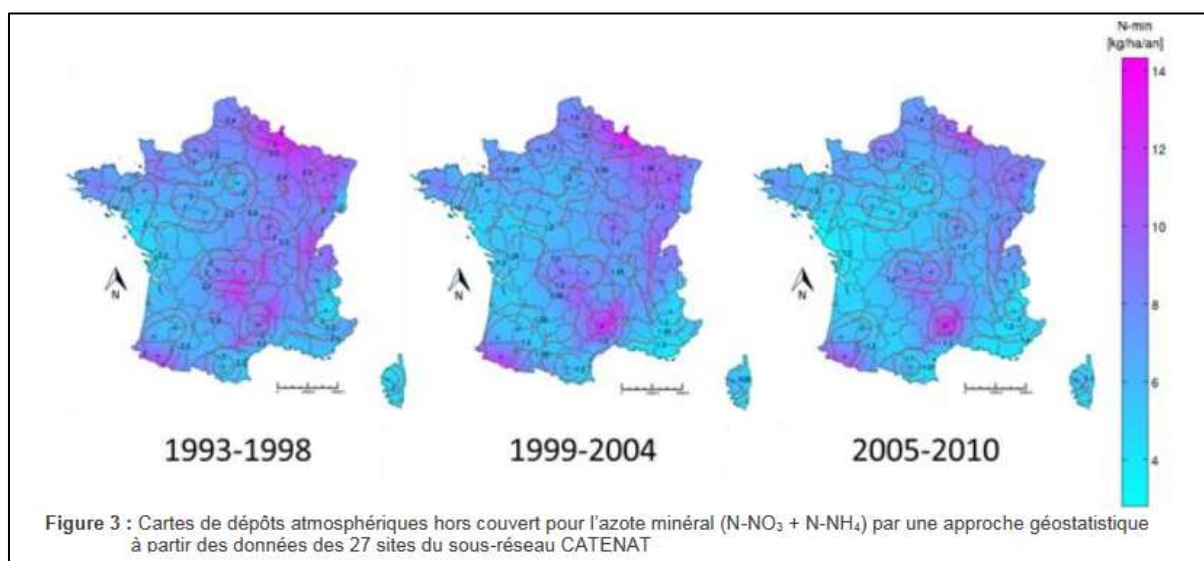
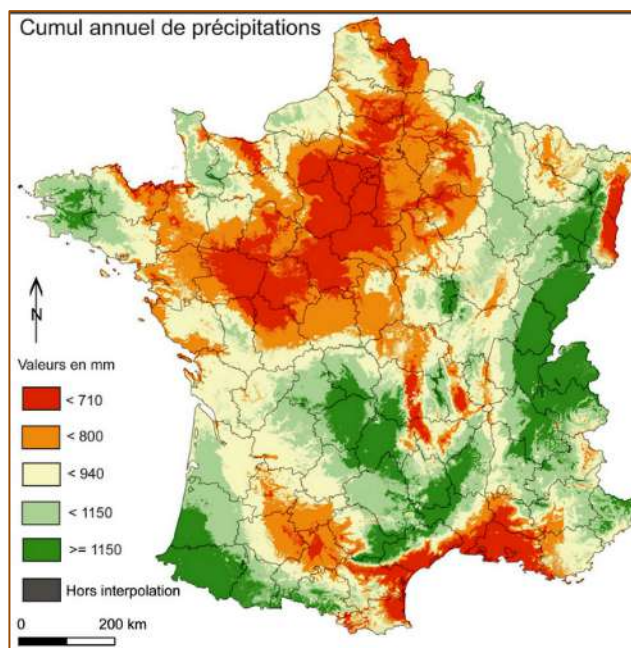


Figure 78 : précipitations moyennes en France



Pour suivre ces apports, nous proposons donc comme indicateur la **proportion des émissions agricoles dans les émissions totales d'azote actif, soit 57% en 2017.**

Indicateur D1 : émissions atmosphériques eutrophisantes de l'agriculture

Chiffre clé : 57%, part des émissions agricoles dans les émissions totales.

Message clé : les émissions agricoles n'ont que faiblement diminué et leur part dans les émissions totales est en forte augmentation.

IV.c.2. Les gaz à effet de serre

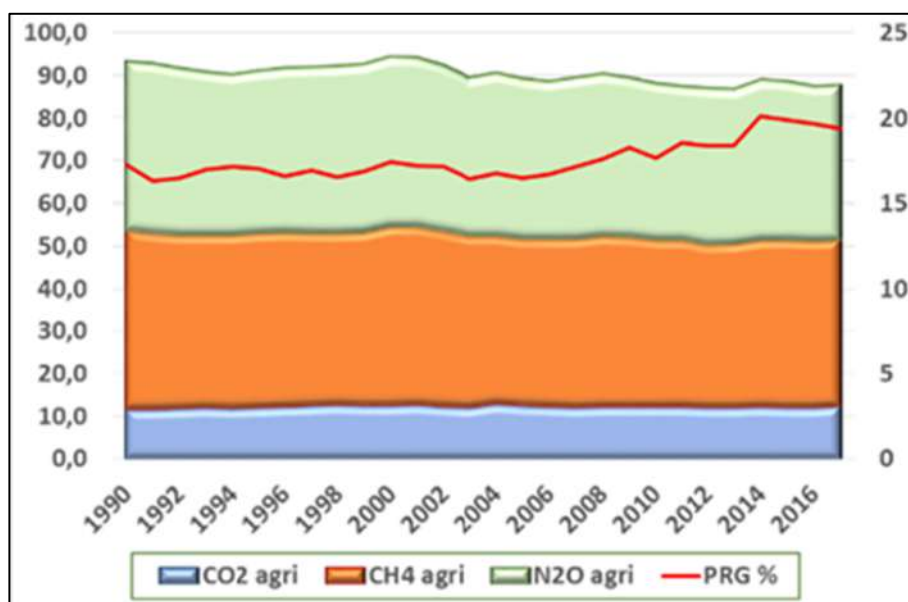
Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Les émissions de dioxyde de carbone de l'agriculture sont liées à l'utilisation de carburants fossiles (machinisme, chauffage, séchage...), celles de méthane résultent de la fermentation des effluents d'élevage et de la digestion des ruminants, celles de protoxyde d'azote de l'épandage d'engrais azotés.

L'effet global de ces gaz est mesuré par le PRG (Pouvoir de réchauffement global), qui tient compte de l'effet propre de chaque gaz sur l'effet de serre.

$$\text{PRG} = [\text{CO}_2] + 25 \times [\text{CH}_4] + 298 [\text{N}_2\text{O}]$$

La contribution de l'agriculture à l'effet de serre est principalement due au méthane (qui représente 70% des émissions totales nationales) et au protoxyde d'azote (76% des émissions totales). Ces émissions n'ont baissé que de 5% depuis 1990, alors que la baisse a été de 22% dans les autres secteurs. De ce fait, la part de l'agriculture dans les émissions est passée de 17 à 20% (figure 79).

Figure 79 : Emissions atmosphériques de gaz à effet de serre par l'agriculture (en millions de tonnes équivalent CO₂) et part dans les émissions totales de la France (en %)



Nous proposons donc comme indicateur cette proportion des émissions de GES due à l'agriculture (20% en 2018).

Indicateur D2 : émission de gaz à effet de serre de l'agriculture
Chiffre clé : 20%, part des émissions agricoles dans les émissions totales.
Message clé : les émissions agricoles de GES n'ont que faiblement diminué et leur part dans les émissions totales tend à augmenter.

IV.d. Les pressions liées aux importations de produits agricoles

De nombreux produits agricoles importés en France (cacao, huile de palme, soja, viandes de bovins...) viennent de pays tropicaux possédant encore des espaces naturels importants et riches en biodiversité, en particulier des forêts primaires. La mise en culture de ces milieux a donc des impacts négatifs sur la biodiversité et ce phénomène est particulièrement regrettable lorsque notre pays est en mesure de produire lui-même ces produits ou des produits équivalents, en particulier pour l'alimentation animale.

Nous proposons de prendre l'exemple du soja, importé en France principalement sous forme de tourteaux mais également de graines entières et d'huile.

On dispose depuis 1961 des statistiques de la FAO pour estimer ces importations. On observe (figure 80) la progression considérable des importations, en particulier de tourteaux, à partir de 1970. Les importations totales culminent à plus de 5 millions de tonnes dans les années 2000, ce qui, en supposant un rendement de 25 quintaux par hectare (rendement moyen mondial selon FAOStat pour la période 2010-2014), soit 20 quintaux par hectare de tourteaux (avec un rendement de trituration d'environ 20%), correspondait à une surface cultivée d'environ 2,4 millions d'hectares (soit près de 10% de la surface française de terres arables).

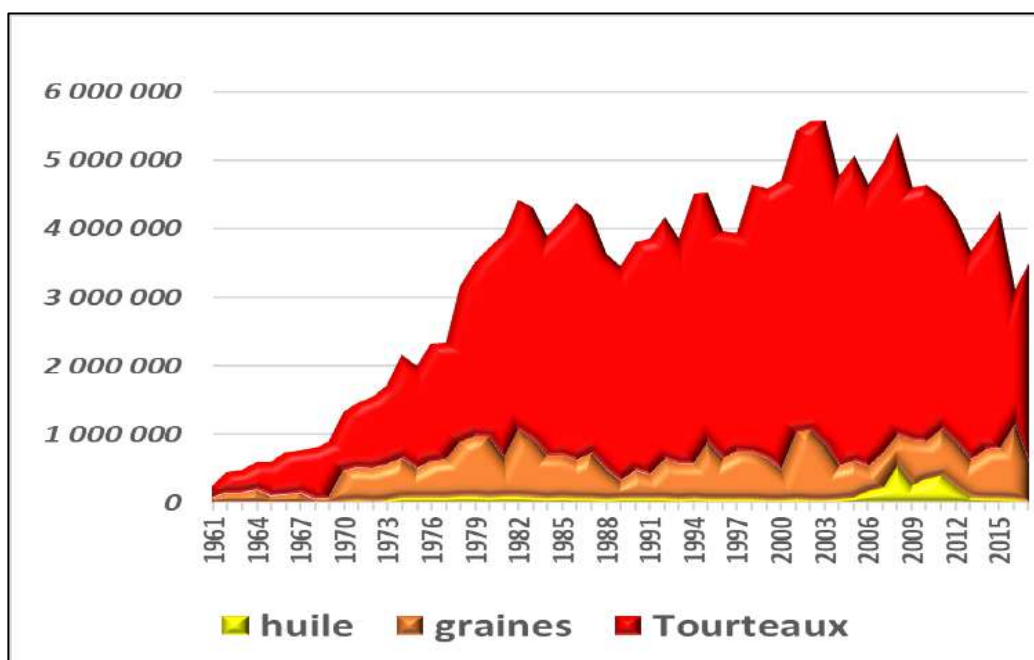
Ces importations ont commencé à diminuer depuis cette période mais représentent encore plus de 3 millions de tonnes.

Pour être exhaustif, il conviendrait de rajouter à ce chiffre les importations « indirectes », à savoir celles correspondant aux importations de viandes, en particulier de volailles et de porcs. Nous avons réalisé une estimation approximative (voir encadré) de ces importations indirectes qui fournit une valeur d'environ 350.000 tonnes, soit environ 10% des importations directes.

Note méthodologique : estimation des importations indirectes de tourteaux de soja

Selon FAOStat, les importations françaises de viandes de volailles et de porc ont été en 2017 d'environ 560.000 tonnes. En supposant que les tourteaux représentent en moyenne 25% de la composition des aliments et que l'efficacité alimentaire est de 40% (2,5 kg d'aliment pour produire 1 Kg de carcasse), on obtient une consommation de tourteaux de 350.000 tonnes. L'application de ce calcul à la production française (environ 4,8 millions de tonnes de viande de porc, de volailles et d'œufs) fournit une estimation de 3.000.000 tonnes, très proche de la valeur réelle de nos importations de tourteaux de soja, ce qui valide ce proxy.

Figure 80 : Importations de soja par la France (en tonnes) de 1961 à 2017 (sources FAOStat)



En ce qui concerne l'origine de ces importations, on observe (Tableau 43) qu'elles proviennent à 70% du Brésil⁷⁶, devenu le premier producteur et le premier exportateur mondial, et d'Argentine. A noter qu'une partie notable de nos approvisionnements (environ 26%)⁷⁷ provient d'autres pays de l'Europe (Espagne, Allemagne, Pays Bas, Belgique...) et correspondent sans doute à des importations d'Amérique du Sud arrivant dans les ports de ces pays et réexportées. Ainsi, en 2016, nous avons importés 786.000 tonnes de tourteaux en provenance de ces quatre pays, alors que leur production totale déclarée à la FAO a été de 44.000 tonnes. Notre taux d'approvisionnement réel à partir de l'Amérique du Sud pourrait donc être proche de 95%⁷⁸.

On notera que la production française de soja a connu récemment une forte expansion, passant de 22.000 ha en 2008 à 154.000 ha en 2018. La récolte était de 63.000 tonnes en 2008⁷⁹, elle a dépassé 400.000 tonnes en 2017⁸⁰. La figure 81 présente cette évolution de la production et du taux d'autoapprovisionnement de notre pays, qui a progressé de manière notable après le creux des années 2000 et a dépassé en 2017 la barre des 10%.

⁷⁶ Données de FranceAgriMer cités par <https://www.lci.fr/international/incendies-amazone-brule-le-soja-ennemi-de-la-foret-bresilienne-quelle-est-l-implication-de-la-france-2130411.html>

⁷⁷ <https://visionet.franceagrimer.fr/Pages/Statistiques.aspx?menuurl=Statistiques/productions%20v%C3%A9g%C3%A9tales/grandes%20cultures/revue%20March%C3%A9%20des%20ol%C3%A9o-prot%C3%A9agineux/France>

⁷⁸ On pourrait calculer une estimation plus précise en regardant dans la base FAOStat la part de soja d'origine brésilienne dans les importations des différents pays européens et en supposant que cette proportion s'applique aux exportations.

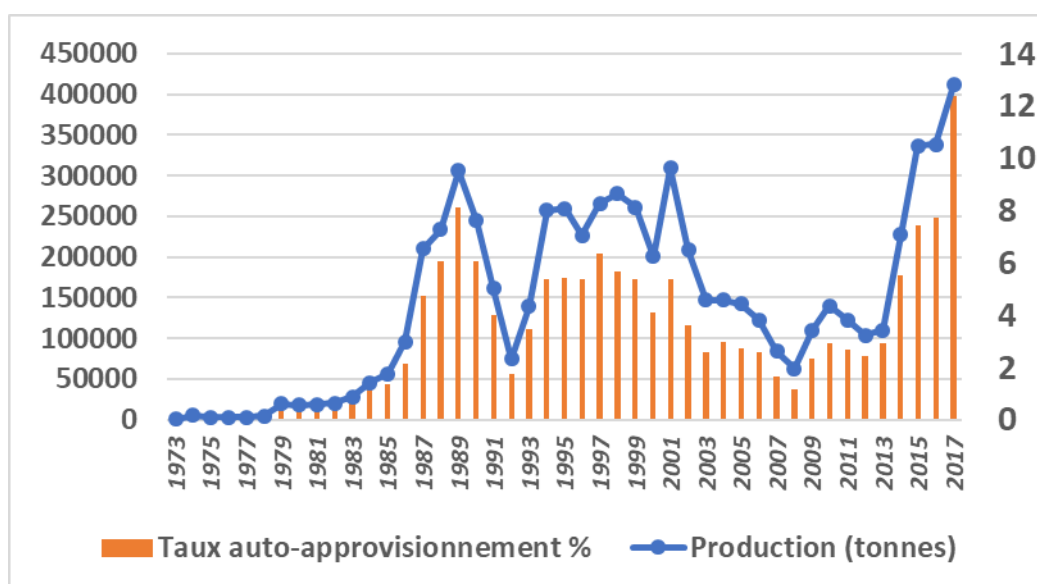
⁷⁹ Données FAOStat

⁸⁰ <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/le-soja-une-culture-qui-progresse-en-france-217-143662.html>

Tableau 43 : Origine des importations françaises de tourteaux de soja en 2016 (données FAO Stat)

Pays	Imports (tonnes)	%
Brésil	1801979	60,5
Belgique	433223	14,6
Argentine	264011	8,9
Espagne	215547	7,2
Pays-Bas	108129	3,6
Inde	72382	2,4
Allemagne	29551	1,0
Ukraine	22567	0,8
Russie	18758	0,6
Chine	7397	0,2
Autres	3900	0,1
TOTAL	2977444	100

Figure 81 : Production française de soja (en tonnes) et taux d'auto-provisionnement de la consommation intérieure. Source FAOStat et Douanes françaises.



Proposition d'indicateurs

Nous proposons de considérer :

- comme indicateur principal **le taux d'auto-provisionnement de notre pays**, afin de juger de l'évolution liée à diverses politiques, notamment le « plan protéines végétales pour la France » 2014-2020⁸¹ et la « stratégie nationale de lutte contre la déforestation importée » lancée en 2018⁸² et qui vise à « mettre fin d'ici 2030 à la déforestation causée par l'importation de produits forestiers ou agricoles non durables ».

⁸¹ <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-proteines-vegetales-pour-la-france-2014-2020>

⁸² <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/france-veut-mettre-fin-dici-2030-deforestation-causee-limportation-produits-non-durables-0>

- comme indicateur secondaire **les surfaces cultivées dans le monde correspondant à ces importations**, sur la base d'un rendement moyen d'environ 25 quintaux par hectare, soit 1,7 million d'hectare en 2017⁸³, ce qui représentait 9,2% des terres arables françaises.

Indicateur D3 : Importations françaises de soja

Chiffre clé : 12,4%, taux d'auto-provisionnement de la France en soja en 2017.

Indicateur secondaire : 1,7 million d'hectare en 2017, surface cultivée hors France correspondant aux importations françaises de tourteaux, soit 9,2% des terres arables françaises.

Message clé : Importance des importations venant d'Amérique du Sud mais tendance à l'augmentation du taux d'autosuffisance.

IV.e. Synthèse et perspectives

Ce chapitre sur les pressions exportées nous amène donc à proposer trois indicateurs nouveaux pour l'ONB :

- la part des émissions atmosphériques eutrophisantes liées à l'agriculture, soit 57% en 2017, avec une tendance forte à la hausse.

- la part des émissions atmosphériques de gaz à effet de serre par l'agriculture, soit 20% en 2018 avec une tendance à la hausse modérée.

- le taux d'auto-provisionnement de notre pays en soja (12,4% en 2017), avec une estimation des surfaces cultivées hors de France pour assurer notre approvisionnement.

Ces trois indicateurs pourront s'ajouter aux deux indicateurs déjà disponibles (teneur en nitrates des eaux et teneur en pesticides des eaux).

A partir de ces cinq indicateurs, nous proposons de construire ultérieurement un indicateur synthétique de ces différentes pressions exportées en s'inspirant de la méthodologie développée par l'ONB pour cartographier les pressions sur la biodiversité⁸⁴.

Références module D

Barbier C. et al., 2019. L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France. *Club Ingénierie Prospective Energie et Environnement*, Paris, IDDRI, 24 p.

https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/Rapport/Empreinte-Carbone_Alimentation_France_VF.pdf

Charuau L, Jardé E, Jaffrézic A, Thomas M-F, Le Bot B, 2019. Veterinary pharmaceutical residues from natural water to tap water: Sales, occurrence and fate. *Journal of Hazardous Materials*, 361, 169-186. ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.075>

PIREN Seine, 2018. Les micropolluants dans le bassin de la Seine. Alkylphénols, bisphénol A, résidus pharmaceutiques et composés perfluoroalkylés.

⁸³ On applique aux importations de graines ce rendement de 25 quintaux et aux importations de tourteaux le rendement de 20 quintaux et on néglige les importations d'huile.

⁸⁴ Voir http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/sites/default/files/notice_methodologique.pdf

L'indicateur synthétique est une moyenne géométrique pondérée des différentes pressions, préalablement normalisées selon une échelle de 0 à 1.

https://www.researchgate.net/publication/325272849_Les_micropolluants_dans_le_bassin_de_la_Seine_-_Alkylphenols_bisphenol_A_residus_pharmaceutiques_et_composes_perfluoroalkyles/citation/download

Table des figures

Figure 1. Biodiversité et agriculture : représentation du « système » à documenter. Les flèches grises représentent les interactions principales entre les sous-systèmes tandis que les flèches bleues représentent les principales interactions liées aux éléments sortant du système étudié.....	4
Figure 2 : Emissions de métaux lourds en France métropolitaine entre 1990 et 2016 (base 100 en 1990. Source https://www.citepa.org/fr/actualites/1025-graphique-du-mois).....	22
Figure 3 : Part des différents apports de métaux et métalloïdes aux sols agricoles (ADEME, 2007).....	23
Figure 4 : Contribution des différentes sources aux apports globaux	23
Figure 5 : Importance des apports de cadmium (à gauche) et de cuivre (à droite) dans les différents départements (en grammes par hectare de SAU et par an). Source : ADEME, 2007	25
Figure 6 : comparaison des apports en cadmium estimé par l’ADEME (carte de gauche) et des concentrations de cet élément dans les sols (données du GIS Sol, carte de droite).	26
Figure 7 : évolution de la teneur en cadmium des boues de la station d’épuration d’Achères (source : AESN).....	27
Figure 8 : évolution annuelle (moyenne glissante des années n et n – 1) des variations des surfaces artificialisées, naturelles et agricoles de 1982 à 2014 (Ballet, 2016).	29
Figure 9 : Changement d’usage des sols entre 2000 et 2006 (ONCEA, 2014).....	30
Figure 10 : changement d’usage des terres entre 2006 et 2014 (AGRESTE, 2015).....	30
Figure 11 : Evolution des différents usages de l’espace de 2000 à 2017 (base 100 en 2000). Source : statistiques agricoles annuelles	32
Figure 12 : Pertes annuelles (en milliers d’hectare) de SAU (Surface agricole utile) et de SEU (Surface d’intérêt écologique) depuis 1950	35
Figure 13 : Evolution des différentes composantes de la SAU (mesurée en Surface d’intérêt écologique) en hectares (échelle de gauche) et pertes annuelles de SEU (en hectares, échelle de droite)	35
Figure 14 : variation annuelle (moyenne des années N, N-1 et N-2) des différentes usages des sols de 2000 à 2018. Source : Statistiques agricoles annuelles.....	36
Figure 15 : Evolution du nombre annuel d’espèces exotiques nouvelles d’arthropodes observés en Europe (Roques, 2010).....	37
Figure 16 : modélisation du risque d’épizootie pour deux maladies virales des chevaux transmises par les insectes (voir texte). Source : Durand et al., 2013.....	40
Figure 17 : exemple de pondération multicritères des risques de 19 maladies porcines (source : ANSES, 2012).....	40
Figure 18 : cartographie de l’indice du risque d’invasion des cultures (OTf) par des insectes ou des champignons pathogènes (A) et du risque économique associé (B). Source : Paini et al, 2016...	41
Figure 19 : répartition des principaux agrégats en 1970 et 2010	44
Figure 20 : Evolution de l’indice de Simpson de la diversité des cultures (source RGA).....	44

Figure 21 : Évolution du nombre efficace de cultures annuelles (histogramme) et de la part des cultures minoritaires (hors blé tendre, orge et maïs) entre 1979 et 2010 (Humanité et Biodiversité, source des données : RGA).....	45
Figure 22 : mesure de l'évolution de la diversité génétique du blé tendre cultivé en France par diverses méthodes (Goffaux et al., 2011)	47
Figure 23 : Évolution de la composition du cheptel des principaux mammifères d'élevage de 1840 à 2017 (graphique Humanité et Biodiversité).....	49
Figure 24 : Évolution des effectifs des principaux mammifères d'élevage de 1840 à 2017 (échelle logarithmique) (Graphique Humanité et Biodiversité)	49
Figure 25 : Évolution du nombre d'Unités gros bovins d'élevage	51
Figure 26 : Évolution de la proportion des principales races bovines françaises de 1958 à 2017 (graphique Humanité et Biodiversité).....	53
Figure 27 : Évolution de l'effectif efficace de Simpson et du TOP5 pour les races bovines françaises (graphique : Humanité et Biodiversité).....	54
Figure 28 : Diversité génétique des races bovines et ovines (programme VARUME).....	56
Figure 29 : Moyenne nationale de la diversité des cultures arables par exploitation (France entière) (source : SSP ; données brutes : données PAC). *changement de classification RPG en 2015 par rapport à 2007-2014	58
Figure 30 : Variation des superficies de sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage de 2006 à 2015. (Source : Humanité & Biodiversité, données sources : Agreste – jeu de données « Occupation du territoire (nomenclature détaillée en 50 postes) »). Dans le jeu de données utilisé, le demi-intervalle de confiance est absent pour les occupations ou utilisations relevant du domaine de l'agriculture).....	65
Figure 31 : Bilan fertilisation pentoxyde de phosphore de 1988/1989 à 2012/2013 (source : UNIFA, 2014) A été introduit, à partir de la campagne 2005/2006, une estimation des apports d'origine organique autres que les effluents d'élevage : il s'agit d'engrais et amendements organiques commercialisés, ainsi que de sous-produits urbains ou industriels épandus sous statut de déchets.....	67
Figure 32 : bilan fertilisation pentoxyde de phosphore entre 2008-2010 et 2011-2013 (source UNIFA, 2014)	67
Figure 33 : Évolution des livraisons d'azote et de phosphore entre 1972 et 2012 (source : SOeS, 2015 ; données : UNIFA, 2014)	68
- Figure 34 : Bilan de la fertilisation pour l'azote et le phosphore (source : Eurostat, données : Agreste, Citepa, Unifa, Comifer)	68
Figure 35 Comparaison des valeurs des apports (en bleu), des exportations (en rouge) et du bilan de fertilisation (en vert) de l'azote entre Unifa et Eurostat	70
Figure 36 : Surface agricole considéré dans le calcul des bilans de fertilisation Eurostat et Unifa.....	70
Figure 37 : Évolution des apports (en vert), des exportations (en orange), et du bilan de fertilisation (en bleu) d'azote en kg N/ha. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Eurostat)....	71
Figure 38 : Évolution des apports (en vert), des exportations (en orange), et du bilan de fertilisation (en bleu) de phosphore en kg P/ha. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Eurostat).....	71

Figure 39 : IFT total moyen en viticulture selon les bassins enquêtés en 2010, 2013 et 2016 (source : Agreste SSP 2019 ; données : Agreste – Enquêtes sur les pratiques phytosanitaires (2010 2016) et culturales 2016 en viticulture)	73
Figure 40 : évolution de l'IFT moyen en arboriculture entre 2012 et 2015 (source : Agreste SSP 2018). Martinique et Guadeloupe pour la banane, Guyane pour les agrumes (uniquement en 2012)...	73
Figure 41 : Evolution des ventes d'antibiotiques (en tonnes de matière active) pour les principales filières d'élevage (ANSES, 2018).....	77
Figure 42 : Evolution de l'ALEA (Indicateur d'exposition des animaux aux antibiotiques) de 1999 à 2017 (ANSES, 2018).....	78
Figure 43 : Évolution de la consommation d'antibiotiques à usage humain de 2000 à 2015 (ANSM, 2017). La consommation est présentée en nombre de Doses Définies Journalières pour 1 000 habitants et par Jour (DDJ/1000H/J). La DDJ, ou posologie standard pour un adulte de 70 kg, permet de calculer, à partir du nombre d'unités vendues, et en fonction du nombre d'habitants, la consommation de chaque molécule.	79
Figure 44 : Consommation d'antibiotique à usages humains et vétérinaires en tonnes par an	79
Figure 45 : cartographie à l'échelle des petites régions agricoles (PRA) et détail des formules de calcul des indicateurs (source : Piet et Cariou, 2014 ; données : ASP, RPG Anonyme 2007 – calcul des auteurs)	82
Figure 46 : Détail du calcul des 6 indicateurs de Piet et Cariou, 2014	83
Figure 47 : Évolution des surfaces en haies et alignements d'arbres (en rouge), en landes (en vert) et en bosquets (en bleu) en base 100. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste Teruti – croisement entre occupation et utilisation du territoire).....	84
Figure 48 : Évolution des infrastructures écologiques (haies et alignement d'arbres, landes et bosquets) de 2006 à 2015. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste Teruti – croisement entre occupation et utilisation du territoire)	85
Figure 49 : Répartition départementale du nombre d'exploitation HVE au 1 ^{er} Juillet 2019 et répartition du nombre d'exploitation HVE en fonction du type de production. Source : MAA.....	86
Figure 50 : Évolution des opérateurs et des surfaces certifiées BIO de 1995 à 2017.	87
Figure 51 : Évolution de la part des surfaces nationales conduites en BIO de 2001 à 2017.	87
Figure 52 : Part de la SAU à Haute Valeur Naturelle par canton en 2010.....	88
Figure 53 : (A) représentation cartographique du stock de carbone issue des données de la BDAT (source : INRA, GIS Sol outil Geosol, 2019) et (B) issue du RMQS (source : GIS Sol, 2017)	93
Figure 54 : Indice de charge multi-métallique (source : INRA Infosol 2011).....	95
Figure 55 : Teneur en phosphore assimilable des horizons de surface des sols agricoles de France par canton (GIS Sol, BDAT, 2011)	96
Figure 56 : (A) pH eau moyen par PRA en 1990-94 et (B) pH eau moyen par PRA en 2010-14 (source : Geosol - GIS Sol ; données : BDAT).....	96
Figure 57 : Localisation et nature des parcelles étudiées de 2012 à 2017.....	98
Figure 58 : distribution des observations de l'OPVT de 2011 à 2016.....	99

Figure 59 : Indice du potentiel des pollinisateurs (à gauche, valeur 2010) et Indice d'efficacité du service de pollinisation (à droite, moyenne 2000-2010).....	100
Figure 60 : Répartition par ordre des insectes et arachnides observés par SPIPOLL (données au 6/02/2014)	101
Figure 61 : répartition des communes du programme SPIPOLL (http://www.spipoll.org/galleries) ..	101
Figure 62 : Evolution de la production française de miel (en tonnes, échelle de gauche) et du nombre de ruches (échelle de droite) de 1961 à 2018.....	103
Figure 63 : Evolution de la productivité annuelle des ruches (en kg de miel par ruche) de 1961 à 2018.	104
Figure 64 : Richesse spécifique (à gauche) et abondance moyenne (à droite) des papillons diurnes en France (moyenne 2005-2014, programme STERF).....	104
Figure 65 : Points d'échantillonnage du dispositif Vigie-chiro	106
Figure 66 : localisation des parcelles du réseau « biovigilance flore » pour la période 2002-2004 (à gauche) et des parcelles du réseau ENI (Effets non-intentionnels des pesticides) mis en place en 2012 (à droite).....	107
Figure 67 : nombre d'espèces observées dans les départements (sur un total de 102 espèces)	108
Figure 68 : localisation des zones de forte régression d'abondance	110
Figure 69 : Localisation des mailles d'observation du programme Vigie Flore (à gauche) et évolution de la préférence thermique des communautés végétales détectée par ce programme. Source : Martin et al., 2019.....	111
Figure 70 : Evolution de la pollution des cours d'eau par les macropolluants de 1998 à 2016 (source : ONB)	114
Figure 71 : Balance azotée moyenne (Surplus) des terres arables et flux de lixiviation calculés pour le bassin de la Seine (à Poses) par le modèle STICS régionalisé sur la période 2000-2015. Source PIREN Seine)	115
Figure 72 : Évolution du surplus azoté des terres arables dans le bassin de la Seine depuis la fin du XIXe siècle (Source PIREN Seine)	115
Figure 73 : Evolution de l'IPCE (Indice de présence de pesticides dans les cours d'eau, base 100 en 2008) (à gauche) et variation par sous-secteurs hydrographiques (à droite). Source : ONB.....	116
Figure 74 : Concentrations (en ng/l) des antibiotiques en phase dissoute, le long de la Seine en période de basses eaux (Tamtam, 2008 in PIREN Seine, 2018)	117
Figure 75 : Evolution des émissions atmosphériques acidifiantes (NO _x et NH ₃) de l'agriculture (en tonnes d'acide équivalent) depuis 1980 et part dans les émissions totales de la France (Source : CITEPA).....	118
Figure 76 : Emissions atmosphériques d'azote actif de l'agriculture (en milliers de tonnes d'azote par an) et part de l'agriculture dans les émissions globales.....	119
Figure 77 : estimation des dépôts atmosphériques d'azote minéral (en kg par ha et par an)	120
Figure 78 : précipitations moyennes en France	120
Figure 79 : Emissions atmosphériques de gaz à effet de serre par l'agriculture (en millions de tonnes équivalent CO ₂) et part dans les émissions totales de la France (en %).....	121

Figure 80 : Importations de soja par la France (en tonnes) de 1961 à 2017 (sources FAOStat)	123
Figure 81 : Production française de soja (en tonnes) et taux d'auto-provisionnement de la consommation intérieure. Source FAOStat et Douanes françaises.	124

Table des tableaux

Tableau 1. Récapitulatif de la structure des jeux d'indicateurs de l'ONB.	7
Tableau 2. Jeux initiaux ou jeux partagés des indicateurs « biodiversité et agriculture ».....	8
Tableau 3 : Questions liées à chaque indicateur « biodiversité et agriculture ».	9
Tableau 4. Indicateurs pouvant potentiellement être rattachés à la thématique « biodiversité et agriculture ». La numérotation des indicateurs commence à 11 car ils complèteraient le jeu d'indicateur « biodiversité et agriculture » actuellement composé de 10 indicateurs.	10
Tableau 5. Questions liées à chaque indicateur pouvant potentiellement être rattachés à la thématique « biodiversité et agriculture ».	11
Tableau 6. Proposition des critères pour l'analyse multicritère des indicateurs.	14
Tableau 7 Proposition de grille d'analyse multicritère d'un indicateur	16
Tableau 8 Proposition de tableau de bord d'évaluation d'un indicateur	16
Tableau 9. Exemple de l'analyse multicritères de la fiche de l'indicateur "abondance des vers de terre".....	18
Tableau 10. Évaluation du jeu d'indicateurs biodiversité et agriculture de l'ONB.....	19
Tableau 11 : Estimation des apports d'ETM aux sols agricoles (en tonnes par an). Source ADEME, 2007)	22
Tableau 12 : Estimation des apports d'ETM par les eaux d'irrigation issus des nappes souterraines dans les surfaces irriguées des régions Aquitaine, Centre et Poitou-Charentes (en grammes par hectare et par an).....	24
Tableau 13 : apports annuels d'éléments métalliques aux sols agricoles en g/ha et comparaison aux apports maximum autorisés d'amendements organiques et aux stocks moyens des sols (Sources : Baize et al., 2007 et ADEME, 2007).	25
Tableau 14 : Estimation des exportations (EX) de métaux lourds (Zinc, mercure et arsenic) par les cultures de céréales et comparaison aux apports moyens (AM).....	26
Tableau 15 : Coefficients METOX des différents ETM et calcul des apports en unités METOX	28
Tableau 16 : proposition de coefficients d'intérêt écologique pour les différents usages de la SAU...33	
Tableau 17 : Evolution des différentes composantes de la SAU (en milliers d'hectares) de 1950 à 2018.	34
Tableau 18 : surfaces (en ha) des principaux agrégats de 1970 à 2010 (Source RGA).....	43
Tableau 19 : Évolution du nombre efficace de cultures annuelles dans les différentes régions entre 2000 et 2017 (source : SAA).....	45
Tableau 20 : Évolution des effectifs (en milliers) des principaux mammifères d'élevage.....	48
Tableau 21 : Coefficients UGB utilisés.....	50
Tableau 22 : Évolution des biomasses (en tonnes) des espèces d'élevage de 1999 à 2017 (ANSES, 2018)	50
Tableau 23 : Biomasse des animaux d'élevage par habitant et part des herbivores dans cette biomasse (source : ANSES/ANMV).....	51

Tableau 24 : Évolution de la proportion des races bovines minoritaires.....	55
Tableau 25 : Valeurs des indicateurs de diversité des cultures arables calculés par le SSP.....	57
Tableau 26 : Part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans (source : Humanité & Biodiversité, source des données : enquêtes PK GC des années 2006, 2011 et 2014)	60
Tableau 27 : Part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans	60
Tableau 28 : Principales caractéristiques des indicateurs de résultats (Rapport d'avancement du Comité d'évaluation de la politique agro-écologique, 2016)	62
Tableau 29 : Part des surfaces enherbées en viticulture	63
Tableau 30 : Part des surfaces enherbées en grandes cultures (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : SSP – Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires en grandes cultures 2014)	64
Tableau 31 : Bilan de fertilisation Unifa et Eurostat pour l'azote (N) et le phosphore (P) (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Unifa et Eurostat).....	69
Tableau 32 : Tendances annuelles de l'IFT. (Source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste – enquêtes pratiques phytosanitaires).	74
Tableau 33 : IFT total moyen et IFT pondéré par les surfaces en 2010, 2013 et 2016 (source des données : Agreste)	74
Tableau 34 : IFT total moyen en grandes cultures, viticulture, arboriculture et maraîchage (source des données : Agreste	75
Tableau 35 : Répartition en 2017 des biomasses en élevage pour les différentes espèces, des ventes d'antibiotiques (en tonnage de matières actives et en quantité de matière active par kilogramme de poids vif (ANSES, 2018)	77
Tableau 36 : statistiques descriptives des indicateurs de morcellement parcellaire selon les caractéristiques (moyennes par exploitation, écart-type entre parenthèses) (source : Piet et Cariou, 2014 ; données : ASP, RPG, Anonyme 2007 – calcul des auteurs).....	82
Tableau 37 : Principales caractéristiques des bases de données RMQS et BDAT du GIS Sol	92
Tableau 38 : Évolution de la teneur en carbone organique dans les 30 premiers cm de sol (source de données : BDAT).....	94
Tableau 39 : nombre d'exploitations et de parcelles de l'OAB	98
Tableau 40 : Calcul du coefficient d'intérêt écologique (CIE) des milieux agricoles pour les papillons diurnes pour la période 2005-2014 (Source : Manil et al, 2015)	105
Tableau 41 : Bilan des données sur les messicoles	109
Tableau 42 : répartition des 102 espèces selon le taux de régression.....	109
Tableau 43 : Origine des importations françaises de tourteaux de soja en 2016 (données FAO Stat)	124

Annexe 1 : Répartition de la SAU (en hectares) selon les cultures (source RGA)

	1970	1979	1988	2000	2010
<i>Blé tendre</i>	3491715	4053650	4380339	4896507	4896895
<i>Blé dur</i>	177780	108284	287192	338596	505842
<i>Orge et escourgeon</i>	2854266	2762417	1828130	1521928	1574621
<i>Avoine</i>	792552	523346	262228	101393	80635
<i>Triticale et seigle (2)</i>	122320	129861	202969	271640	413099
<i>Maïs-grain et maïs-semence</i>	1441467	1896725	1996429	1753866	1615632
<i>Sorgho-Grain</i>	53140	85659	43356	58457	46459
<i>Riz</i>	18951	7091	14685	19880	20522
<i>Mélanges et autres céréales</i>	248742	175302	77042	64819	71362
<i>Colza</i>	339987	270553	827953	1176097	1463869
<i>Toumesol</i>	30511	82553	951312	722870	691870
<i>Soja</i>		14773	88530	76787	49677
<i>Lin oléagineux</i>	1490	4210			18149
<i>Autres oléagineux</i>	5260	3710	2308	17457	9115
<i>Pois protéagineux</i>			505204	424224	238754
<i>Fève, féverole</i>		17808	37861	26373	151467
<i>Lupin doux</i>			4975	13827	6384
<i>Lin textile</i>	37286	44071	54713	54457	55091
<i>Chanvre y compris papier</i>	2921	8253	3034		7944
<i>Autres plantes textiles</i>				5616	346
<i>Betterave industrielle</i>	399737	539680	433571	409061	383588
<i>Houblon</i>	1052	768	490	831	612
<i>Tabac</i>	19182	20016	13131	9560	7122
<i>Plantes médicinales, à parfum, aromatique</i>	24319	28569	21334	32965	37978
<i>Semences grainières</i>	10226	14809	38287	53251	34160
<i>Autres cultures industrielles</i>	7482	4511	3665	8564	16532
<i>Maïs fourrage et ensilage</i>	278788	1093777	1468308	1384929	1386997
<i>Plantes sarclées fourragères</i>			107719	22711	10601
<i>Autres fourrages annuels</i>	99593	318307	36383	23907	37696
<i>Prairies artificielles</i>	1466448	986830	639436	379781	278018
<i>Prairies temporaires</i>	2464929	2357265	2146532	2873136	3194846
<i>Superficie toujours en herbe (STH)</i>	12329855	11461908	10214086	8316070	7634370
<i>Pommes de terre et tubercules</i>	310968	204271	142804	157819	154435
<i>Légumes secs</i>	22480	10870	10015	10962	18565
<i>Légumes frais, fraises, melons</i>	47066	41440	254364	247773	201652
<i>Fleurs et plantes ornementales</i>	5991	5936	7101	8915	9329
<i>Vignes</i>	1205432	1092710	951557	887209	788620
<i>Cultures permanentes entretenues</i>	281627	237994	229068	233702	212365
<i>Jachères</i>	360500	247034	243215	1226698	624326
<i>Jardins et vergers familiaux</i>	72214	65813	50315	23676	13711
TOTAL	29026277	28920774	28579641	27856314	26963256

Annexe 2 : Évolution de l'effectif des races bovines de 1958 à 2017

CATEGORIE	RACE	1958 a	1979 b	1988 b	2000 b	2007 b	2012 b	2017 b
		N	N	N	N	N	N	N
Laitière	<i>Holstein /Frisonne (3)</i>	2584,00	3979,50	3758,40	2845,60	2554,03	2439,56	2446,31
Allaitantes	<i>Charolais</i>	1579,00	1115,30	1428,60	1834,50	1650,94	1529,60	1450,90
Allaitantes	<i>Limousine</i>	610,00	458,20	563,20	907,50	1008,56	1056,01	1131,57
mixte	<i>Montbéliarde</i>		811,60	774,60	685,00	663,68	649,49	647,54
Allaitantes	<i>Blonde Aquitaine (2)</i>		174,20	256,00	483,50	517,55	525,39	515,57
mixte	<i>Normande</i>	4526,00	1924,00	1072,50	577,10	462,73	387,27	333,49
mixte	<i>Salers</i>	517,00	157,70	163,90	204,70	195,39	201,89	218,43
mixtes	<i>Aubrac</i>	274,00	57,30	54,20	105,50	135,56	163,04	201,89
Allaitantes	<i>Parthenaise</i>	310,00	7,90	7,10	22,10	32,86	41,41	51,17
Laitière	<i>Abondance</i>		99,40	67,00	54,80	50,11	48,43	47,50
Allaitantes	<i>Rouge des prés /Maine-Anjou (6)</i>	443,00	128,30	86,90	57,30	45,83	39,52	37,85
Laitière	<i>Brune (1)</i>	262,00	96,50	42,10	23,90	27,25	27,50	27,99
Laitière	<i>Simmental française / Pie rouge de l'Est (5)</i>	1929,00	112,60	48,60	27,70	25,14	25,24	27,38
Laitière	<i>Pie Rouge Plaines (4)</i>		47,90	39,80	18,40	18,67	19,38	20,65
Allaitantes	<i>Gasconne</i>	423,00	23,70	17,90	23,30	20,91	18,48	18,43
Laitière	<i>Jersiaise</i>				5,20	7,74	9,58	16,71
Laitière	<i>Tarentaise</i>	185,00	36,90	17,40	13,50	13,32	13,21	13,71
Allaitantes	<i>Corse</i>		24,00	42,40	23,90	14,16	10,53	8,74
Allaitantes	<i>Camargue</i>				6,00	5,50	5,53	5,54
mixte	<i>Vosgienne</i>		3,90	3,20	4,00	4,20	4,67	5,31
Allaitantes	<i>Bazadaise</i>		1,90	2,10	2,20	2,71	3,07	3,57
Allaitantes	<i>Espagnole Brava</i>				2,70	2,95	3,26	3,51
Laitière	<i>Rouge Flamande</i>	338,00	13,00	3,40	2,40	2,05	2,05	2,01
Laitière	<i>Bretonne Pie Noire</i>	423,00	3,90	2,70	2,20	1,20	1,42	1,91
mixte	<i>Bleue du Nord</i>				4,60	1,31	1,32	1,47
mixte	<i>Armoricaïne (4)</i>	491,00						
Allaitantes	<i>Garonnaise (2)</i>	216,00						
Allaitantes	<i>Blonde des pyrénées (2)</i>	154,00						
	TOTAL	15264,00	9277,70	8452,00	7937,60	7464,32	7226,84	7239,15
	Nombre de races étudiées	17	21	21	25	25	25	25
a tous bovins confondus								
b vaches uniquement								
1 dénommée Brune des Alpes en 1958								
2 En 1962, la Blonde d'aquitaine a été créée en fusionnant la Blonde des pyrénées, la Garonnaise et la Quercy								
3 A partir de 1970, croisement de la race Frisonne avec des taureaux américains (Holstein) pour devenir la "Prim' Holstein"								
4 A partir de 1966, croisement de la race armoricaïne avec d'autres Pie rouge d'Allemagne et des Pays Bas pour donner la Pie rouge des plaines								
5 La Simmental française est le nouveau nom de la Pie Rouge de l'Est								
6 La race Maine-Anjou est devenue Rouge des prés en 2003								

Annexe 3 : Évolution du nombre d'UGB (Unités gros bovins) pour les différentes espèces de mammifères

Espèces	1840	1886	1913	1938	1964	1988	2000	2005	2011	2017
Chevaux	2818	2938	3222	2692	1462	749	1010	1022	1012	1162
Bovins	7551,36	10089	10895,36	11872,72	15547,32	16124,92	16154,56	14759,96	14421	14308,52
Ovins	4822,65	3403,2	1519,65	1480,8	1339,05	1724,85	1429,8	1363,95	1146,3	1032,75
Caprins	144,6	232,95	215,25	212,4	169,35	133,2	181,35	189,6	201	185,4
Porcins	1964,4	2309,6	2814,4	2850,8	3604,4	4884,8	5980,4	5933,2	5548,8	5132
UGB herbivores	15336,61	16663,15	15852,26	16257,92	18517,72	18731,97	18775,71	17335,51	16780,3	16688,67
UGB total	17301,01	18972,75	18666,66	19108,72	22122,12	23616,77	24756,11	23268,71	22329,1	21820,67

Annexe 4 : Détail des cultures arables considérées dans le champ "terres arables" des données PAC

Terres arables	<ul style="list-style-type: none"> • Céréales, Oléagineux, Protéagineux, • Betteraves industrielles, Canne à sucre, Plantes à fibres, Cultures industrielles diverses, Plantes aromatiques, médicinales et à parfum • Pommes de terre, Tubercules, racines et bulbes d'origine tropicale, Légumes frais, Légumes secs, dont maraîchage (pommes de terre, légumes frais et secs) • Fleurs et plantes ornementales, Semences et plants divers • Choux, racines et tubercules fourragers, Fourrages annuels, Prairies artificielles et temporaires • Jardins et vergers familiaux des exploitants, Jachères
----------------	--

**Annexe 5 : Note méthodologique méthode de calcul d'un indicateur de « diversité des cultures »
mis au point par Solagro**

L'indicateur de diversité des cultures a été élaboré par Solagro, dans le cadre d'une étude menée avec le Centre commun de recherche (Institute for Environment and Sustainability) de la Commission européenne. L'indicateur illustre, à l'échelle des fermes, la spécialisation des cultures et la présence des prairies.

L'indicateur est compris entre 1 et 10. Il vaut 1 dans une ferme qui consacre l'ensemble de ses sols à une seule culture autre que la prairie. Il atteint la valeur 10 si toutes les surfaces sont herbeuses ou si aucune culture ne dépasse 10 % de la surface agricole utilisée (SAU).

Dans l'exemple d'une exploitation disposant de trois cultures de superficie C1, C2 et C3, l'indicateur est calculé selon la formule :

Indicateur = 10 + (1-C1*10/SAU) + (1-C2*10/SAU) + (1-C3*10/SAU). Seules les cultures dont la surface excède 10 % de la SAU de l'exploitation sont retenues dans la formule. Les superficies des prairies de tous types ne le sont pas non plus.

Le calcul est effectué dans une nomenclature de 21 cultures (voir tableau 1) recensées dans les recensements agricoles. Le blé tendre est agrégé avec le blé dur, comme le maïs grain avec le maïs destiné à l'ensilage.

L'indicateur a été calculé pour tous les recensements agricoles accessibles par informatique. Ils concernent 664000 exploitations en 2000, 1,017 million en 1988, 1,263 million en 1979 et 1,588 million d'exploitations en 1970. **Les résultats par commune, département ou région ont été obtenus en pondérant les résultats des exploitations par leur surface agricole**

Tableau 1 : Liste des cultures retenues pour le calcul de l'indicateur

<i>Blé commun et blé dur</i>	<i>Tournesol</i>	<i>Légumes</i>
<i>Orge</i>	<i>Soja</i>	<i>Floriculture</i>
<i>Maïs grain, maïs semé et maïs vert</i>	<i>Autres grains</i>	<i>Viticulture</i>
<i>Avoine</i>	<i>Pois</i>	<i>Vergers (pomme, poire, prune, cerise, pêche, abricot)</i>
<i>Triticale</i>	<i>Fève</i>	<i>Autres arbres à fruits et pépinières</i>
<i>Seigle</i>	<i>Autres légumes et légumineuses</i>	<i>Jachères</i>
<i>Sorgho</i>	<i>Autres cultures racinaires</i>	<i>Autres cultures industrielles</i>
<i>Betterave sucrière</i>	<i>Autres fourrages annuels</i>	
<i>Colza</i>	<i>Pommes de terre</i>	

Autrement dit :

Soit (I,K) appartenant à N^2 , (i,k) appartenant à $\llbracket 1; I \rrbracket * \llbracket 1; K \rrbracket$,

Considérons :

- chaque commune contient i exploitations de superficie totale SAU _{i}

- une exploitation est composée de k cultures de surfaces C_k .

Pour les cultures C_k dont la superficie vaut plus que 10% de la SAU de l'exploitation et qui ne sont pas des prairies permanentes ou prairies temporaires, on a :

$$\text{Score_commune} = \sum_{i=1}^I \frac{\text{score_exploitation}_i}{\text{SAU}_i} = \sum_{i=1}^I \frac{10 + \sum_{k=1}^K 1 - C_k * 10 / \text{SAU}_i}{\text{SAU}_i}$$

Référence : SOLAGRO. 2006. Trente ans de paysages agricoles : la monoculture et ses dangers pour l'environnement.

Annexe 6 : Présentation de l'outil RPG Explorer extraite du site tice.agroparistech.fr

Depuis 2006, le Registre Parcellaire Graphique (RPG) compile les données des déclarations de surfaces agricoles faites par les agriculteurs pour toucher les aides de la Politique Agricole Commune. Le RPG est disponible pour chaque année pour chaque département français. Le RPG constitue une base d'informations très importante pour toute structure de développement agricole ou de gestion des territoires (communauté de commune, syndicat de bassin versant,...) se posant des questions sur la caractérisation et l'évolution des espaces agricoles.

Le RPG est disponible sous différentes versions. Une version gratuite est directement accessible visuellement sous Geoportail. Des données sont téléchargeables sur le site data.gouv.fr mais il s'agit d'informations tronquées (limitées à la culture majoritaire par îlot) qui ne permettent pas des traitements poussés. Les données le plus communément utilisées par les gestionnaires de territoire sont celles fournies par l'Agence de Service et de Paiement (ASP).

Les données RPG fournies par l'ASP sont très riches mais elles impliquent de nombreuses manipulations sur des Systèmes d'Information Géographiques (SIG). RPG explorer a été développé pour simplifier les traitements et rendre ainsi accessibles à des non spécialistes des SIG les précieuses informations contenues dans le RPG. L'utilisation de RPG Explorer nécessite d'avoir au préalable fait l'acquisition des données RPG auprès de l'ASP (données de niveau IV).

RPG explorer est un logiciel gratuit déposé auprès de l'Agence de Protection des Programmes. Il est développé au sein de l'UMR INRA AgroParisTech SAD APT en collaboration avec d'autres équipes de recherche (UniLaSalle Beauvais, INRA AGIR/ODR,..). Son développement a pu se faire grâce à des crédits ADEME (projet ABC'Terre) et ONEMA (projets EMADEC, PACS AAC). Il a aussi bénéficié d'un soutien du RMT Sols et Territoires. Vous trouverez ci-dessous les notices d'utilisation des dernières versions en date. Vous trouverez aussi des ressources vidéo présentant l'outil en général (2017 et 2014) ainsi que des tutoriels pour les fonctions les plus utilisées.

L'UMR SAD APT organise 2 fois par an des formations à l'utilisation de RPG Explorer. Les personnes intéressées peuvent contacter Philippe MARTIN (pmartin@agroparistech.fr)

Annexe 7 : Les types de rotations et leur surface en France en 2006. La part des surfaces de rotations intégrant des protéagineux est de 7,24%. (source : SCEES – enquête PK 2006)

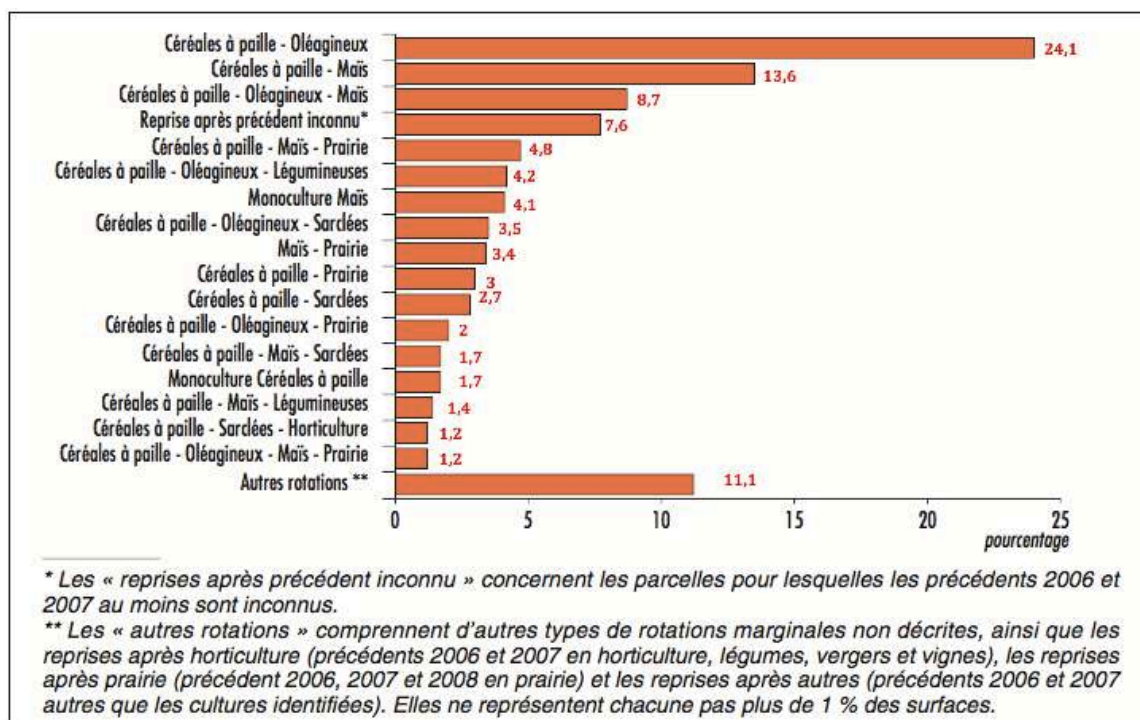
34 types de rotations

Zones	Groupes de succession de cultures	
	Taux de présence des cultures dans la succession (2001-2005)	Surface couverte en 2006 (ha)
Nord Haute-Normandie, Picardie, Nord - Pas-de-Calais, Champagne-Ardenne 2 608 000 ha	Betterave (18 %), blé tendre (50 %), pomme de terre (8 %)	719 000
	Mais fourrage (24 %), prairies artificielles (10 %), blé tendre (39 %), orge (13 %)	561 000
	Colza (23 %), blé tendre (44 %), orge (23 %)	551 000
	Blé tendre (43 %), orge (13 %), protéagineux (11 %)	254 000
	Mais grain (42 %), blé tendre (36 %)	200 000
	Protéagineux (21 %), blé tendre (46 %), orge (16 %)	158 000
	Betterave (22 %), blé tendre (39 %), Orge (30 %)	145 000
	Mais fourrage (100 %)	21 000
Ouest Pays-de-la-Loire, Bretagne, Poitou-Charente, Basse-Normandie 2 661 000 ha	Mais fourrage (48 %), blé tendre (31 %), prairie temporaire (9 %)	1 016 000
	Blé tendre (46 %), colza (13 %), orge (13 %), tournesol (21 %)	621 000
	Blé tendre (40 %), maïs grain (40 %)	369 000
	Prairie temporaire (79 %)	214 000
	Mais grain (88 %)	189 000
	Légumes (13 %), blé dur (12 %), blé tendre (16 %)	132 000
	Blé tendre (41 %), protéagineux (15 %)	120 000
Est Franche-Comté, Bourgogne, Alsace, Lorraine, Rhône-Alpes 1 612 000 ha	Colza (18 %), blé tendre (40 %), orge (23 %)	578 000
	Colza (32 %), blé tendre (35 %), orge (33 %)	383 000
	Mais grain (46 %), blé tendre (28 %)	273 000
	Mais fourrage (36 %), prairie temporaire (16 %), blé tendre (20 %)	267 000
	Mais grain (100 %)	111 000
Centre Ile-de-France, Auvergne, Centre 2 011 000 ha	Colza (26 %), blé tendre (50 %), orge (17 %)	712 000
	Blé tendre (47 %), orge (9 %), maïs grain (23 %), tournesol (10 %)	505 000
	Blé tendre (32 %), maïs fourrage (12 %), orge (5 %)	239 000
	Betterave (23 %), blé tendre (47 %), orge (20 %)	200 000
	Blé tendre (49 %), orge (13 %), protéagineux (19 %)	193 000
	Blé dur (37 %)	118 000
	Mais grain (95 %)	45 000
Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Languedoc-Roussillon 1 118 000 ha	Blé tendre (39 %), tournesol (31 %)	307 000
	Mais grain (100 %)	298 000
	Mais grain (54 %), blé tendre (22 %)	161 000
	Blé dur (64 %)	138 000
	Blé dur (51 %), tournesol (49 %)	95 000
	Prairies (temporaire à 50 %, artificielle à 18 %)	69 000
Mais fourrage (64 %)	51 000	

Tableau 1 : 34 groupes de rotations identifiés au niveau national, 10 millions d'hectares au total. Les groupes sont identifiés par les cultures proportionnellement les plus présentes. Source : Analyse des successions de culture 2001-2005 à partir de l'enquête SCEES PK 2006.

zones	Groupes de succession de cultures Taux de présence des cultures dans la succession (2001-2005)	surface couverte en 2006 (ha)	part des surfaces ayant reçu des légumineuses (protéagineux) dans une rotation de 5 ans
Nord		719000	
		561000	
		551000	
	protéagineux	254000	0,03
		200000	
	protéagineux	158000	0,02
		145000	
		21000	
Ouest		1016000	
		621000	
		369000	
		214000	
		189000	
		132000	
	protéagineux	120000	0,01
Est		578000	
		383000	
		273000	
		267000	
		111000	
Centre		712000	
		505000	
		239000	
		200000	
	protéagineux	193000	0,02
		118000	
Sud		45000	
		307000	
		298000	
		161000	
		138000	
		95000	
		69000	
		51000	
Ensemble	-	10013000	7,24

Annexe 8 : Part des surfaces ayant des légumineuses selon le type de rotation (2006-2010) (source : Agreste – enquête sur les pratiques culturales 2011). Approximativement 6% des surfaces intègrent des légumineuses dans leur rotation.



Source : Agreste - Enquête sur les pratiques culturales 2011

Types de rotations	Part de surface selon le type de rotation	Part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans	Part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans
Céréales à pailles - Oléagineux	24,1		24,1
Céréales à pailles - Maïs	13,6		
Céréales à pailles - Oléagineux - Maïs	8,7		8,7
Reprise après précédent inconnu*	7,6		7,6
Céréales à pailles - Maïs - Prairie	4,8		4,8
Céréales à pailles - Oléagineux - Légumineuses	4,2	4,2	4,2
Monoculture Maïs	4,1		
Céréales à paille - Oléagineux - Sarclées	3,5		3,5
Maïs - Prairie	3,4		
Céréales à paille - Prairie	3		
Céréales à paille - Sarclées	2,7		2,7
Céréales à paille - Oléagineux - Prairie	2		2
Céréales à paille - Maïs - Sarclées	1,7		1,7
Monoculture Céréales à paille	1,7		
Céréales à paille - Maïs - Légumineuses	1,4	1,4	1,4
Céréales à paille - Sarclées - Horticulture	1,2		1,2
Céréales à paille - Oléagineux - Maïs - Prairie	1,2		1,2
Autres rotations**	11,1		11,1
Ensemble	100	5,6	74,2

Annexe 9 : Part des surfaces ayant reçu des légumineuses dans une rotation de 5 ans (2010-2014)
 (source : SSP - Agreste – Enquête Phyto GC 2014). nd : non diffusé (le nombre d'observations ou la précision ne sont pas suffisantes).

Intégration d'au moins une légumineuse dans la succession culturale

Part de surface en %

Région de la parcelle	Toutes conduites	Hors bio	Bio
Île-de-France	20	19	nd
Champagne-Ardenne	10	10	nd
Picardie	19	19	nd
Haute-Normandie	nd	nd	nd
Centre-Val de Loire	8	8	52
Basse-Normandie	8	8	nd
Bourgogne	8	7	nd
Nord-Pas-de-Calais	nd	nd	nd
Lorraine	5	5	nd
Alsace	nd	nd	nd
Franche-Comté	6	6	nd
Pays-de-la-Loire	nd	nd	16
Bretagne	nd	nd	nd
Poitou-Charentes	4	4	nd
Aquitaine	nd	nd	nd
Midi-Pyrénées	5	nd	nd
Limousin	nd	nd	nd
Rhône-Alpes	nd	nd	nd
Auvergne	nd	nd	nd
Languedoc-Roussillon	nd	nd	nd
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	nd	nd	nd
Ensemble	8	8	29

Annexe 10 : Enherbement sur l'inter-rang en viticulture en 2010 et 2013 (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste – enquête sur les pratiques phytosanitaires en 2010 et Agreste – enquête pratiques culturales en viticulture en 2013)

Région viticole	2010			2013			
	Département	Aucun enherbement sur l'inter-rang (part de surface en %)	Nb de parcelles enquêtées et appartenant au champ de l'enquête	Surfaces extrapolées (ha)	Département	Aucun enherbement sur l'inter-rang (part de surface en %)	Nb de parcelles enquêtées et appartenant au champ de l'enquête
Alsace	67, 68	2	292	15331	67, 68	nd	
Aquitaine	33, 24	14	939	128720	33, 24, 47*	15	
Beaujolais	69 et 71	58	438	20239	69, 71	59	
Bourgogne	21, 71 et 89	68	493	27033	21, 71 et 89	72	
Champagne	10, 51	74	527	29590	10, 51	75	
Charentes	16, 17	33	559	74050	16, 17	38	
Languedoc-Roussillon	11, 30, 34, 66	71	940	233586	11, 30, 34, 66	84,5	
Midi-Pyrénées	32, 46, 81	13	348	28868	32,46, 81	21,5	
Provence	13, 83, 84	75	911	87514	13, 83, 84	74,5	
Val de Loire	37 et 41	48	560	50152	37, 41, 44*, 49*, 18*	51	
Vallée du Rhône			6007	695084	07*, 26*	66	
Ensemble (source : SSP)		51	12014	1390167		55	6 743**
Ensemble hors Alsace		50	11722	1374836		56	
Ensemble hors Alsace et hors Vallée du Rhône		51	5715	679752		55	

Source : Humanité & Biodiversité

Données brutes : Agreste, enquête sur les pratiques phytosanitaires en 2010 et Agreste, enquête pratiques culturales en viticulture en 2013.

Note : L'enquête sur les pratiques culturales en viticulture en 2013 porte sur les mêmes bassins viticoles que ceux interrogés en 2010 et sur de nouveaux bassins.

Les nouveaux bassins ont été marqués d'une astérisque*. Il s'agit des bassins suivants : Lot-et-Garonne (47), Loire-Atlantique (44), Maine-et-Loire (49),

En 2013, le bassin Midi-Pyrénées, enquêté en 2010, est éclaté en trois bassins : Gers (32), Gaillac Tarn (81), Cahors (46).

Les communes du département 71 étant dans la région viticole du Beaujolais sont les suivantes : 71074, 71084, 71090, 71108, 71150, 71258, 71362, 71372, 71385, 71481 et 71487.

** : dont 4 856 enquêtées en 2010 et en 2013).

nd : non diffusé (le nombre d'observations ou la précision ne sont pas suffisants).

Annexe 11 : Enherbement en production agricole hors élevage (source : Humanité & Biodiversité, données brutes : Agreste – occupation du territoire (nomenclature détaillée en 50 postes)

	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	Évolution 2006-2015
Sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage (ha)	81 797	102 491	97 915	77 291	77 306	75 669	71 458	42 600	48 971	-40
Sols nus liés à une activité agricole (ha)	208 710	184 791	167 983	143 190	154 878	104 766	117 241	111 756	116 054	-44
Sols liés à une activité agricole (ha)	290 507	287 282	265 898	220 481	232 184	180 435	188 699	154 356	165 025	-43
Part des sols enherbés liés à la prod agricoles hors élevage par rapport aux sols en prod agricole hors élevage (ha)	28	36	37	35	33	42	38	28	30	5

Annexe 12 : Évolution des bilans de fertilisation Unifa et Eurostat (source : Humanité et Biodiversité, données brutes : Unifa, Eurostat)

	UNIFA			EUROSTAT			
	1990	2001	2010	1990	2001	2010	2016
Consumption of mineral fertilisers (tonnes)	2 621 339	2 316 474	2 089 091	2 659 968	2 415 376	2 080 333	2 221 231
Consumption of organic fertilisers (except manure)	:	:	92 440	18 000	18 333	30 420	30 420
Manure production from total livestock (tonnes)	1 489 196	1 429 019	1 378 454	1 950 901	1 964 441	1 802 381	1 758 928
Other nutrient inputs (tonnes of nutrient)	368 407	357 402	284 940	558 870	537 548	457 593	335 795
Other nutrient inputs: Biological fixation of atmospheric nitrogen	368 407	357 402	284 940	380 921	372 049	308 018	300 143
Other nutrient inputs: Atmospheric deposition	:	:	:	144 359	132 643	115 221	0
Other nutrient inputs: Seeds and planting material	:	:	:	33 590	32 856	34 355	35 653
Nutrient inputs (tonnes of nutrient)	4 478 942	4 102 894	3 844 925	5 187 739	4 935 698	4 370 727	4 346 375
Nutrient inputs per hectare UAA (kg of nutrient)	160	158	147	171	167	152	152
Nutrient removal by harvest of crops (tonnes)	1 800 099	1 840 774	1 883 243	1 240 009	1 228 474	1 377 014	1 167 589
Nutrient removal by harvest and grazing of livestock	1 419 433	1 524 931	1 441 606	1 691 489	1 882 315	1 729 762	1 683 622
Nutrient removal by crop residues removed	:	:	:	96 099	87 553	108 306	0
Nutrient outputs (tonnes of nutrient)	3 219 532	3 365 706	3 324 849	3 027 598	3 198 341	3 215 082	2 851 211
Nutrient outputs per hectare UAA (kg of nutrient)	115	130	127	100	108	112	100
Gross Nutrient Balance (Inputs minus Outputs) (tonnes)	1 259 410	737 189	520 076	2 160 141	1 737 357	1 155 645	1 495 164
Gross Nutrient Balance per hectare UAA (kg of nutrient)	45	28	20	71	59	40	52
Utilised agricultural area (1000 ha)	28 052	25 905	26 120	30 417	29 619	28 778	28 578

	UNIFA			EUROSTAT			
	1990	2001	2010	1990	2001	2010	2016
Consumption of mineral fertilisers (tonnes)	1 494 681	795 233	405 394	652 607	348 600	177 025	0
Consumption of organic fertilisers (except manure)	764 518	747 860	695 836	12 000	12 222	20 280	20 280
Manure production from total livestock (tonnes)	:	:	98 362	328 169	333 353	301 006	291 753
Other nutrient inputs (tonnes of nutrient)	:	:	:	6 155	6 046	6 283	6 522
Other nutrient inputs: Biological fixation of atmospheric nitrogen	:	:	:	:	:	:	:
Other nutrient inputs: Atmospheric deposition	:	:	:	:	:	:	:
Other nutrient inputs: Seeds and planting material	:	:	:	6 155	6 046	6 283	6 522
Nutrient inputs (tonnes of nutrient)	2 259 198	1 543 093	1 199 592	998 931	700 222	504 595	318 555
Nutrient inputs per hectare UAA (kg of nutrient)	81	60	46	33	24	18	11
Nutrient removal by harvest of crops (tonnes)	591 893	621 591	666 766	222 549	226 713	251 883	215 163
Nutrient removal by harvest and grazing of livestock	322 839	348 229	326 587	204 023	226 337	206 149	200 493
Nutrient removal by crop residues removed	:	:	:	27 228	24 807	30 687	0
Nutrient outputs (tonnes of nutrient)	914 732	969 820	993 353	453 800	477 856	488 718	415 655
Nutrient outputs per hectare UAA (kg of nutrient)	33	37	38	15	16	17	15
Gross Nutrient Balance (Inputs minus Outputs) (tonnes)	1 344 466	573 273	206 239	545 131	222 365	15 877	-97 101
Gross Nutrient Balance per hectare UAA (kg of nutrient)	48	22	8	18	8	1	-3
Utilised agricultural area (1000 ha)	28 052	25 905	25 937	30 417	29 619	28 770	28 565

Special value:

: not available

Annexe 13 : Indicateur de morcellement parcellaire de la notice de RPG Explorer version 1.9.41

Manuel d'utilisation de RPG Explorer

Indicateurs	Définitions	Formules de calcul	Intérêts
Morcellement			
Nombre d'îlots	Nombre d'îlots gérés par l'exploitation		
Nombre d'îlots normalisé	Nombre d'îlots gérés par l'exploitation dans une exploitation de référence de 100 ha ayant le même degré de fractionnement de sa SAU	$(\text{Nombre d'îlots} / \text{SAU}) \times 100$	Rend possible la comparaison du nombre d'îlots pour des exploitations ayant des SAU différentes
Nombre de petits îlots	Nombre de petits îlots gérés par l'exploitation	Nombre d'îlots dont la surface est inférieure à un seuil de surface fixé par l'utilisateur	
Part de petits îlots	Proportion de l'exploitation associée aux plus petits îlots	Rapport entre le nombre de petits îlots et le nombre d'îlots	
Surface moyenne des îlots	Surface moyenne des îlots présents sur l'exploitation	Moyenne des surfaces des îlots de l'exploitation (la surface d'un îlot étant calculée comme la somme des surfaces déclarées en cultures sur l'îlot)	
Surface minimum	Surface du plus petit îlot de l'exploitation	Minimum dans les surfaces des îlots de l'exploitation	
Surface maximum	Surface du plus grand îlot de l'exploitation	Maximum dans les surfaces des îlots de l'exploitation	
Variabilité des surfaces des îlots	Variabilité des surfaces des îlots présents dans l'exploitation	Ecart-type des surfaces des îlots de l'exploitation (la surface d'un îlot étant calculée comme la somme des surfaces déclarées en cultures sur l'îlot)	Permet d'identifier les parcellaires où les îlots ont tous une taille équivalente et les parcellaires avec de gros blocs et d'autres plus petits

Tableau récapitulatif : propositions d'indicateurs retenues pour la thématique « Biodiversité et Agriculture » de l'ONB pour l'année 2019.

Module	Thème	Message clef	Indicateur (n° : nom)	valeur	Source
A	Pollutions importées	Les apports moyens ne sont pas préoccupants mais peuvent poser localement des problèmes. L'essentiel de ces apports est lié aux intrants agricoles.	A1 : Apports d'éléments traces métalliques aux sols agricoles	Les apports de métaux lourds (en unités METOX) sont issus pour 88% des divers intrants agricoles . Ils représentent en moyenne 0,17% des stocks présents dans les sols	Analyse 2004-2006 réalisée par le bureau d'étude SOGREAH pour l'ADEME (ADEME, 2007) ¹
				1863 grammes METOX par hectare et par an, apports totaux	
A	Modification SAU	Rôle important de la diminution des surfaces toujours en herbe	A2 : Perte annuelle de surface écologique des milieux agricoles	11.000 ha en moyenne de 2016-2018 98.000 ha par an de 1980 à 2010. Taux d'intérêt écologique 76,4% en 2018 (78,6 % en 1980)	- données du GIS SOL : teneur en carbone et ADN microbien des sols, - donnés Agreste
	Diversité végétale – diversité spécifique	Légère diversification des cultures après 1979 suivie par une certaine stabilité de la situation depuis 1988. La diversification semble reprendre dans certaines régions depuis 2010 .	B1 : Nombre efficace de cultures	5,89, valeur de l'indice (1/1-S) S étant l'indice de diversité de Simpson en 2010.	Données des RGA 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010
B	Diversité végétale – diversité spécifique	Légère diversification des cultures après 1979 suivie par une certaine stabilité de la situation depuis 1988.	B2 : Part des cultures minoritaires (autres que le blé tendre, les orges et le maïs grain ou ensilage)	50,2% en 2010	Données des RGA 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010

¹ ADEME, 2007. Bilan des flux de contaminants entrant dans les sols agricoles de France métropolitaine, 330 pages. [Ademe.fr/sites/default/files/assests/documents/57992_sogreah.pdf](http://ademe.fr/sites/default/files/assests/documents/57992_sogreah.pdf)

B	Diversité végétale – diversité intra spécifique	Progression sensible de cette diversité, tant au niveau national qu’au sein des départements.	B3 : Évolution annuelle de la diversité variétale cultivée	+1% par an (évolution annuelle de l’indice de Shannon de 1965 à 2010)	Données issues de l’étude de Goffaux et al. (2011) ²
	Diversité végétale – diversité intra spécifique	la diversification des variétés se fait au sein d’un patrimoine génétique sensiblement constant.	B4 : Évolution de la diversité génétique des variétés cultivées (diversité intra et inter-variétés)	Quasi nulle (évolution de l’indice Ht* de 1965 à 2010)	
B	Diversité animale – diversité spécifique	baisse sensible depuis 2000 (- 23%) avec maintien de la part des herbivores, liée essentiellement au cheptel bovin.	B5 : Biomasse d’animaux d’élevage par habitant	228 kg/habitant, biomasse d’animaux d’élevage par habitant en France métropolitaine en 2017. 66,6%, part des herbivores (chevaux, bovins, ovins et caprins) dans la biomasse des animaux d’élevage en France en 2017	Données issues de l’ANSES/ANMV
B	Diversité animale – diversité intraspécifique	Non renseigné	B6 : Effectif efficace des races bovines en France	6,16 en 2017, effectif efficace des races bovines en France. +35%, progression de l’effectif efficace des races bovines en France depuis 1988	- données de Rieucan (1964) pour la période 1840-1964. - données du RGA (tous les dix ans environ). - données des statistiques agricoles annuelles, en ligne pour la période 2000-2017

² Goffaux R, Goldringer I, Bonneuil C, Montalent P & Bonnin I, 2011. Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées ? Le cas du blé tendre cultivé en France depuis un siècle. Rapport FRB, Série Expertise et synthèse, 2011, 44 pages. http://www.fondationbiodiversite.fr/images/stories/telechargement/frb_etude_bl_web.pdf

B	Diversité animale – diversité intraspécifique	Diminution importante de nombreuses petites races locales de 1958 à 1979 puis lente remontée de la diversité depuis le creux de 1979.	B7 : Proportion des races minoritaires dans le cheptel bovin	30,6 %, bovins issus d'une race différente de celles du top 3 (en 2017). 14,5 %, bovins issus d'une race différente de celles du top 5 (en 2017).	- données de Rieucan (1964) pour la période 1840-1964. - données du RGA (tous les dix ans environ). - données des statistiques agricoles annuelles, en ligne pour la période 2000-2017
B	Rotations	Stabilisation de la part des rotations intégrant des légumineuses. Les légumineuses ont un intérêt écologique car elles ne nécessitent pas d'apport azoté et fixent l'azote dans le sol, permettant de réduire les apports en engrais pour la culture suivante.	B8 : intégration d'au moins une légumineuse dans la succession culturale	8%, part des surfaces intégrant des légumineuses dans une rotation de 5 ans (2010-2014)	Agreste – SCEES PK 2006 Agreste – Enquête PK GC 2011 Agreste – Enquête GC PK 2014
		Cultiver différentes cultures sur un même sol a des effets positifs sur la matière organique des sols et leurs structures. Le nombre d'espèces cultivées sur une sole reflète en partie cet impacte positif sur la biodiversité.	B9 : Surfaces où au moins 4 espèces différentes sont cultivées (dans une rotation de 5 ans)	72% en 2014, part des surfaces avec au moins 4 espèces dans une rotation de 5 ans	Agreste – Enquête PK GC 2011 Agreste – Enquête GC PK 2014
B	Enherbement	En viticulture, presque la moitié des inter-rangs est enherbée.	B10 : Part des surfaces enherbées en viticulture	45 %, part des surfaces enherbées sur l'inter-rang en viticulture -4%, évolution des surfaces enherbées en viticulture entre 2010 et 2013	Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires 2010 Agreste – Enquête PK viti 2013
		Une majorité des grandes cultures sont couvertes en hiver.	B11 : Part des grandes cultures couvertes en hiver	83%, part des grandes cultures couvertes en hiver en 2013-2014	Agreste - Enquêtes pratiques phytosanitaires GC 2014
		Diminution des surfaces agricoles enherbées liées à la production agricole hors élevage.	B12 : Enherbement lié à la production agricole, hors élevage (2006-2015)	-40 %, perte de superficies de sols enherbés liés à la production agricole, hors élevage entre 2006 et 2015	Données en ligne – Agreste, enquête Teruti « occupation du territoire nomenclature

				30%, part des superficies de sols enherbés liés à la production agricole hors élevage entre 2006 et 2015	détaillée en 50 postes »
B	Engrais en azote et en phosphore	La quantité d'azote apportée par hectare diminue.	B13 : Bilan de la fertilisation azotée en agriculture	-27%, évolution de la quantité d'azote restant dans le sol par hectare de SAU (1990-2016)	Statistiques Eurostat
		La quantité de phosphore apportée par hectare diminue.	B14 : Bilan de la fertilisation phosphorée en agriculture	-117%, évolution de la quantité de phosphore restant dans le sol par hectare de SAU (1990-2016)	
B	Indice de Fréquence de Traitement	L'indice de fréquence de traitement a une tendance légèrement à la hausse.	B15 : Tendance annuelle de l'IFT	+0,69% (taux d'évolution de l'IFT par année)	Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires 2016
		Augmentation de la fréquence des traitements phytosanitaires en viticulture.	B16 : IFT en viticulture	+22%, évolution de l'IFT en viticulture (pondéré par les surfaces) de 2010 à 2016	Agreste – Enquête pratiques phytosanitaires 2016
B	Consommation de médicaments vétérinaires	Forte réduction de l'usage	B17 : Consommation d'antibiotiques à usage vétérinaire	- 62% en 10 ans (2007-2017)	Données ANSES et ANSM
				40% de la consommation totale humaine et animale (63% en 2005)	
B	Diversité paysagère, infrastructure écologique	Augmentation des surfaces d'infrastructure écologique de type haie et alignement d'arbres.	Indicateur B18 : Haies et alignement d'arbres en agriculture	+18%, évolution des surfaces en haies et alignements d'arbres des territoires agricoles de 2006 à 2015	Agreste – Données en ligne, base de donnée Teruti « occupation du territoire (occupation détaillée en 50 postes)»

				585 634 ha, surface en haies et alignements d'arbres des territoires agricoles en 2015	Agreste – Données en ligne, base de donnée Teruti « occupation du territoire (occupation détaillée en 50 postes)»
C	Teneur en carbone du sol	Augmentation de la teneur en carbone organique des sols agricoles	C1 : Teneur en carbone organique des sols	18,13 g C _{org} /kg de sol, quantité de carbone organique par kg de sol (sur les 30 premiers cm de sol) +9%, gain des sols agricoles en carbone organique de 2004 à 2014	Données de la BDAT (outil Géosol)
D	Emissions acidifiantes et nitrifiantes	Les émissions agricoles n'ont que faiblement diminué et leur part dans les émissions totales continue à augmenter	D1 : Émissions atmosphériques eutrophisantes de l'agriculture	57 % (part des émissions agricoles dans les émissions totales d'azote actif (NO _x , NH ₃))	CETIPA
D	Gaz à effet de serre	Les émissions agricoles de GES n'ont que faiblement diminué et leur part dans les émissions totales augmente	D2 : Émission de gaz à effet de serre de l'agriculture	20% (part des émissions agricoles dans les émissions totales)	CETIPA
	Pressions liées au produits agricoles importés	Importance des importations venant d'Amérique du Sud mais tendance à l'augmentation du taux d'autosuffisance.	D3 : Importations françaises de soja	12,4%, taux d'auto-provisionnement de la France en soja en 2017. Indicateur secondaire : 1,7 million d'hectare en 2017, surface cultivée hors France correspondant aux importations françaises de tourteaux, soit 9,2% des terres arables françaises.	FAO

