



Évaluer les Politiques et Innover  
pour les Citoyens et les Espaces

*Unité de service*



**ÉTUDE EXPLORATOIRE POUR LA DEFINITION DE ZONAGES  
AGRICOLES MULTI-ENJEUX**

**ANNEXES**

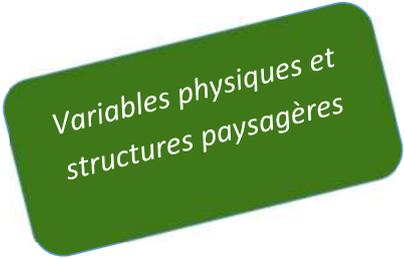
Décembre 2020

Étude commandée par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) et financée par le programme 215 du MAA. Ce document n'engage que ses auteurs et ne constitue pas nécessairement le point de vue du MAA. Marché n° SSP-DGPE-2017-087.

## Annexe : Indicateurs de caractérisation du profil agro-environnemental

Enjeux environnementaux	N°	Indicateur
<b>Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols</b>		
Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés	1	<b>Linéaire de cours d'eau /km<sup>2</sup> (ou SAU)</b>
	2	<b>Pente communale moyenne</b>
	3	<b>Ruptures de pente et de classes d'altitude (fréquence des ruptures par placette de 25 m<sup>2</sup>)</b>
	4	<b>Linéaire de lisière paysagère potentielle</b>
Milieux agro-environnementaux remarquables	5	<b>% de milieux potentiellement humides par commune</b>
	6	<b>% des Znieff et zones Natura 2000 dans la SAU communale</b>
	7	<b>% des surfaces agricoles peu productives dans la SAU communale</b>
Caractéristiques physiques du milieu et présence de l'herbe	8	<b>Combinaison des contraintes naturelles et présence « d'herbe incompressible »</b>
	9	<b>Systèmes herbagers accessibles : % des surfaces toujours en herbe (STH) dans la SAU de 1988</b>
<b>Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles</b>		
Référentiel des systèmes accessibles en matière de diversité territoriale	10a	<b>Diversité des systèmes AB : nombre moyen de cultures par exploitation an agriculture biologique</b>
	10b	<b>Diversité historique : nombre moyen de cultures en 1988</b>
	11	<b>Durée potentielle de pâturage « hors contrainte »</b>
« Qualité » potentielle des sols	12	<b>Séquestration potentiel de carbone organique dans les sols</b>
<b>Caractéristiques du milieu et sensibilité aux pressions agricoles</b>		
Vulnérabilité du milieu aux transferts de nitrates et pesticides	13	<b>Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux nitrates</b>
	14	<b>Vulnérabilité intrinsèque aux transferts de pesticides</b>
Structure paysagère et pression parasitaire	15	<b>Natural Pest Control Index</b>

## Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols

	<i>Intensité potentielle des éléments figurés/ zones tampon</i>
	<i>Densité des cours d'eau</i>

N°1	Linéaire cours d'eau /Km2
<b>Variables utilisées</b>	<b>Tronçons cours d'eau</b> (prise en compte des cours d'eau temporaires et permanents) en Mètre Linéaire comparé à la superficie (totale, pas seulement la SAU) Unité : m/km2
<b>Echelle</b>	Commune (échelle BD Topo® 1 :10000 agrégée à la commune)
<b>Format</b>	Carte d'éléments linéaires (shapefile® ESRI, linéaire)
<b>Sources données</b>	BD Topo®, IGN : thème 8 Hydrographie /Classe 8.6 TRONCON_COURS_EAU <i>Portion de cours d'eau, réel ou fictif, permanent ou temporaire, naturel ou artificiel, homogène pour l'ensemble des attributs qui la concernent, et qui n'inclut pas de confluent.</i>
<b>Sources Bibliographiques</b>	<a href="http://professionnels.ign.fr/doc/DC-BDTopo-2-2.pdf">http://professionnels.ign.fr/doc/DC-BDTopo-2-2.pdf</a> <a href="http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/49c7c071-7afb-4ff3-a00b-81af7425045f">http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/49c7c071-7afb-4ff3-a00b-81af7425045f</a>

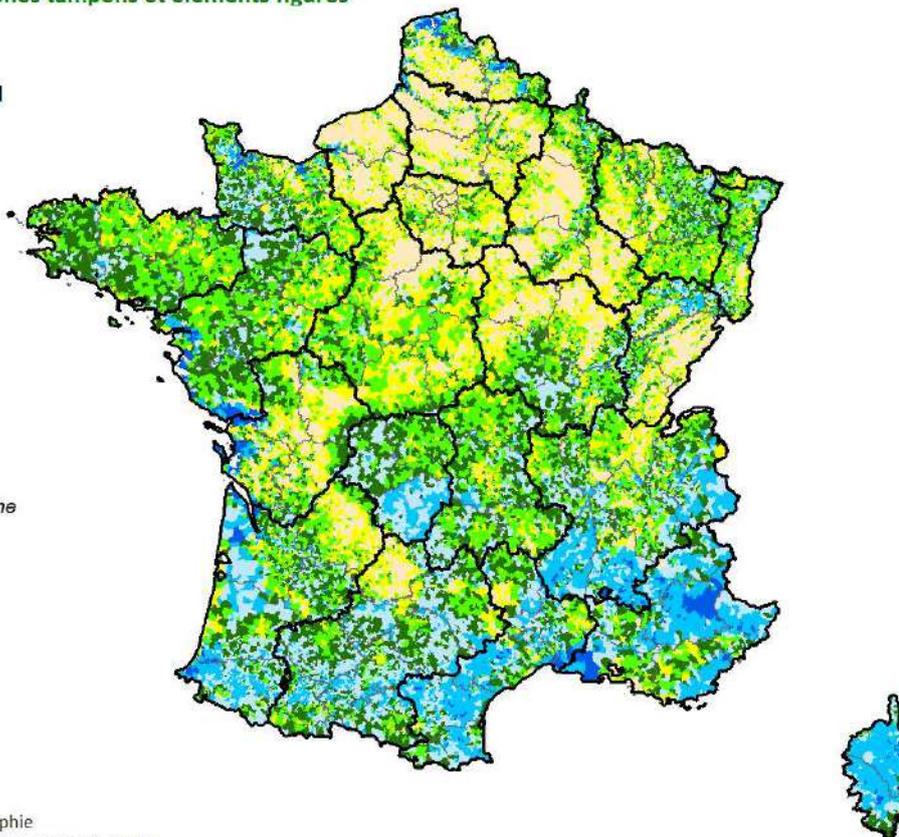
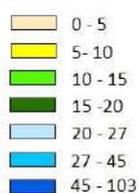
famille "Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols"  
 Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés

indicateur n°1

### Linéaire cours d'eau

par commune

intensité tronçons cours d'eau  
 mètre linéaire/km<sup>2</sup>, par commune



Sources : IGN BD-Topo®, Hydrographie  
 Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur cherche à montrer les liens entre milieu naturel et la densité des éléments figurés et zones tampon dans un paysage agricole. L'hypothèse sous-jacente est que la densité des cours d'eau contraint le paysage et organise des zones de rupture autour desquelles se construisent à minima les zones tampon et les haies ou structures bocagères du paysage. Il serait donc cohérent que la densité des éléments figurés observés dans le paysage soit corrélée dans une certaine mesure avec la densité des cours d'eau par unité de surface agricole.

### Limites et enjeux de construction

Le thème Hydrographie de le BD TOPO® contient le réseau hydrographique : les cours d'eau, les surfaces d'eau, les réservoirs et autres points d'eau. Pour construire cet indicateur, il a été décidé de :

- distinguer le « chevelu cours d'eau » (tronçon) des mares/étangs (plus généralement surfaces en eau dans la Bd Topo Hydrographie). Ces dernières ne se sont finalement pas prises en compte. Nous avons donc un Indicateur de densité de cours d'eau en *Mètre linéaire* par km<sup>2</sup>.
- prendre en considération les cours d'eau permanents et temporaires.

### Lien aux politiques publiques

Cet indicateur s'inspire notamment des obligations de la PAC en matière de Surfaces d'intérêt écologique (SIE) il pourrait permettre de réfléchir la densité des SIE au regard des contraintes naturelles des territoires

#### **Liens possibles superpositions avec autres indicateurs**

Lien possible avec l'indicateur 2 sur les ruptures de pente dans le paysage qui correspond à une autre manière d'approcher la même problématique.

#### **Indicateurs associés**

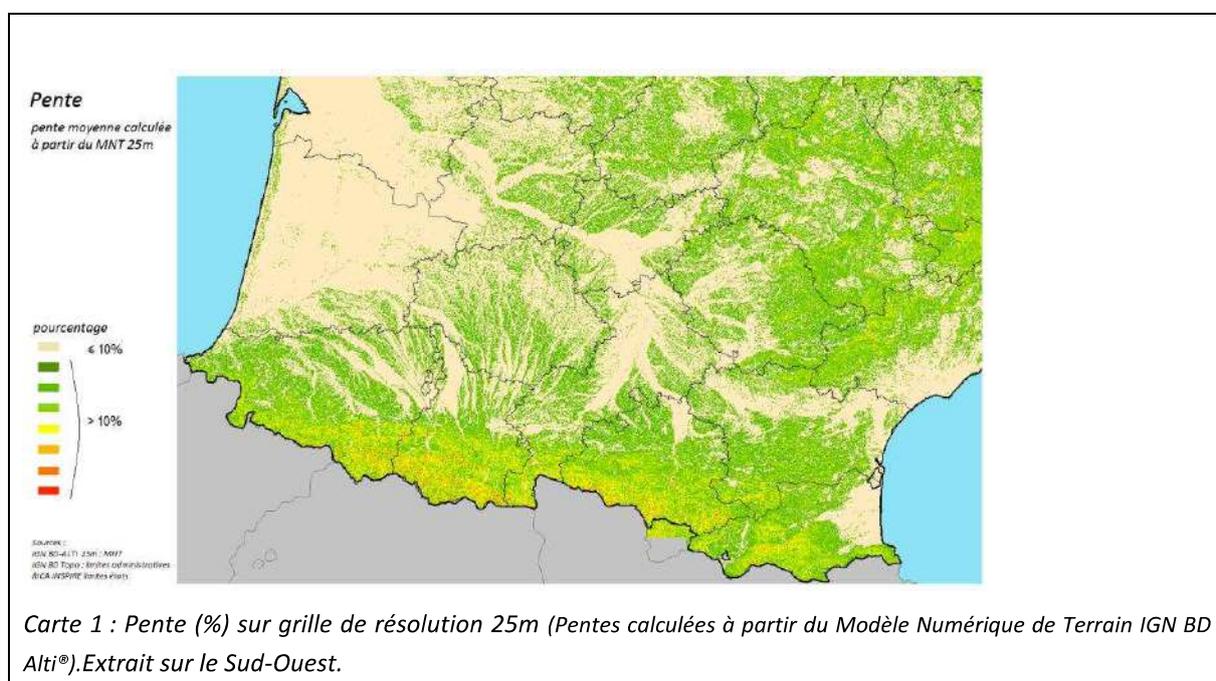
L'indicateur aurait pu être calculé en intégrant la densité des cours d'eau permanents ou encore en utilisant la surface agricole utile à la place de la totalité de la surface communale.

Variables physiques et  
structures paysagères

*Intensité potentielle des éléments figurés/  
zones tampon*

*Critère de pentes*

N°2	Pente
<b>Variables utilisées</b>	Représentation des zones ayant une valeur de pente supérieure à 10%. Ces informations sont utilisées dans le cadre de la PAC, notamment pour le respect des bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE).
<b>Echelle de projection</b>	Commune (échelle BD Topo® 1 :10000 agrégée à la commune)
<b>Format</b>	Image géo référencée, Raster, grille.
<b>Sources données</b>	BD Alti® de l'IGN : modèle numérique de terrain (MNT) maillé qui décrit le relief du territoire français à moyenne échelle.
<b>Sources Bibliographiques</b>	<a href="https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-pentes-agriculture">https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-pentes-agriculture</a>



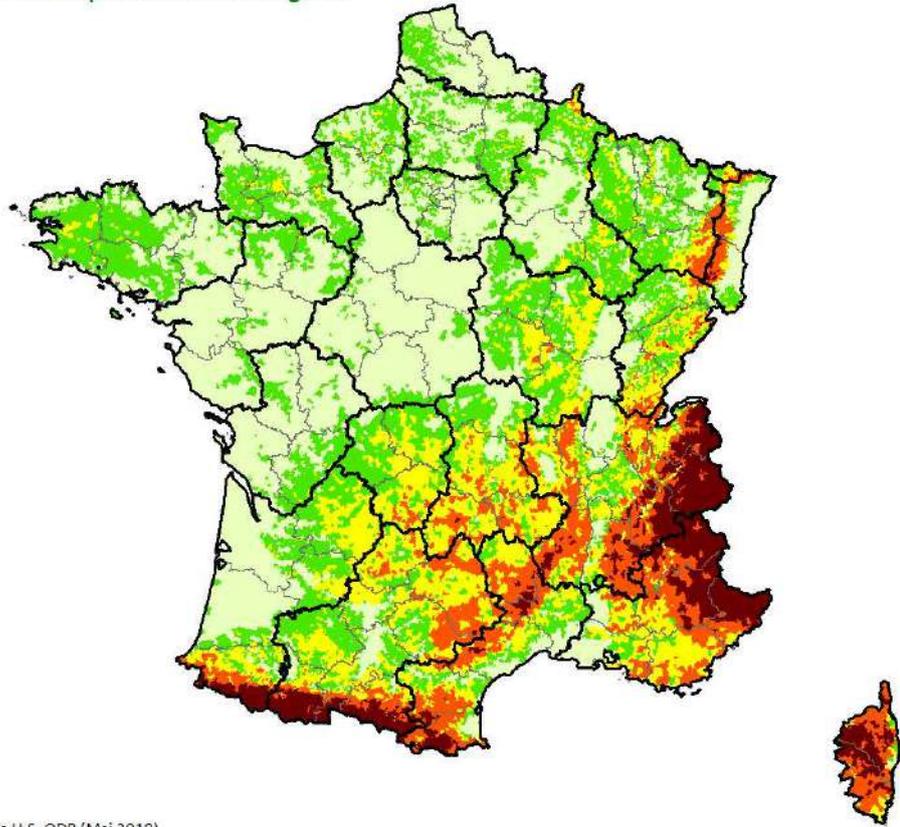
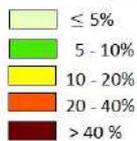
famille "Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols"  
 Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés

indicateur n°2

**Pente moyenne**

par commune

pente moyenne,  
 par commune (en %)



Sources : IGN BD Alti (25m)

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

Carte 2 : Pente (%) agrégation (moyenne pondérée) par commune

### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur a été introduit de façon prioritaire pour approcher le caractère plus ou moins contraint des territoires comme facteur pouvant expliquer la densité des zones tampon dans le paysage ou la proportion de prairies permanentes. Il est de ce point de vue complémentaire avec l'indicateur n°1 sur la densité des cours d'eau.

Plus largement, la pente affecte le type, la profondeur et les conditions hydriques des sols et influence l'agriculture : les terres à forte pente posent souvent des problèmes spécifiques à l'agriculture et à l'environnement, car les pentes raides et les reliefs accidentés ont comme corollaire des sols peu profonds très sensibles à l'érosion et aux glissements de terrain.

Deux problèmes apparaissent : la dégradation des terres et la perte de productivité. (FAO)

Les activités agricoles influencent de façon très importante l'ensemble des processus qui interviennent dans les phénomènes de ruissellement et d'érosion.

Entre autres la pente (sa longueur et son degré d'inclinaison) est l'un des principaux facteurs responsables de l'érosion (transport de terre entre des zones d'arrachement et des zones de dépôt.) (Ludwig, 2000). De même, par exemple, la pente du terrain et les pratiques culturales ont des effets sur la biodisponibilité du phosphore dans les eaux de ruissellement agricole (Bédard, 1999)

Ainsi, la pente réduit l'efficacité de la production agricole : la présence de pente affecte les conditions de productions agricoles (notamment spécificités de l'agriculture de montagne, difficultés d'épandage, de mécanisation) et les pratiques agricoles dans des zones de fortes pentes doivent être spécifiques et adaptées (Paillage recommandé dans les zones de fortes pentes et de ruptures de pente, utilisation d'engrais verts, sens du sillon, binage à proscrire, etc.).

### Limites et enjeux de construction

Les pentes sont obtenues par traitement automatique du modèle numérique de terrain RGE ALTI de l'IGN au pas de 5 mètres. Ces pentes sont agrégées par commune présenter une moyenne sur ces unités.

La pente de parcelles agricoles et la pente « moyenne » d'une zone ou d'un territoire sont deux choses différentes. Il est très difficile de connaître avec exactitude la pente de parcelles agricoles, (à cause de l'échelle des MNT). La pente moyenne d'un territoire approche de la notion liée de relief.

Les contraintes productives liées aux pentes sont toujours relatives et sont à analyser aussi par rapport à des niveaux et types de mécanisation des systèmes agricoles. – cf. cadrage proposé dans le rapport sur la « contrainte productive ».

### Lien aux politiques publiques

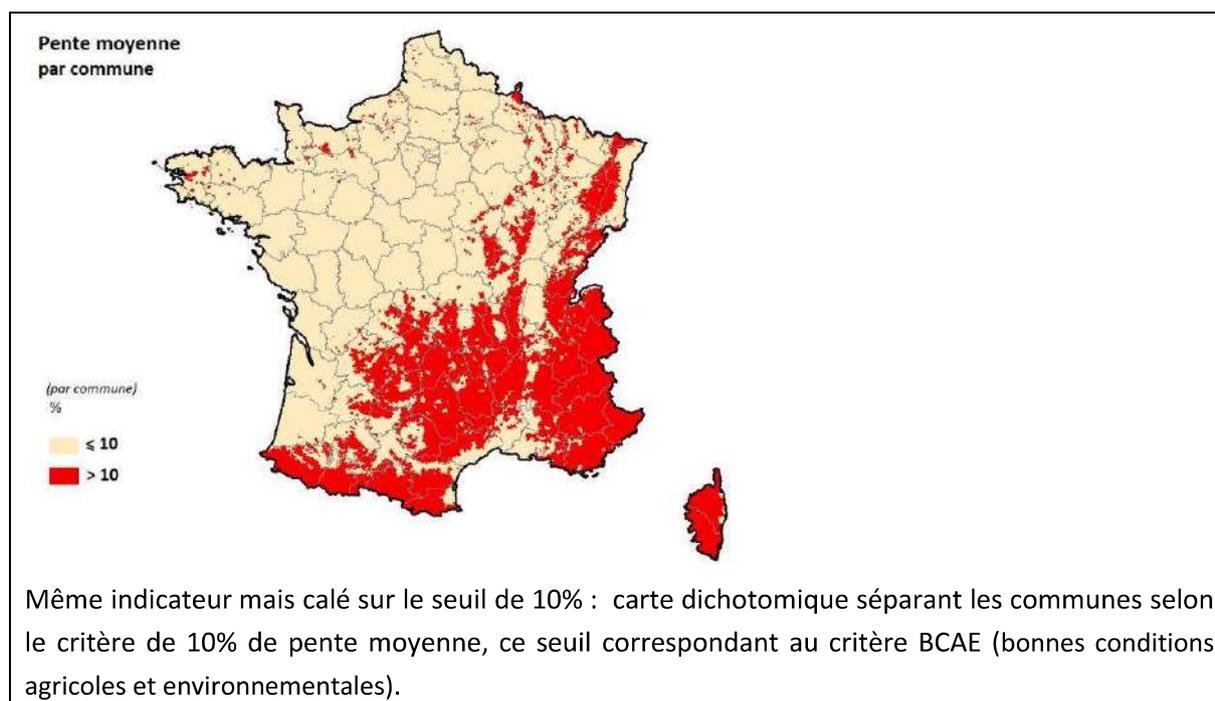
Des critères de pentes interviennent dans la définition des zones défavorisées (1992), notamment des zones défavorisées « montagne » et de « haute montagne » définis par des critères biophysiques comme, donc, la pente, ainsi que la nature des sols ou le climat. Les fortes pentes sont définies comme une dénivellation par rapport à la distance planimétrique supérieure ou égale à 15 %. Les critères de pente demeurent dans la définition révisée en 2018.

Les Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE), exigences de base de la conditionnalité des aides, prennent également en compte des zones considérées à risque d'érosion et définissent les dispositions pour respecter notamment la BCAE n°5. Cette dernière interdit de labourer dans le sens de la pente les sols pentus entre le 1<sup>er</sup> décembre et le 15 février. Ces sols pentus sont définis comme présentant une pente de plus de 10%.

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Ruptures d'altitude (N°3)

### Indicateurs associés



- Bibliographie :

Bédard, Anne, 1989. Effets des pratiques culturales et de la pente du terrain sur la biodisponibilité du phosphore dans les eaux de ruissellement agricole. Mémoire. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Maîtrise en sciences de l'eau, 202 p.

Ludwig B., 2000. Les déterminants agricoles du ruissellement et de l'érosion - De la parcelle au bassin versant. Ingénieries - E A T, IRSTEA édition 2000, p. 37 - p. 47.  
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00464068/document>

Variables physiques et  
structures paysagères

*Intensité potentielle des éléments figurés/  
zones tampon*

*Altitude et rupture d'altitude*

<b>N°3</b>	<b>Ruptures d'altitude</b>
<b>Variables utilisées</b>	Ruptures d'altitude caractéristiques
<b>Echelle</b>	Commune (à partir de la maille 5x5m)
<b>Format</b>	Images, raster (grille d'altitude).
<b>Sources données</b>	BD ALTI® de l'IGN : modèle numérique de terrain (MNT) maillé qui décrit le relief du territoire français à moyenne échelle. Dans le cas présent cette BD ALTI® est utilisée pour tester les ruptures de pente autour de placettes de 5x5m.
<b>Sources Bibliographiques</b>	<a href="http://professionnels.ign.fr/bdalti">http://professionnels.ign.fr/bdalti</a>

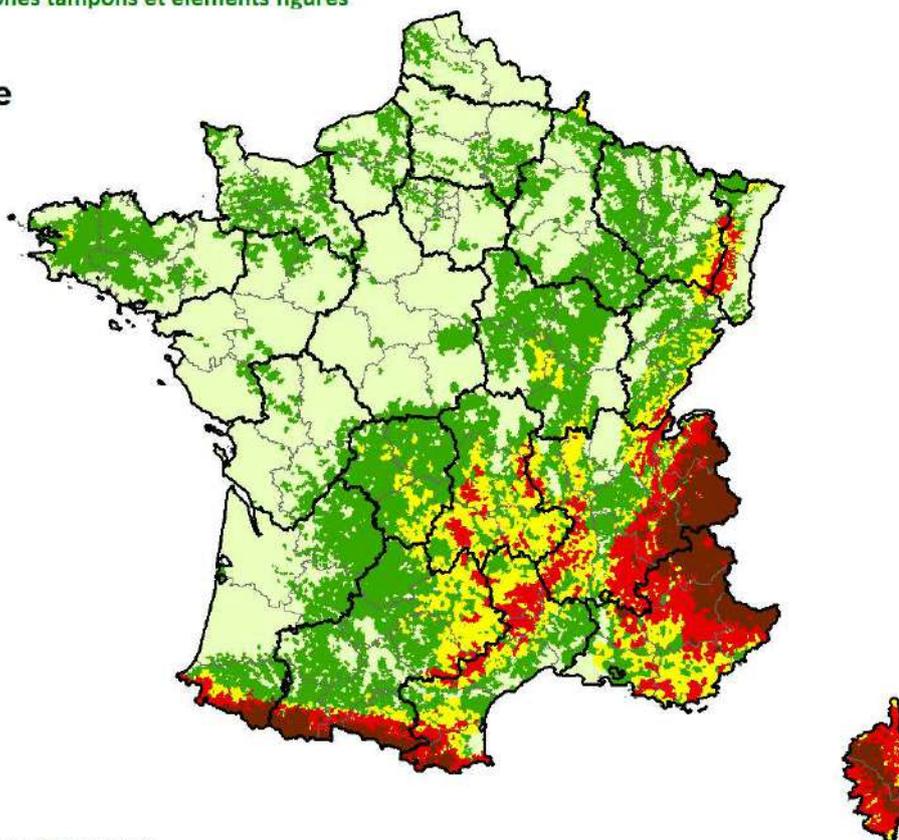
famille "Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols"  
 Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés

indicateur n°3

## Rupture d'altitude

par commune

rupture d'altitude  
 par commune (indice)



Sources : IGN BD Alti (25m)

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur cherche à caractériser les ruptures de pente à l'échelle du territoire en calculant la fréquence des ruptures de pente autour d'un carré de 25m de côté. Il permet ainsi de voir la nature plus ou moins accidentée du territoire au-delà de la stricte altitude ou de la pente moyenne. L'enjeu est là aussi de voir de quelle façon le milieu naturel peut permettre d'expliquer a priori la densité observable de zones tampon et d'éléments figurés dans le paysage agricole.

Cette fréquence des ruptures de pente pourrait aussi être un élément d'interprétation de la présence de la prairie permanente reflétant dans certains territoires des terrains accidentés et difficilement mécanisables.

Il s'agit d'une alternative à l'indicateur n°2 avec une approche plus nuancée de la pente.

### Limites et enjeux de construction

L'indice est calculé à partir du même modèle numérique de terrain cité ci-dessus (indicateur de pente), en dénombrant les classes d'altitude observées, ainsi que leur fréquence, sur une entité donnée (par exemple la commune). Cet indicateur est globalement très corrélé à celui de pente.

Un des enjeux qui demeure est de savoir si les ruptures d'altitude observées correspondent à des ruptures « douces » ou des ruptures marquées. Pour approcher cette question une des possibilités serait de combiner l'analyse des classes d'altitude et l'analyse géographique (espacements).

cf. plus largement limites de l'indicateur n°2

### Lien aux politiques publiques

La question de la pente est une des variables structurelles de la caractérisation des ICHN et des politiques des zones défavorisées. A la différence de cet indicateur, les ICHN se basent sur un indicateur simple de pente communale supérieure à 20%.

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

L'indicateur 2 (Pente) vise à approcher les mêmes enjeux sur la géomorphologie et les structures paysagères en rentrant par une variable plus simple. L'indicateur 3 sur les ruptures de pentes présenté ici donne une lecture légèrement différente avec une géographie plus contrastée notamment en ce qui concerne la classe des pentes moyennes de 10 à 20%.

### Indicateurs associés

Concernant les indicateurs N.2 de pente et N.3 de rupture d'altitude, quelques remarques sur les critères d'établissement des Zones Défavorisés (version 1992) :

1. Les zones défavorisées « montagne » sont définies comme des ensembles de communes ou parties de communes répondants à des critères physiques précis : altitude et/ou pente altitude (*décret n°77-1281 du 22 novembre 1977*) :

- une altitude moyenne minimale de 600 m dans les Vosges, de 700 m dans les autres massifs, de 800 m sur les versants méditerranéens ;

ou

- des pentes supérieures à 20 %

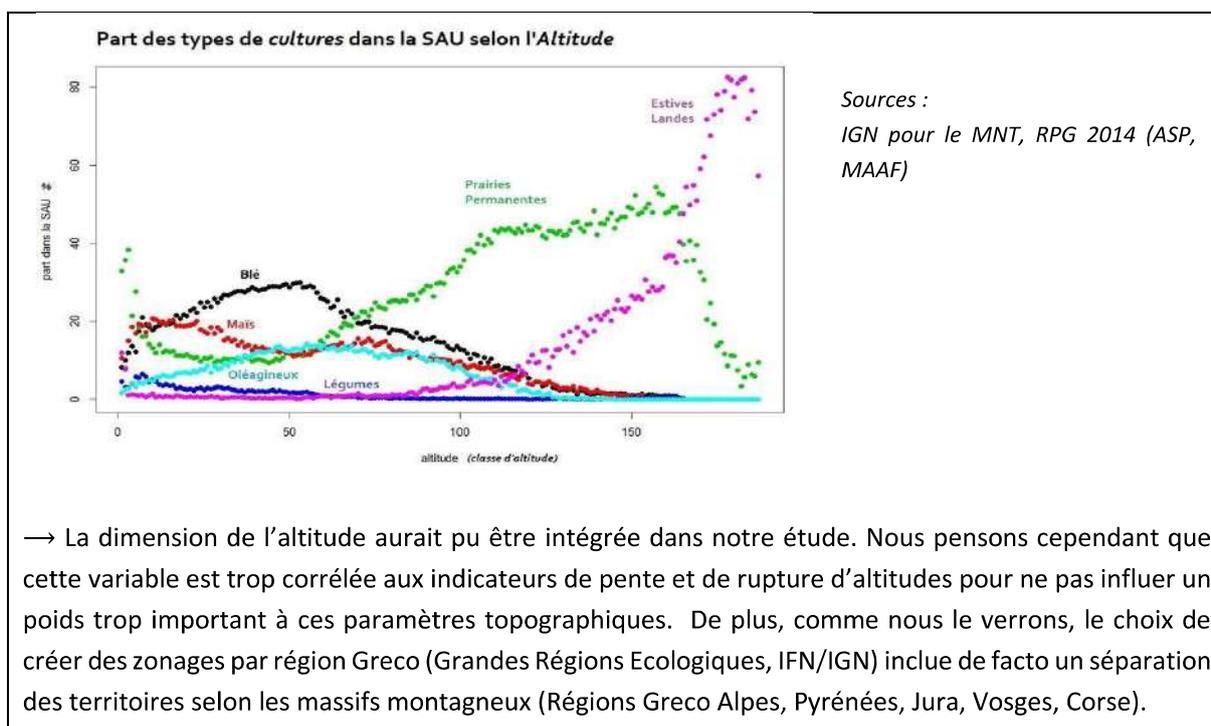
Sur la base de la combinaison des deux critères :

- une altitude minimale de 500 m et • une pente moyenne de 15 %.

La sous-catégorie nationale de la zone de haute montagne identifie pour chaque massif une altitude de haute montagne à partir de laquelle des dispositions particulières peuvent être appliquées : - Vosges : 800 m ; - Jura : 1 100 m ; - Alpes : 1 600 m ; - Pyrénées : 1 400 m ; - Massif central : 1 200 m - Corse : 1 100 m.

L'altitude est un critère qui sert de justification pour les montants de l'ICHN .

2. L'altitude a des effets empiriques sur les types de cultures : sans rentrer dans une analyse fine de cette affirmation, le graphique ci-dessous illustre la corrélation entre l'altitude et les cultures rencontrées dans le RPG :



#### ● Bibliographie

Eliasson Å., Terres J.-M. and Bamps C., 2007, Common Biophysical Criteria for Defining Areas which are Less Favourable for Agriculture in Europe. Proceedings from the expert meeting 19-20th of April, 2007, The Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, Ispra (Italy). JRC Scientific and Technical Research series EUR 22735 EN, Office for Official Publications of the European Communities. ISSN 1018-5593 80 pp.

Le Barth C., Kunzmann A-F., Villanneau E., Lozupone X., Le Bas C., Ortega C., Peirrier C., Laroche B., Brandy M., Bispo A. (Inra Val de Loire), 2018, Note méthodologique de définition des zones soumises à des contraintes naturelles et spécifiques (selon la méthode des critères combinés) en France métropolitaine, Annexe 3b, Cadre National M13 - Paiements en faveur des zones soumises à des contraintes naturelles ou à d'autres contraintes spécifiques (art.31). Cadre National du Feader modifié. Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation. <https://agriculture.gouv.fr/aides-aux-exploitations-classement-en-zone-defavorisee>

Variables physiques et  
structures paysagères

*Intensité potentielle des éléments figurés/  
zones tampon*

*Linéaire de lisières et bordures potentielles*

<b>N°4</b>	<b>Part des formations ligneuses dans la surface RPG</b>
<b>Variables utilisées</b>	Estimation des surfaces d'éléments paysagers (sur la base des structures paysagères actuelles) dans les surfaces agricoles (RPG) <i>Lisières paysagères, formations ligneuses, habitats semi-naturels</i> Croisement des îlots RPG avec les éléments topographiques issus de la BD Topo couche végétation de l'IGN (haies, bois, bandes ligneuses, etc.).
<b>Echelle</b>	Commune (échelles initiales : BD Topo® 1:10000, RPG 1:5000 ; agrégées à la commune)
<b>Format</b>	Shapefiles (RPG et BD Topo®)
<b>Sources données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registre Parcellaire Graphique RPG 2014 (ASP, IGN)</li> <li>▪ BD TOPO®, IGN : thème 10 Végétation – version 2015 (<i>Espace végétal naturel ou non différencié selon le couvert forestier</i>) précision sur la nature de l'espace végétal</li> </ul>
<b>Sources Bibliographiques</b>	RPG <a href="https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-rpg-contours-des-parcelles-et-ilots-cultureaux-et-leur-groupe-de-cultures-majoritaire/">https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-rpg-contours-des-parcelles-et-ilots-cultureaux-et-leur-groupe-de-cultures-majoritaire/</a> BD Topo® IGN <a href="http://professionnels.ign.fr/doc/DC-BDTopo-2-2.pdf">http://professionnels.ign.fr/doc/DC-BDTopo-2-2.pdf</a>

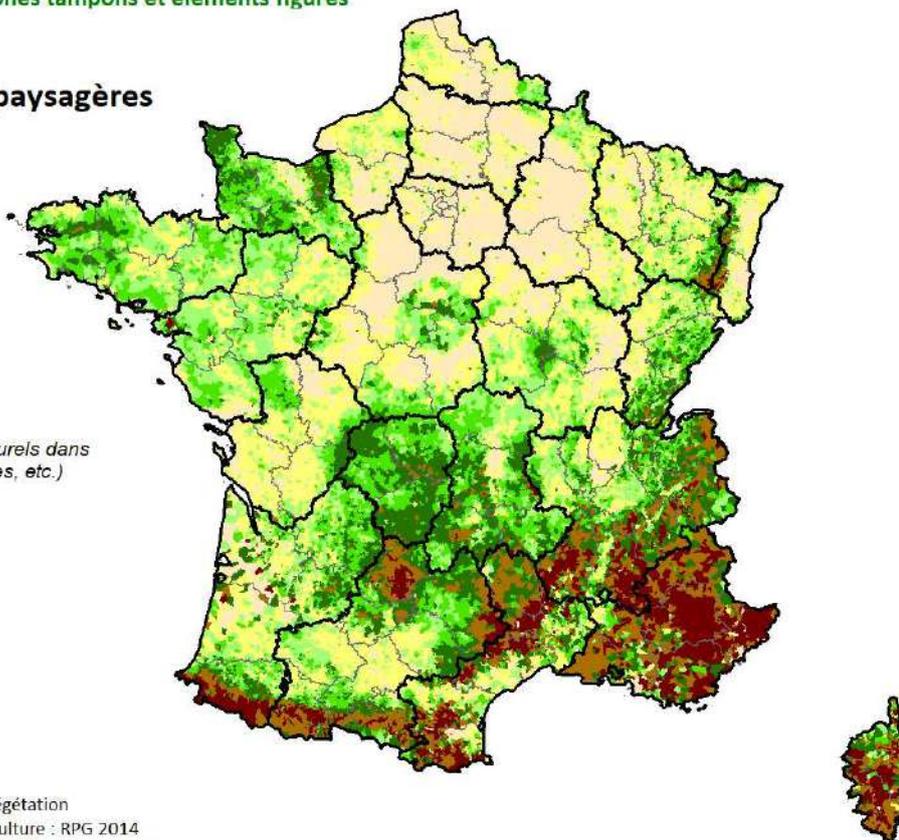
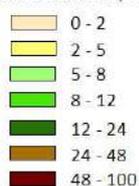
**famille "Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols"**  
**Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés**

indicateur n°4

**Linéaire de lisières paysagères**

par commune

*densité des éléments semi-naturels dans  
la SAU (lisières, bordures, haies, etc.)  
par commune, en %*



Sources : IGN Bd-Topo , couche végétation  
 ASP, Ministère de l'Agriculture : RPG 2014  
 Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

**Construction :**

**(1) Superposition et intersection des 2 couches SIG**

▪ **BD Topo Végétation** : décrit l'espace forestier et les milieux semi-naturels français. Elle attribue à chaque zone cartographiée un type de formation végétale (élaborée depuis 2007, par emprises départementales, par photo-interprétation d'images en infrarouge couleurs de la BD ORTHO)

<b>Attributs de la couche végétation de la bd topo</b>	<b>Prise en compte dans le décompte des surfaces de formations ligneuses</b>
--	--

<b>ZONE ARBOREE</b>	Oui
<b>FORET FERMEE DE FEUILLUS</b>	Oui
<b>FORET FERMEE MIXTE</b>	Oui
<b>FORET FERMEE DE CONIFERES</b>	Oui
<b>FORET OUVERTE</b>	Oui
<b>PEUPLERAIE</b>	Oui
<b>HAIE</b>	Oui
<b>LANDE LIGNEUSE</b>	Oui
<b>VERGER</b>	Non
<b>VIGNE</b>	Non
<b>BOIS</b>	Oui

▪ **Registre Parcellaire Graphique** : base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune. Déclaration des agriculteurs. Échelle de l'ilot de culture (2006-2104) ou de la parcelle (2015...)

**(2) Estimation de la part des éléments paysagers dans les parcelles agricoles**

→ permet d'observer les zones forestières et semi-naturelles à l'intérieur des îlots de cultures RPG. (illustration ci-dessus)

Dans nos calculs, nous écartons les classes « vigne » et « verger »

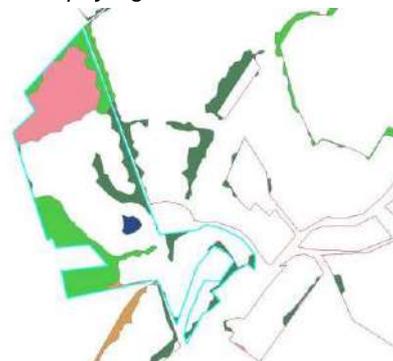
#### RPG

(sur image/orthophotographie BD Ortho IGN)



#### RPG + BD Topo IGN (couche Végétation)

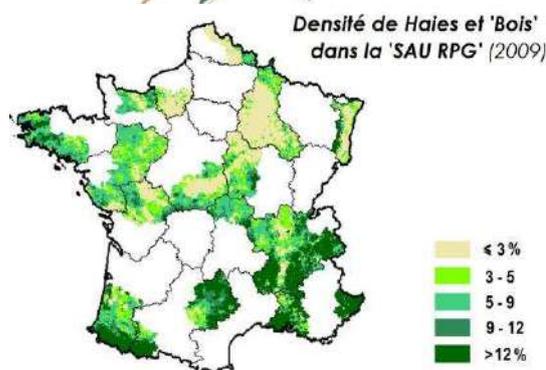
Superposition et intersection des 2 couches : éléments paysagers à l'intérieur des îlots



Agrégation du résultat de l'intersection par commune

(en taux par rapport à la SAU)

(travaux 2012, tous les départements n'étaient pas disponibles)



### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur vise à approcher la **densité effective** des bordures et lisières dans un paysage territorial afin de raisonner les écarts entre cette densité réelle (liée au parcellaire, aux ruptures paysagères – cultures, routes, bois...) et les engagements des agriculteurs ou éléments déclaratifs disponibles. Permet d'approcher la diversité et densité des structures paysagères sur la base de données RPG et IGN agrégées à l'échelle communale.

- C'est un des 3 indices utilisés pour le calcul du caractère Haute Valeur Naturelle (HVN) des territoires (Poux et Pointereau, 2014)
- Indicateur utilisée également dans l'étude EFESE-EA (niveau PRA) (Théron et al. 2017)

### Limites et enjeux de construction

Au regard de notre problématique l'intérêt de cet indicateur est partiel dans la mesure où ce dernier est construit sur la base de l'état actuel des structures paysagères qui sont davantage une résultante des pratiques socio-économiques qu'une donnée liée au sens strict au milieu et conditions bio-physiques. Il permet donc de voir l'état du paysage façonné par l'homme aujourd'hui avec une plus ou moins forte densité d'éléments figurés dans les différentes lisières qui découpent le paysage local. De ce fait il révèle davantage un potentiel de contractualisation (ex. de mesures agro-environnementales) qu'une prédisposition naturelle.

▪ La couche végétation de la BD Topo® était initialement « mono-thème » (une seule « classe zone arborée »). Progressivement l'IGN propose des versions « multi-thèmes » (« classe zone arborée » détaillée en types de formations végétales : haie, lande ligneuse, forêt ouverte, fermée, de feuillus de conifères, bois, verger, vigne, etc.). Cette mise-à-jour s'effectue département par département.

A ce jour (2018) : 6 départements sont encore en « mono-thème », ce qui est un inconvénient majeur pour nous (par exemple car pas de distinction entre haie, bois ou vignes et verger).

• Le RPG à partir de la campagne 2015 contient l'information sur les Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE). L'estimation du linéaire pourrait se faire sur la base des structures paysagères actuelles dans les surfaces agricoles du RPG : parcelles SIE et éléments topographique SIE

Voir ci-dessous « *liens aux politiques publiques* » : → **Nous n'utiliserons pas ces informations issues du RPG à cause de biais déclaratifs trop important : les exploitants pouvant s'arrêter de déclarer lorsqu'ils ont passé ce seuil de 5%.**

### Lien aux politiques publiques

**Obligations SIE PAC. Ces éléments sont très importants dans les nouvelles politiques agricoles car ils conditionnent l'accès aux aides de la PAC.**

Déclaration des surfaces d'intérêt écologique (SIE) dans le RPG (à partir de 2015)

- cadre du « paiement vert »
- un exploitant doit justifier, sur son exploitation, de la présence de SIE sur l'équivalent de 5 % de la somme des surfaces en terres arables de son exploitation (et, le cas échéant, des surfaces non arables qui portent ou constituent une SIE).
- Ne sont pas soumises au respect de cette exigence les exploitations :
  - dont la surface en terres arables est inférieure à 15 ha,
  - dont la surface en prairies temporaires ou en jachère représente plus de 75 % des terres arables de l'exploitation et dont la surface arable restante est inférieure ou égale à 30 ha,
  - dont la surface en herbe (prairies permanentes et temporaires) ou en riz représente plus de 75 % de la surface agricole utile de l'exploitation et dont la surface arable restante est inférieure ou égale à 30 ha.
- dans le RPG : Parcelles SIE : Jachères, Plantes fixant l'azote, Culture dérobée (ou à couverture végétale), Bande tampon, Bande admissible le long d'une forêt avec production/sans production, Surface boisée (sur une ancienne terre agricole), Taillis à courte rotation, Bordure de champ
- dans le RPG : Eléments topographique SIE non distribué par l'ASP : Haie, arbres alignés, Bosquet, arbres isolés, mare, fossé, mur traditionnel en pierres

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Indicateur N.16 sur le Potentiel pour la lutte biologique.

### Indicateurs associés

• L'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) propose un indicateur qui rend compte de la Part des territoires agricoles, pelouses et pâturages naturels identifiés par CORINE Land Cover (CLC) couverts par des surfaces de haies, alignements d'arbres, bosquets, forêts, maquis, garrigues, friches et landes en métropole, à partir des données issues de l'enquête Teruti-Lucas :

<http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/haies-bois-et-landes-dans-les-territoires-agricoles>

C'est un indicateur alternatif, ayant l'avantage d'intégrer des données annuelles issues de Teruti-Lucas pour identifier les haies et autres formations ligneuses, alors que la couche végétation de la BD Topo n'est pas remise à jour fréquemment. Néanmoins, Teruti-Lucas est une enquête par sondage, avec donc une précision variable. Elle dépend à la fois du type d'occupation du sol et du grain géographique. Plus la résolution géographique est fine, plus les résultats sont incertains et la représentativité limitée, ce qui empêche une utilisation en-deçà du département. D'autre part, plus la nomenclature d'occupation du sol est décrite à un niveau fin et plus la catégorie analysée est dispersée dans l'espace (par exemple des arbres isolés, etc.), plus les données sont incertaines. Par ailleurs, la couche CLC n'est pour sa part remis à jour que tous les six ans, et le dispositif d'enquête Teruti-Lucas a été réduit en termes de budgets et donc de collecte de données. Les points d'échantillonnage qui se situent dans des ilots RPG sont ainsi dorénavant directement pré-rempli avec les informations du RPG, ce qui empêche donc d'identifier par exemple s'il s'agit d'une haie, d'une petite formation arborée ou d'autres éléments semi-naturels.

#### • Bibliographie

Cantelaube P., 2012. Croisement du RPG et de la couche BD-Topo Végétation. Note méthodologique INRA ODR.

Poux X et 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.

Thérond, O., Tichit, M., Tibi, A. (coordinateurs), 2017. Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE. Rapport d'étude, Inra (France) 990 pages.

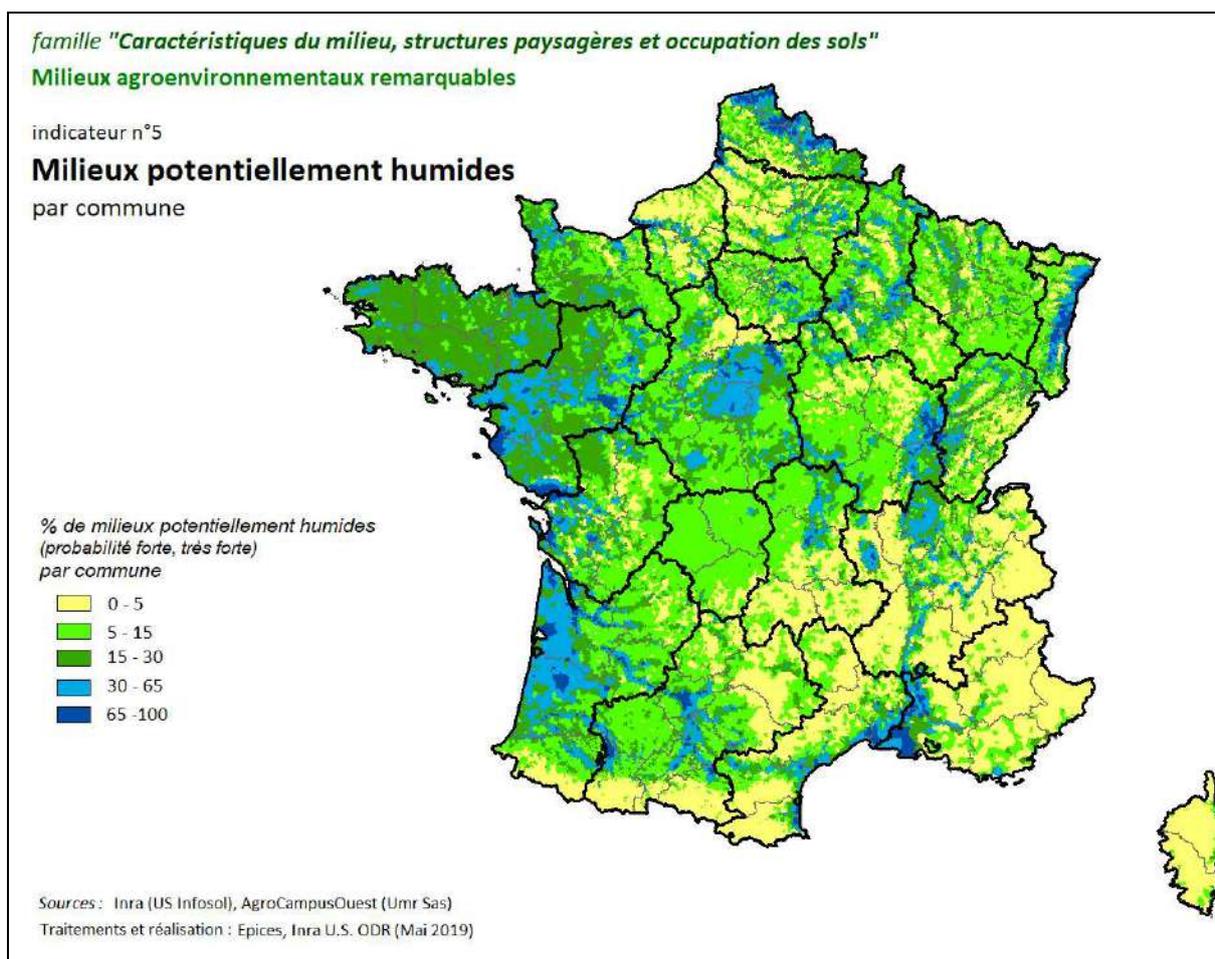
Variables physiques et  
structures paysagères

## Milieux agroenvironnementaux remarquables

*Surfaces des Zones Humides potentielles*

N°5	% Milieux Potentiellement Humides par commune
Variables utilisées	<p>Enveloppes d'extension des Milieux Potentiellement Humides (MPH<sup>1</sup>) qui distingue les zones non humides (ZNH) des zones potentiellement humides (ZPH), en 3 classes : probabilité importante, probabilité forte, probabilité très forte.</p> <p>Agrégation par commune des surfaces potentiellement humides puis comparaison avec la superficie communale.</p>
Echelle de projection	Agrégation à la commune à partir de de l'échelle échelle 1/100 000
Format	Carte image/raster GeoTIFF, pixel de 50m.
Sources données	<p>Carte des Milieux Potentiellement Humides (AgroCampus Ouest et INRA US InfoSol)</p> <p>Base cartographique homogène au niveau national, compatible avec une représentation graphique au 1/100 000, utile pour élaborer et piloter les politiques publiques qui concernent les milieux humides.</p>
Sources Bibliographiques	<p>MEDDE, 2014</p> <p><a href="http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France-1.pdf">http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France-1.pdf</a></p> <p><a href="http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?p=1538">http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?p=1538</a></p>

<sup>1</sup> Un "milieu humide" est défini par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) comme étant une portion du territoire, naturelle ou artificielle, caractérisée par la présence de l'eau. Un milieu humide peut être ou avoir été en eau, inondé ou gorgé d'eau de façon permanente ou temporaire. L'eau peut y être stagnante ou courante, douce, salée ou saumâtre



### Intérêt de l'indicateur

La cartographie des Milieux potentiellement Humides est un élément central par rapport à la problématique de l'étude. La question des zones humides est un élément important de la caractérisation de la qualité environnementale dans toutes les politiques publiques – politiques agro-environnementales et MAE, politiques de biodiversité, politiques de l'eau – SDAGE.

L'indicateur des milieux humides potentiels déjà disponible répond très bien au ciblage de la mission dans la mesure où il est construit sur la base des critères physiques et rend compte précisément des prédispositions agro-environnementales de territoires avant leur modification parfois structurelle par l'action humaine. Il vise notamment à qualifier les zones fortement dégradées au regard d'un potentiel écologique a priori.

### Limites et enjeux de construction

**Carte des milieux potentiellement humides** : sollicitées par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, deux équipes de l'INRA d'Orléans (US InfoSol) et d'Agrocampus Ouest à Rennes (UMR SAS) ont produit une carte des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine.

Cette carte modélise les enveloppes qui, selon les critères géomorphologiques et climatiques, sont susceptibles de contenir des zones humides au sens de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié. Les enveloppes

d'extension des milieux potentiellement humides sont représentées selon trois classes de probabilité (probabilité importante, probabilité forte, probabilité très forte).

→ Notre indicateur consiste en une agrégation par entité géographique des surfaces des MPH puis comparaison avec la superficie de ces entités géographiques. Les classes retenues pour le calcul sont les classes de probabilité forte et de probabilité très forte.

#### Lien aux politiques publiques

Obligations SIE PAC

#### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Indicateur n°1 « Linares cours d'eau ».

#### Indicateurs associés

Indicateur centré sur les seules classes de probabilité « très forte ».

- Bibliographie

MEDDE, GIS Sol. 2014. *Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine. Notice d'accompagnement. Programme de modélisation des milieux potentiellement humides de France*, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Groupement d'Intérêt Scientifique Sol, 50 pages.

[http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice\\_MPH\\_France-1.pdf](http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France-1.pdf)

Variables physiques et  
structures paysagères

## Éléments d'intérêt agro-environnemental exceptionnel

Présence de milieux agro-environnementaux remarquables  
renforçant le profil agro-écologique du territoire

<b>N°6</b>	<b>Surfaces agro-environnementales remarquables</b>
<b>Variables utilisées</b>	Part des surfaces en sites Natura2000 ou ZNIEFF dans la SAU
<b>Échelle de projection</b>	échelle Natura2000 et Znieff (1 :25000), échelle RPG (1:5000) agrégées à la commune
<b>Format</b>	données vectorielles (shapefile®) des zones d'intérêts et des îlots RPG
<b>Sources données</b>	-Réseau Natura 2000, Inventaire ZNIEFF -RPG
<b>Sources Bibliographiques</b>	-Réseau Natura 2000 : Ministère de la transition Ecologique / AFB ( <a href="http://www.natura2000.fr/">http://www.natura2000.fr/</a> ) -Inventaire ZNIEFF : Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) ( <a href="https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation">https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation</a> ) -RPG : ASP, Ministère de l'Agriculture.

famille "Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols"

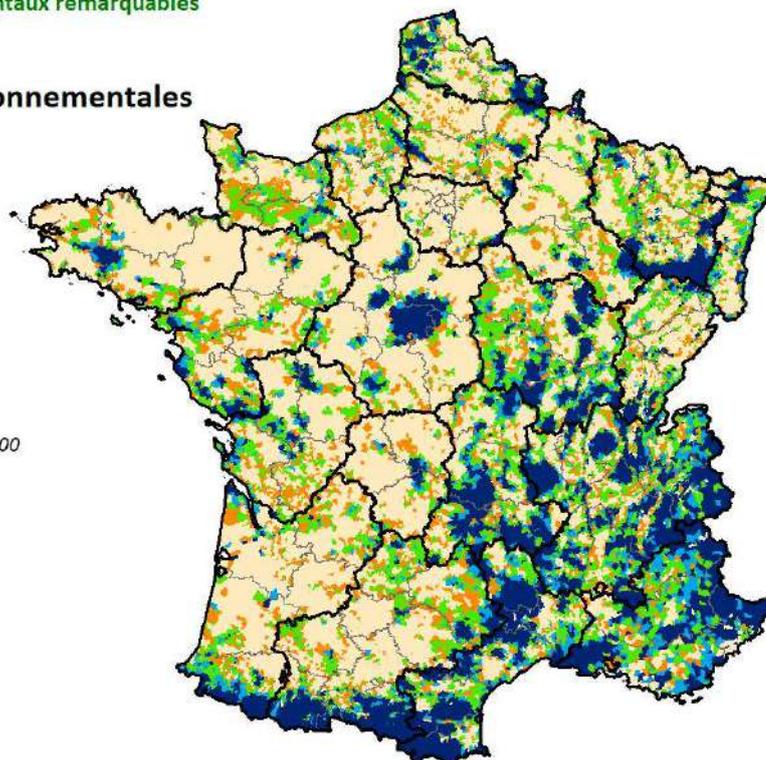
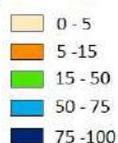
Milieux agroenvironnementaux remarquables

indicateur n°6

**Surfaces agroenvironnementales remarquables**

par commune

% de la SAU en site Natura 2000  
ou en zone Znieff  
par commune



Sources : MNHN, Ministère de l'environnement (Znieff type I et II)  
AFB, Ministère de l'environnement (réseau Natura 2000, sic et ZPS)  
ASP, Ministère de l'agriculture (RPG 2012)

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

Le très connu réseau NATURA 2000, mis en place en application de la Directive "Oiseaux" et de la Directive "Habitats", vise à assurer la survie à long terme des espèces et des habitats particulièrement menacés, à forts enjeux de conservation en Europe. Il est constitué d'un ensemble de sites naturels identifiés pour la rareté ou la fragilité des espèces de la flore et de la faune sauvage et des milieux naturels qu'ils abritent.

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation.

Pour l'ensemble de ces sites, l'idée est de protéger et de préserver de nombreuses zones naturelles présentant une forte valeur en termes de biodiversité. Dans cette optique, dans les sites Natura 2000, les agriculteurs peuvent par exemple participer à ces mesures écologiques et durables à l'aide de contrats Natura 2000 agricoles et de Mesures agro-environnementales et climatiques localisées & « systèmes » (RDR3, et MAEt Natura pour la programmation 2007-2013 RDR2).

Isoler le caractère agricole de ces sites : tous les sites ne sont cependant pas faits de terres agricoles. Le croisement avec le RPG permet de distinguer ceux qui sont concernées par cette activité agricole, en comparant la SAU (« SAU RPG » donc) communale avec la part de cette SAU situé dans ces sites. Dans ces zones, les agriculteurs sont grandement concernés.

Un haut niveau de biodiversité coïncide avec une productivité agricole plutôt basse, des systèmes plutôt extensifs et/ou des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Les pratiques agricoles doivent donc être compatibles avec ces exigences (conservation des espèces et des habitats) dans de telles zones.

La Commission européenne encourage la conservation de cette biodiversité en recommandant des pratiques spécifiques dans le respect des contextes socio-économiques et culturels locaux (les sites sont fréquemment localisés dans des zones particulières et plutôt "marginales" en termes d'agriculture : montagne, etc.).

Les sites Natura 2000 et ZNIEFF, donc ceux que l'on peut qualifier d'« agricoles », sont des indicateurs de présence de milieux agro-environnementaux remarquables renforçant le profil agro-écologique des territoires.

### Limites et enjeux de construction

Le choix a été fait de garder de regrouper les cartes Znieff (type I et II) et Natura2000 (ZPS et ZCS), puis d'isoler ceux concerné par l'activité agricole.

Autres possibilités d'indicateurs dans ce thème :

- Prise en compte spécifiques des zones corridors, trame verte et bleue ;
- L'Observatoire Nationale de la Biodiversité (ONB), propose 2 indicateurs sur les ZNIEFF et autres zonages.
  - Espaces protégés également recensés dans l'inventaire de la nature remarquable<sup>2</sup>
  - Effort de conservation des secteurs de nature remarquable<sup>3</sup>

et un plus sur la connectivité des milieux :

- Fragmentation des milieux naturels<sup>4</sup> (en lien aussi avec l'indicateur 9)

Ces indicateurs ONB ne paraissent pas directement utilisables (pas spécifique aux surfaces agricoles, indicateurs pas pleinement dans le sujet) mais les sources qu'ils mobilisent pourraient être d'intérêt pour notre indicateur.

### Lien aux politiques publiques

Les espaces agricoles remarquables font l'objet de différentes familles de politiques contractuelles dans le cadre des plans de gestion et contrat Natura2000, ou des objectifs prioritaires des PAEC et mise en œuvre des MAEC, ou encore les prairies sensibles (voir ci-dessous).

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

-

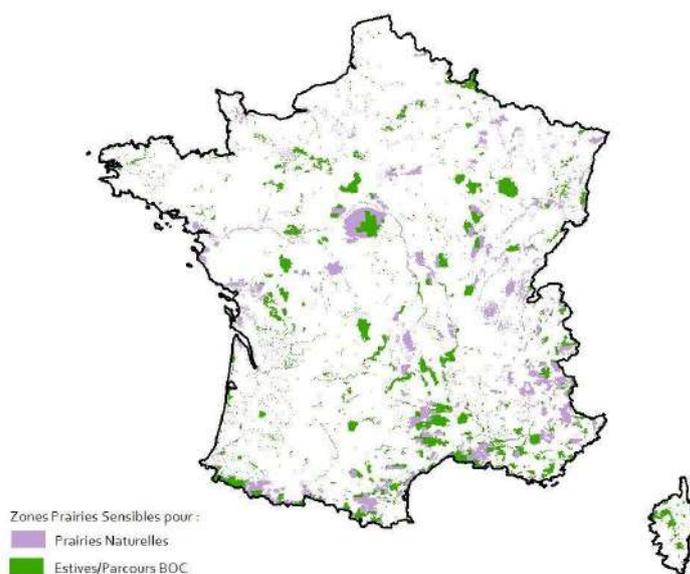
<sup>2</sup> Proportion des surfaces d'espaces terrestres sous protections fortes également recensées dans l'inventaire ZNIEFF des espaces remarquables pour la biodiversité <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/espaces-proteges-egalement-recenses-dans-linventaire-de-la-nature-remarquable>

<sup>3</sup> Proportion des surfaces de nature identifiées comme remarquable (ZNIEFF continentales de type 1 et 2) qui fait l'objet d'un statut de protection, réglementation ou gestion destiné à favoriser sa conservation (aires protégées, site Natura 2000, PNR, CEN) <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/effort-de-conservation-des-secteurs-de-nature-remarquable>

<sup>4</sup> Taille effective de maille des espaces naturels en France métropolitaine. <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/fragmentation-des-milieux-naturels>

## Indicateur associé

Les prairies sensibles : La carte des prairies sensibles constituerait une autre approche permettant de caractériser ces espaces agro-environnementaux remarquables. Elle a été notamment utilisée dans le cadre des conditions d'accès au paiements verts par la PAC - interdiction de retournement. Très corrélée à la carte des surfaces agricole en site Natura2000, nous n'avons finalement pas retenu cet indicateur (Les prairies sensibles correspondantes à l'ensemble des estives/landes - gc 17 du RPG - en site Natura2000 et les prairies permanentes - gc18 - en site Natura2000 sélectionnés pour leur richesse en espèces et d'habitats liés aux prairies).



Sources : Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

<https://agriculture.gouv.fr/pac-2015-cartes-departementales-des-prairies-permanentes-sensibles>

## ● Bibliographie

European Commission, 2014, *Farming for Natura 2000. Guidance on how to support Natura 2000 farming systems to achieve conservation objectives, based on Member States good practice experiences*. Rapport de la C.E. préparé par by C.Olmeda (Atecma/N2K GROUP), C. Keenleyside, G. Tucker and E.Underwood (IEEP) under contract N° 070307/2010/580710/SER/B3.

<http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/FARMING%20FOR%20NATURA%2000-final%20guidance.pdf>

European Commission, 2017, *Farming in Natura 2000 in harmony with nature*. Rapport de la C.E. ISBN 978-92-79-67770. doi: 10.2779/17661

<http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/Farming-brochure.pdf>

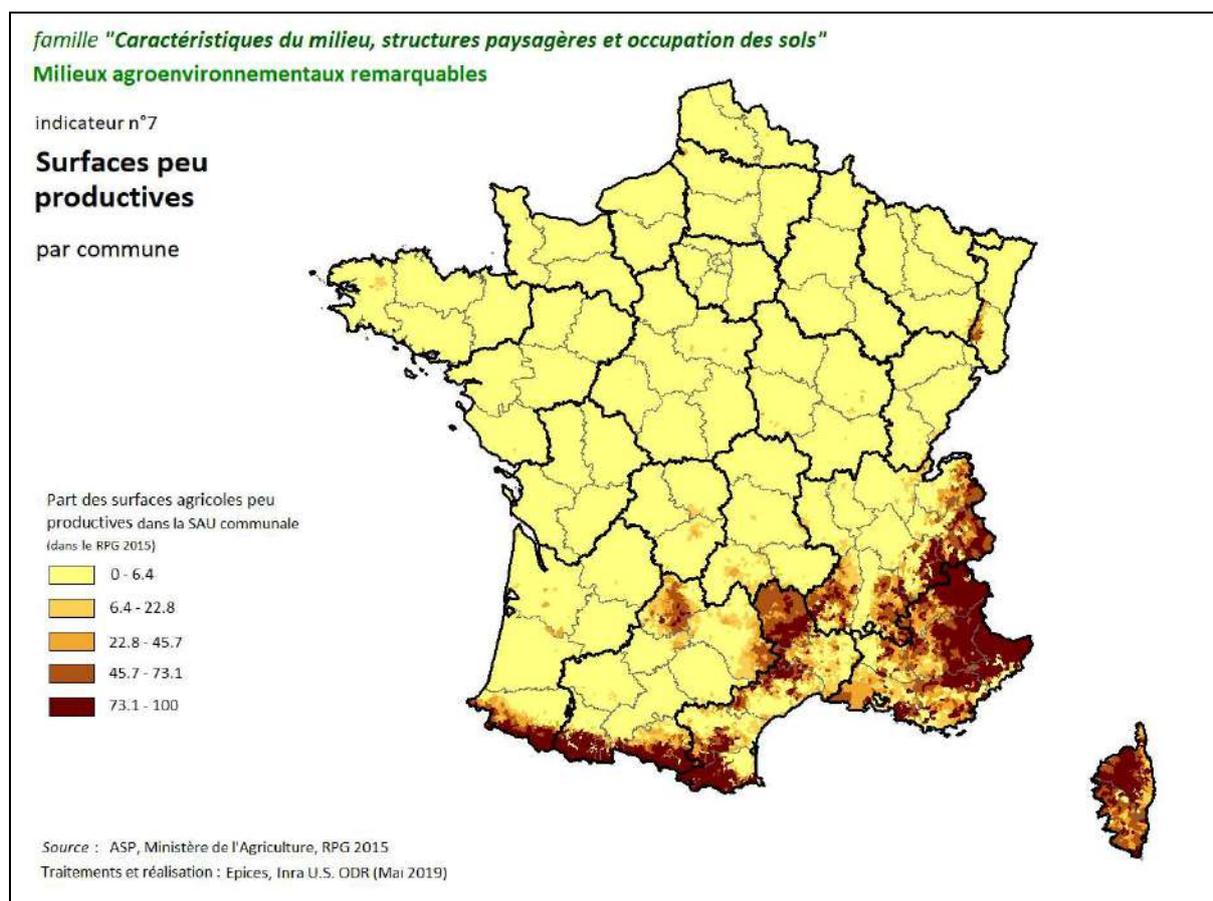
Cantelaube P. et Allaire G., INRA ODR, 2015, Recensement des prairies sensibles dans et hors sites Natura 2000, Note Méthodologique ODR. Inra.

Variables physiques et  
structures paysagères

Milieux agroenvironnementaux  
remarquables

*Surfaces agricoles peu productives*

<b>N°7</b>	<b>Part des surfaces agricoles peu productives dans la SAU</b>
<b>Variables utilisées</b>	Deux possibilités : - Surfaces peu productives dans le RPG - Surfaces peu productives dans CORINE Land Cover
<b>Échelle de projection</b>	Commune (échelle initiale RPG 1:5000, échelle CORINE LC 1 :100 000)
<b>Format</b>	Vectoriel (Shapefile® ESRI)
<b>Sources données</b>	RPG : ASP, IGN, Ministère de l'Agriculture CLC : EEA, Agence Européenne de l'Environnement
<b>Sources Bibliographiques</b>	- RPG : sur <a href="http://data.gouv.fr">data.gouv.fr</a> - CORINE LC : <a href="https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover">https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover</a>



### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur rend compte de la localisation des surfaces agricoles peu productives – parcours, landes, pelouses et prairies avec ligneux, forêts pâturées ... considérés généralement comme des milieux à haute valeur environnementale et ciblés par un certain nombre de dispositifs agro-environnementaux pour leur intérêt en termes de biodiversité et de services écosystémiques. La densité de ces espaces, maintenus par la nature contrainte des milieux, est donc d'un reflet de la « qualité » et richesse agro-environnementale d'un territoire ou d'une zone agricole.

Il s'agit donc repérer au travers de sources de données la densité de ces milieux dans l'espace (par exemple part des surfaces agricoles peu productives dans la SAU).

### Limites et enjeux de construction

La difficulté vient de la disponibilité de telles données. Nous avons identifié 2 sources possibles : les données déclaratives du RPG ou les données d'observation de CORINE Land Cover (CLC).

Au regard de la finesse de son échelle fine, le RPG est à nouveau un candidat mobilisable.

Notamment car, à partir de la campagne 2015, le nouveau RPG contient des classes intéressantes telles que Surface pastorale - herbe prédominante et ressources fourragères ligneuses présentes ou Surface pastorale - ressources fourragères ligneuses prédominantes, ou encore Bois pâturé, Chênaie, Chataigneraie, Roselière. De même pour la classe Surface agricole temporairement non exploitée (SNE) qui correspond à des surfaces susceptibles d'être remises en culture à court terme (dépôt de fumier, stockage de bois, dépôt de terre, plate-forme d'ensilage, broussaille non défrichée).

Néanmoins, pour les campagnes RPG 2007 à 2014 (nomenclature des cultures en 28 classes), le groupe de culture gc17 Estives et Landes regroupe les Estives, alpages, landes, parcours BOC en seule classe. En

revanche, à partir de la campagne 2015, le nouveau RPG contient des classes intéressantes telles que Surface pastorale - herbe prédominante et ressources fourragères ligneuses présentes ou Surface pastorale - ressources fourragères ligneuses prédominantes, ou encore Bois pâturé, Chênaie, Chataigneraie, Roselière. De même pour la classe Surface agricole temporairement non exploitée (SNE) qui correspond à des surfaces susceptibles d'être remises en culture à court terme (dépôt de fumier, stockage de bois, dépôt de terre, plate-forme d'ensilage, broussaille non défrichée).

Cependant, il faut noter des biais déclaratifs important. Par exemple, pour le RPG 2007- 2014, entre les groupes de culture gc17 Estives et Landes et gc18 Prairies Permanentes, biais flagrants entre certains départements du Massif Central. Dans le RPG post 2014, les Bois pâturés sont déclarés principalement dans les Alpes du sud et les Pyrénées orientales, les SNE sont déclarés principalement sur l'arc méditerranée et le sud de la vallée du Rhône ainsi que sur la région naturelle des Dombes dans l'Ain. Nous manquons donc de recul et d'expertise sur les catégories citées ci-dessus sont trop limitées pour envisager une utilisation correcte de ces informations.

D'un autre côté la couche d'information géographique européenne sur l'occupation de sols CLC propose des catégories globalement intéressantes (Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants, Pelouses et pâturages naturels, Landes et broussailles, etc.) mais l'échelle est beaucoup plus grossière et peu satisfaisante pour cette étude.

Cet indicateur n'a donc pas été retenue pour dans la présente étude. Pour un travail ultérieur équivalent, cette position pourrait être reconsidéré ; suivant une étude plus approfondie des biais éventuels dans les données RPG présentées ci-dessus et un suivi de l'évolution des surfaces déclarées dans des catégories de culture évoquées. Il faudra alors également étudier les corrélations possibles entre cet indicateur et les indicateurs N.4 et N.6 présentés ci-dessus.

#### Lien aux politiques publiques

Politiques agro-environnementales portant sur l'entretien et l'ouverture des milieux  
ICHN et objectif de gestion des espaces dans les zones d'handicap

#### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Liens possibles avec les indicateurs portant sur le linéaire de lisières paysagères potentielles RPG+IGN / ha de SAU. En effet, l'indicateur 4 rend compte aussi de la présence de surfaces interstitielles dans les territoires – assimilables en partie à des surfaces peu productives.

En outre cet indicateur sur les surfaces peu productives peut se rapprocher en partie de certains éléments relevant de l'indicateur 6 – sur les surfaces agro-environnementales remarquables (dont certaines sont des surfaces peu productives) ou l'indicateur sur les zones humides potentielles (dont certaines sont des surfaces peu productives aussi).

#### Indicateur associé

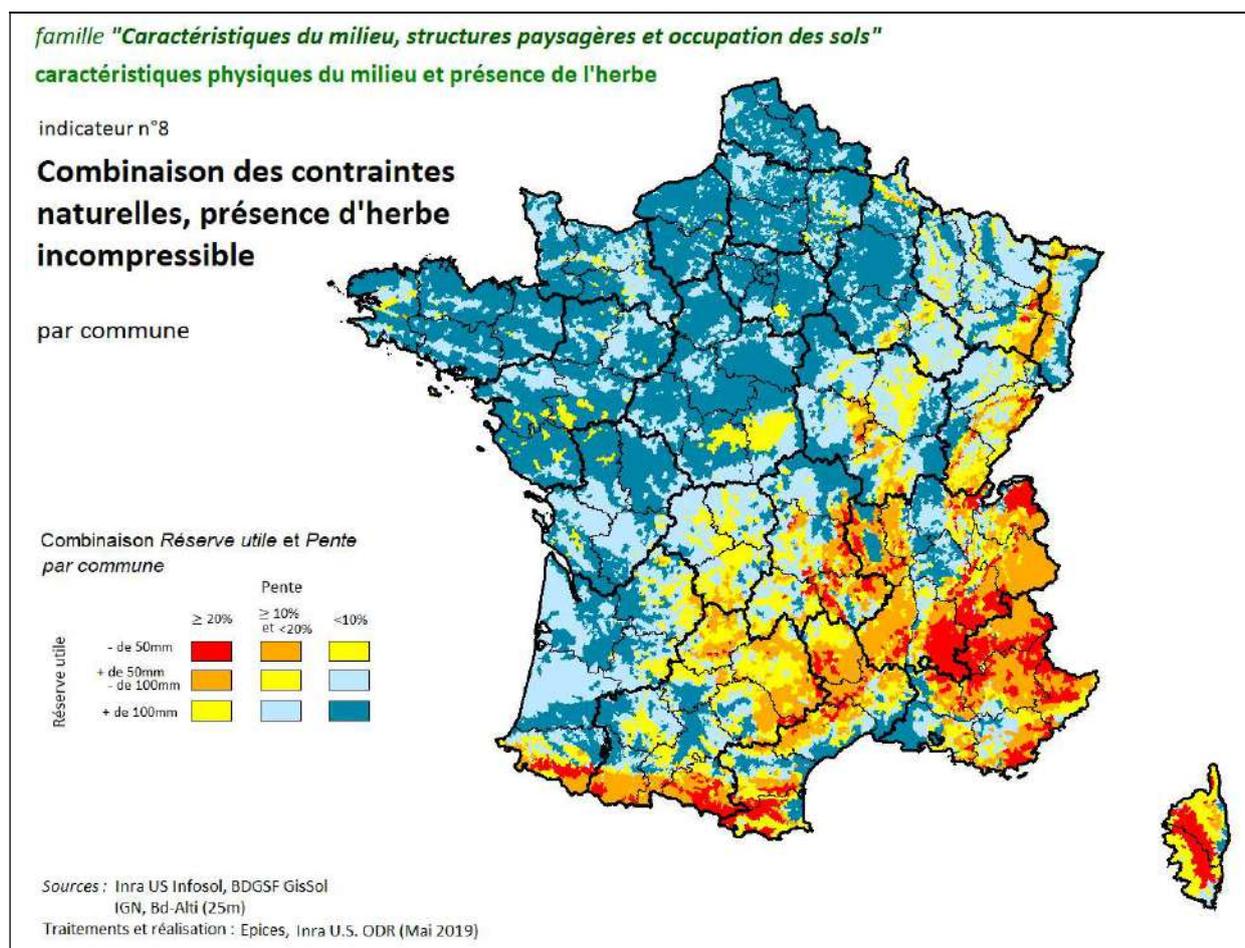
-

Variables physiques et  
structures paysagères

## Caractéristiques physiques et prédisposition à l'herbe

*Lien entre pierrosité et profondeur des sols et présence d'herbe  
incompressible : la prairie permanente*

<b>N°8</b>	Combinaison de contraintes naturelles et présence « d'herbe incompressible » : <b>Pente et réserve utile des sols</b>
<b>Variables utilisées</b>	-Carte de la Réserve Utile en eau issue de la Base de Données Géographique des Sols de France (BDGSF) -Pente
<b>Échelle de projection</b>	-1/1 000 000 (échelle BDGSF) -25x25m (Pente)
<b>Format</b>	-Vectorel (shapefile® ESRI) (Réserve Utile) -Grille Raster (Pente)
<b>Sources données</b>	INRA InfoSol, JRC European Soil Bureau (Réserve Utile) IGN, Bd Alti® (Pente)
<b>Sources Bibliographiques</b>	Le Bas C., 2018, "Carte de la Réserve Utile en eau issue de la Base de Données Géographique des Sols de France", <a href="https://doi.org/10.15454/JPB9RB">https://doi.org/10.15454/JPB9RB</a> , Portail Data Inra, V2



### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur de contrainte productive est utilisé ici pour essayer d'approcher les liens entre contraintes du milieu naturel et présence potentielle de l'herbe et de la prairie permanente. L'enjeu est de comprendre en quoi les contraintes productives naturelles expliquent la présence de l'herbe et en particulier des « prairies incompressibles » telle que qualifiée dans certains travaux de l'Idèle. Dans les travaux existants (cf. bibliographie), l'analyse des contraintes productives s'organise autour de cinq grandes familles de variables dont : la profondeur des sols et plus largement les enjeux de réserve utile, la pierrosité des sols comme contrainte racinaire, les questions de pente, de température et de précipitations.

L'analyse des liens entre milieu naturel et présence de l'herbe ou prairie permanente peut s'analyser dans différents registres dans la mesure où l'herbe est (1) soit une résultante de choix anthropiques liés aux systèmes de production (intérêt relatif de tel ou tel système fourrager), (2) soit une résultante de contraintes productives (milieu peu favorable à d'autres productions), (3) soit enfin liée à la qualité du milieu favorable à la pousse de l'herbe. Schématiquement la présence de l'herbe tient donc soit :

- à des conditions peu propices aux cultures (mais plutôt favorables à l'herbe – ex de certaines zones de montagne)
- à des conditions peu propices aux cultures ( y compris pour l'herbe) => prairie incompressible
- à l'intérêt relatif des systèmes fourragers herbagers / autres systèmes fourragers (comparaison / maïs, maïs irrigué...)
- à l'intérêt pour un producteur pour de maintenir son système d'élevage / autres systèmes cultures possibles.

Dans le cas présent, l'objectif serait avant tout d'expliquer la présence des zones en prairies liées au

caractère peu productif & contraint du milieu, pas les zones de prairies en général.

Le présent indicateur est construit en s'inspirant des seuils de contraintes productives utilisés par le JRC (2007) dans le cadre des réflexions sur l'ICHN. L'objectif du travail était de combiner trois variables dont le facteur pente (déjà évoqué plus haut- indicateur 2) avec les critères de pierrosité/ texture et celui de profondeur des sols. Faute de données sur la pierrosité et profondeur des sols, un proxy a été utilisé au travers de la réserve utile des sols. **L'indicateur provisoire calculé combine donc la pente et la réserve utile des sols.**

- La pente est ici avant tout considérée comme un critère limitant la mécanisation des terres et donc comme une contrainte productive pour l'introduction des cultures arables par rapport à notre référentiel de systèmes agricoles mécanisés.

- La réserve utile en eau du sol se définit comme le volume d'eau contenu dans le sol à un instant donné. La réserve utile (RU) correspond à la fraction de la réserve qui est exploitable par la plante, c'est-à-dire la fraction accessible par les racines et absorbable par leur succion. Elle est exprimée en millimètres. C'est une variable d'état, qui dépend des propriétés physico-chimiques du sol, de sa composition granulométrique, de l'arrangement des particules de sol et de la distribution de la porosité. La RU est liée fortement avec la texture et la profondeur des sols. Les sols présentant les plus fortes réserves en eau utile sont les sols limoneux du Bassin parisien qui cumulent une texture limoneuse favorable et une forte épaisseur. Les sols à plus faible réserve sont les sols sableux (Landes, Vosges) ou peu épais (Causse, Provence, seuil du Poitou) (Le Bas, 2018).

La valeur du RU dépend donc de plusieurs caractéristiques du sol :

- la texture de la terre fine (horizon de sol argileux, de sol argilo-limoneux, sol sableux) ;
- la teneur en éléments grossiers (nature des éléments grossiers : silex, calcaires, etc.) ;
- la profondeur du sol : la RU est une grandeur qui varie selon l'épaisseur de sol (la profondeur du sol ou profondeur d'enracinement).

La RU est estimée par des modèles portant sur la gestion de l'eau qui estiment le réservoir en eau utilisable des sols à partir de fonction de pédotransfert, modèles qui utilisent principalement en entrée la variable de Texture.

- La texture et la pierrosité du sol sont deux contraintes majeures du sol pour la production agricole. La texture est un indicateur de la disponibilité en eau pour les plantes et ses racines, la pierrosité est un indicateur (a) de la réserve en eau (réduction du volume du sol utilisable par la plante, dépendant de la nature des pierres), (b) des conditions pour les racines (obstacle pour la progression des racines) et (c) des conditions de mécanisation.

La texture est définie par la classification de la taille des particules

Les critères sur la texture et la pierrosité sont liés avec les critères suivants :

- Pour les réserves en eau : profondeur des racines, drainage, nature des matériaux, pluie et évapotranspiration.
- Pour les racines et les conditions de mécanisation : profondeur des racines, drainage et la texture argileuse du sol.

- La profondeur des racines est définie comme la profondeur à laquelle la plante peut développer ses racines (limité par un obstacle : pierre dure, couche calcaire).

C'est un indicateur de la réserve utile en eau pour les plantes, des conditions pour les racines et des conditions de mécanisation.

Les critères sur la profondeur des racines sont liés avec les critères suivants :

- Pour les réserves en eau : texture, drainage, nature des matériaux, pluie et évapotranspiration.
- Pour les conditions de mécanisation : pierrosité, drainage et la texture argileuse du sol.

(JRC, 2007, D'après Ch. Le Bas, INRA infosol)

Recommandations pour l'établissement de critères pour la redéfinition des zones défavorisées (JRC, 2007)

- *Pente :*

Tout en insistant sur les différences entre territoires et contextes régionaux, le JRC dans ces travaux souligne un premier seuil de pente à 8% pour les contraintes sévères et à 15% pour qualifier les contraintes très sévères. Rappelons que les critères mobilisés pour qualifier le handicap dans le cadre de l'ICHN sont quant à eux fixés à 20%. Dans la cadre de la construction retenue ici il a donc été choisi d'organiser des classes en se basant sur les seuils de 10% et de 20% de pente (résolution MNT)

- *Texture et pierrosité*

Portions du territoire qui présentent des textures grossières, des sols très argileux, des éléments verticaux.

Portions du territoire dont la surface ou les strates en surface sont constituées de gravier, pierres, rocher (block) ou des affleurements rocheux.

Seuil très sévère : >50% volume de pierres (particules > 2mm) en surface (« topsoil »)

Seuil sévère : >40% volume de pierres en surface (« topsoil »), texture sableuse (avec moins de 18% d'argile et plus de 65% de sable), sols très argileux (>45% d'argile dans le « topsoil ») et des éléments verticaux

→ Un seuil indicatif pour des contraintes « sévères » pour la texture : texture trop grossière (faible capacité de rétention de l'eau) et texture trop argileuse (mauvaises conditions pour les racines). Pour la pierrosité : volume de pierre > 30-40%.

Pour les réserves en eau : il est peut-être préférable d'utiliser la capacité en eau portée par le sol et une balance hydrique ?

- *Profondeur des racines* (et conditions de mécanisation)

Un critère peut être modulé par la nature et la taille des fragments grossiers (par exemple l'inclusion de « Vertisols » peut être discutée).

→ Un seuil indicatif pour des contraintes « sévères » : 30-50 cm. Cela peut être plus haut selon la réserve en eau durant la période de croissance des plantes.

profondeur RU	pierrosité	pente
profondeur	texture et pierrosité	pente : Résolution du MNT
<10 cm	plus de 50% de volume de pierres ( de plus de 2cm)	> 20% ICHN > 15% : très importante/très aigue
10 à 30 cm	de 40 à 50% de volume pierres	>8% : importante /aigue
plus de 30 cm	autre	

### Limites et enjeux de construction

Les autres variables climatiques qui codent les contraintes du milieu et la pousse de l'herbe n'ont pas été intégrées à cet indicateur. En effet, les « effets climatiques » codent rarement « l'herbe incompressible ». Ils déterminent souvent des différentiels de productivités entre herbe et les autres cultures ou fourrages, mais le raisonnement reste légèrement décalé par rapport à notre approche et ne permet pas d'en déduire que l'herbe serait la seule alternative possible dans tel ou tel territoire. La comparaison avec la carte du potentiel de pousse de l'herbe (cf. indicateur suivant) illustre ces différences. Une même région

peut être peu propice à la pousse de l'herbe pour des raisons climatiques mais propice à des cultures à cycle court, ou à l'inverse propice à l'herbe, mais encore bien plus propice au maïs fourrage...

	froid	durée hiver Idèle	chaleur/températures		precipitations	
Altitude	Nb de jours avec $t^* > 5^{\circ}\text{C}$ (LGPT5) (défini la longueur de la période de croissance des plantes)	quotidiennes au-dessus $5^{\circ}\text{C}$ durant la période entre le dernier jour de gel au printemps et le 1 <sup>er</sup> jour de gel en automne.	période sans pousse	$T^* \text{ max} > 35$	LGP (longueur de la période de croissance) basé sur - LGPT5 - équilibre hydrique par type de culture	durée moyenne sécheresse estivale
plus de 800	< 120 jours : important	TSUM > 1800°C jours.	> 153j	5 à 10 jours consécutifs	<60 jours : très sévère 60-74 jours : sévère	>86j
plus de 500	< 150 jours : modéré		>130j		75-90 jours : modéré 90-120 jours : léger	> 63j
inférieure	< 170 jours : léger		>110j		> 120 j pas de limite	>40j

Dans cet indicateur l'herbe incompressible est codée en combinant trois familles de variables dont la pente, la pierrosité et la profondeur des sols. Les deux dernières variables pourraient être dans une certaine mesure assimilées à un indicateur de Réserve Utile, même si ce dernier ne produirait pas tout à fait les mêmes résultats.

### Lien aux politiques publiques

Les surfaces en herbe sont un des indicateurs agro-environnementaux majeurs à la fois dans les dispositifs du second pilier – MAE localisées, mesures systémiques, ICHN et dans les règles du Premier pilier – conditionnalité, paiement vert et conditions sur le maintien des prairies permanentes ...

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Indicateur N.2 Pente

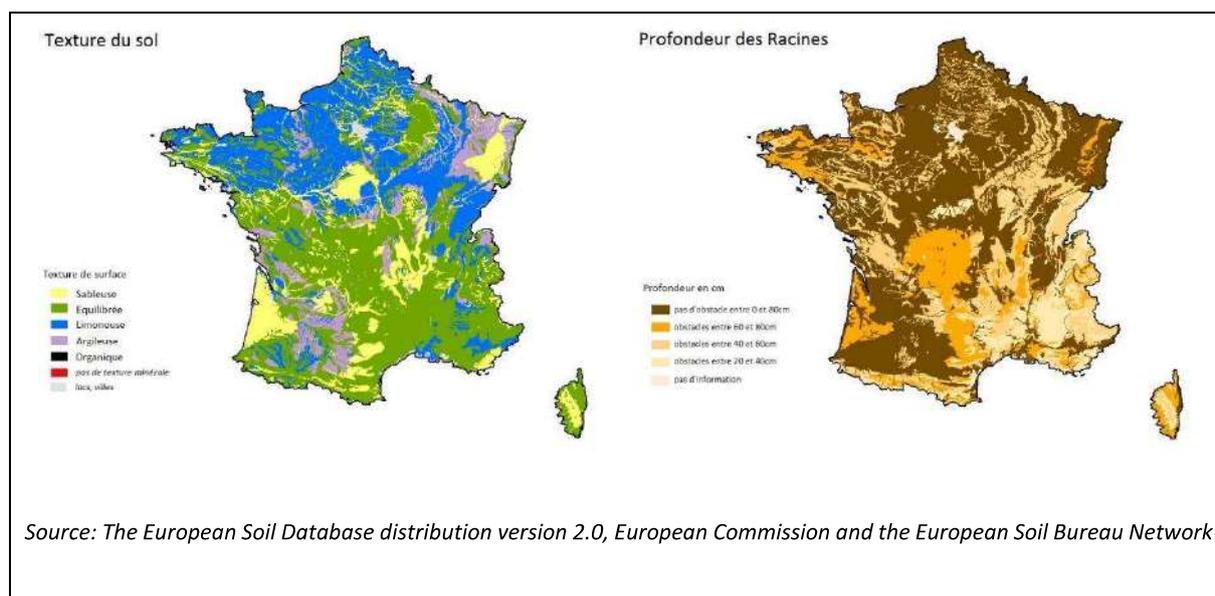
### Indicateurs associés

Carte : Réserve utile en eau (Source: Le Bas, 2018 INRA InfoSol)

Réserve en Eau Utile



Cartes : Texture du sol (Gauche) et Profondeur des racines (Droite)



- Bibliographie :

ESDB, 2004. ESDB v2.0: "The European Soil Database distribution version 2.0, European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, EUR 19945 EN, 2004"

JRC, 2007. Actes de la réunion d'experts sur la redéfinition des Zones Défavorisées. Rapport Commission Européenne. Editeurs : Eliasson A., Terres JM. et Bamps C. EUR22735-EN

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](http://147.100.179.105/gissol/rapports/Rapport_HD.pdf)

Le Bas, Christine, 2018, "Carte de la Réserve Utile en eau issue de la Base de Données Géographique des Sols de France", <https://doi.org/10.15454/JPB9RB>, Portail Data Inra, V2

Laroche B., Le Bas C., INRA INFOSOL, 2011, La révision des Zones Défavorisées Simples ZDS

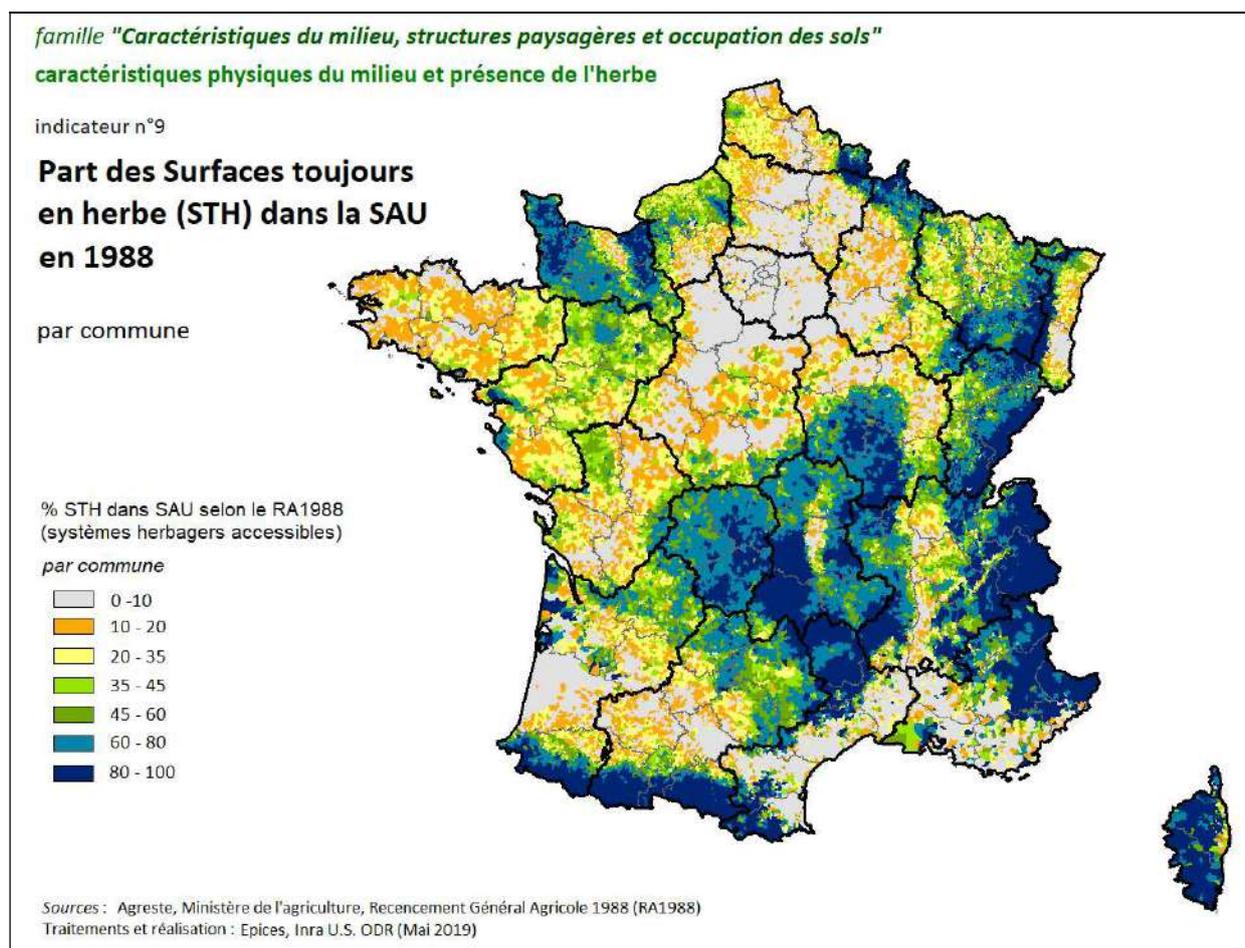
Al Graux, L. Delaby, JL. Peyraud, INRA, 2017, Les prairies françaises : production, exportation d'azote et risques de lessivage, Rapport d'étude, 74 p.

Variables physiques et  
structures paysagères

*Caractéristiques historiques et  
prédisposition herbe – Prairie / herbe*

*Indice de référence historique – évolution surface  
herbe sur les 3 derniers Recensements Agricoles*

<b>N°9</b>	<b>Systemes herbagers accessibles : % STH dans SAU en 1988</b>
<b>Variables utilisées</b>	Indice de référence historique – pourcentage de surface en herbe dans la Surface Agricole Utile d'après le recensement de 1988
<b>Echelle de projection</b>	Données attributaires référencées à la commune
<b>Format</b>	Données attributaires
<b>Sources données</b>	Recensement Général Agricole RGA 1988. Sources : Agreste - Ministère de l'agriculture
<b>Sources Bibliographiques</b>	<a href="http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/">http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/</a>



### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur permet de rendre compte du poids de la prairie permanente dans les surfaces agricoles en 1988 à une échelle territoriale. Il s'agit d'une manière d'approcher les systèmes agricoles dans leur composante prairie permanente avec une vision de moyen terme de façon à réfléchir aux systèmes accessibles sur les territoires et pouvoir interpréter l'état des référentiels agroenvironnementaux actuels à la lumière de ces évolutions de moyen terme. Schématiquement, l'idée serait que l'ambition agro-environnementale des politiques publiques peut prendre appui sur ces repères historiques comme des situations de référence accessibles.

### Limites et enjeux de construction

Remarques : Ces données communales sont soumises au secret statistique. Comme décrit dans la partie méthodologie-classification de ce rapport, les données seront « lissées » pour (entre autres) résoudre ce problème : la valeur d'une commune soumise au secret statistique sera calculée par moyenne (pondérée par la surface) des communes voisines.

Intérêt de coupler cet indicateur avec une réflexion sur la stabilité des productions à l'échelle des territoires agricoles pour identifier les évolutions qui tiennent à l'évolution des orientations de production et celles qui sont exclusivement liées à la logique des systèmes engendrant une nouvelle occupation des sols avec une régression de l'herbe.

## Lien aux politiques publiques

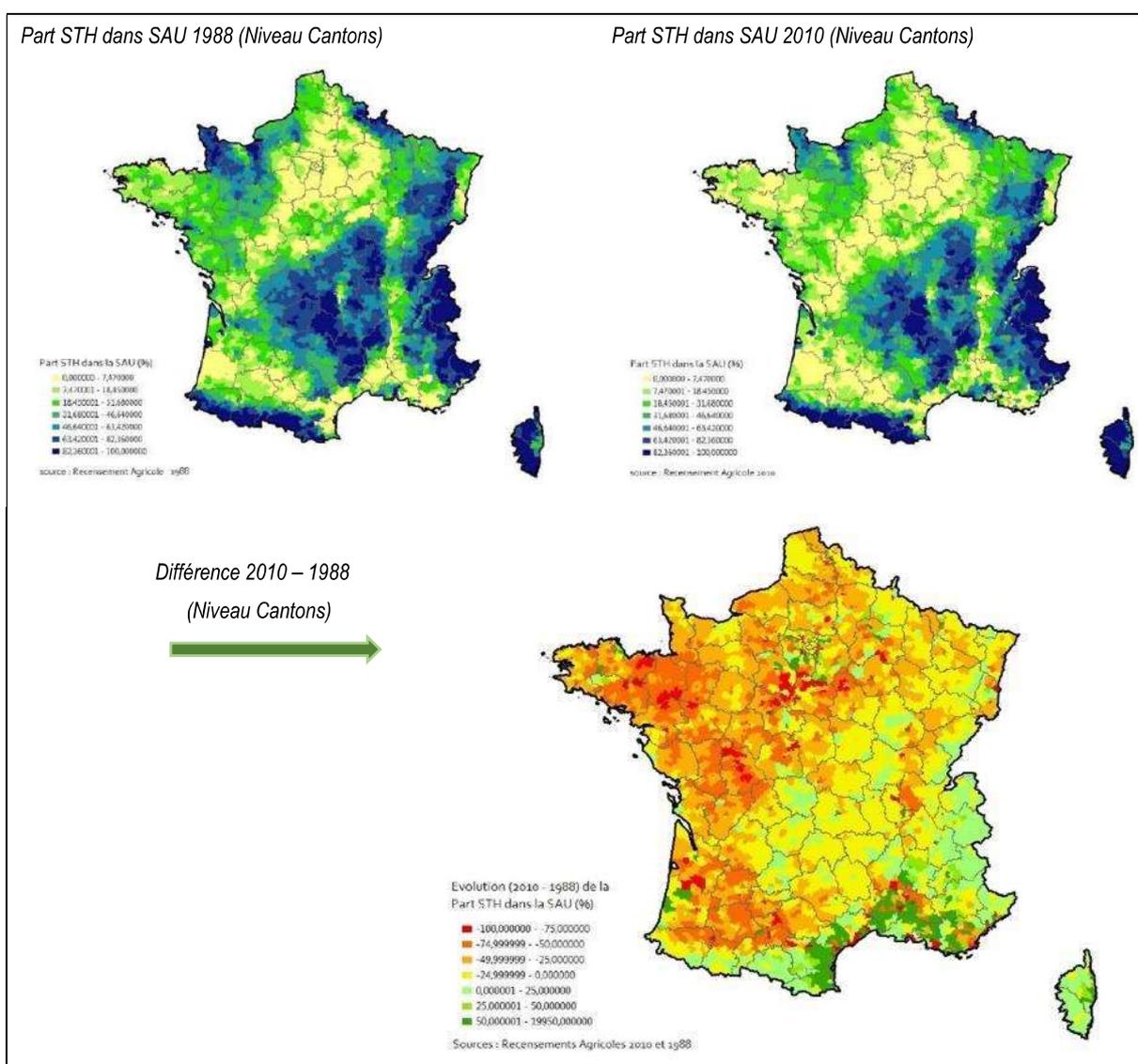
Les surfaces en herbe sont un des indicateurs agro-environnementaux majeurs à la fois dans les dispositifs du second pilier – MAE localisées, mesures systémiques, ICHN et dans les règles du Premier pilier – conditionnalité, paiement vert et conditions sur le maintien des prairies permanentes ...

## Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

N°8 contraintes naturelles et herbe incompressible

## Indicateur associé :

évolution des surfaces en herbe, par comparaison avec le même indicateur calculé cette fois sur le Recensement Agricole 2010.





## ***Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles***

	<p><i>Référentiels des systèmes accessibles</i></p>
	<p><i>Diversité assolements accessibles pour les systèmes de cultures</i></p>

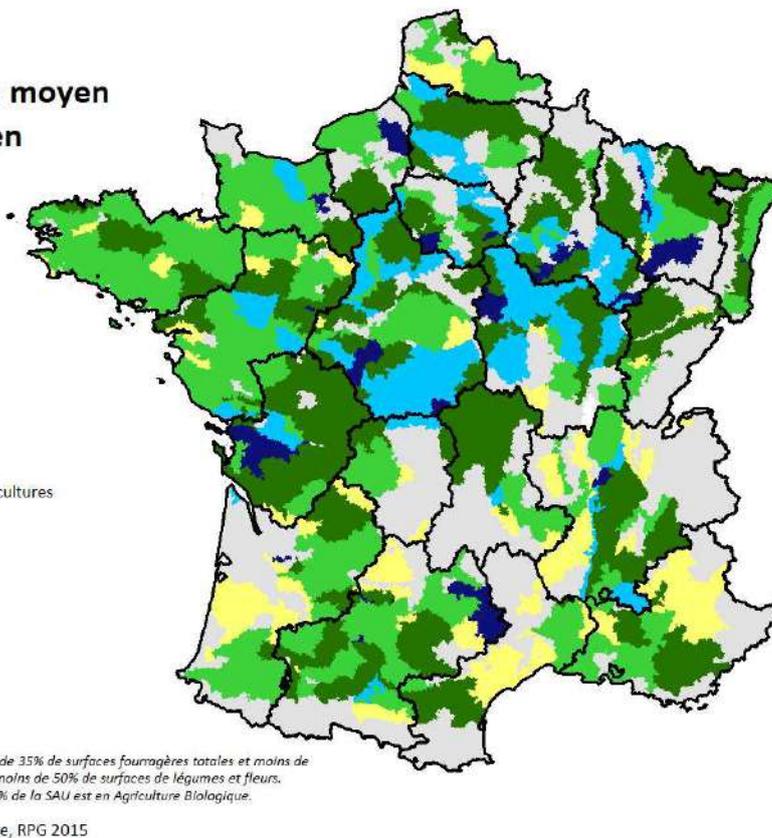
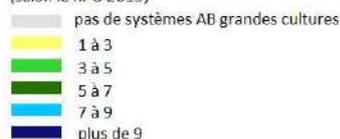
<b>N°10</b>	<b>Nombre de cultures en moyenne par système AB et par PRA (RPG)</b>
<b>Variables utilisées</b>	Dénombrement du nombre moyen de cultures arables des exploitations (systèmes de production) en Agriculture biologique (AB), estimé sur les exploitations dont au moins 70% de la SAU est en AB.
<b>Echelle de projection</b>	parcellaire RPG (1:5000) agrégé à l'échelle des Petite région agricole (PRA)
<b>Format</b>	Vectorel (Shapefile® ESRI)
<b>Sources données</b>	Registre Parcellaire Graphique (campagne 2015), ASP/IGN, Ministère de l'Agriculture MAA
<b>Sources Bibliographiques</b>	RPG : data.gouv.fr, <a href="http://professionnels.ign.fr/rpg">http://professionnels.ign.fr/rpg</a>

*famille "Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles"*

indicateur n°10

**Nombre de cultures moyen  
dans les systèmes en  
agriculture  
biologique  
(systèmes grandes  
cultures)**

nombre moyen de cultures  
(de la Petite Région Agricole)  
(selon le RPG 2015)



'Grandes Cultures' = exploitations avec moins de 35% de surfaces fourragères totales et moins de 25% de surfaces cultures pérennes et moins de 50% de surfaces de légumes et fleurs.

'Grandes Cultures AB' = ci-dessus + plus de 70% de la SAU est en Agriculture Biologique.

Sources : ASP, Ministère de l'Agriculture, RPG 2015

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

La question de la diversité des productions agricoles et de l'allongement des rotations est une question fondamentale des politiques agro-environnementales et bien au-delà des politiques de transition agro-écologiques (cf. Plan national de l'agroécologie). C'est également une exigence de la PAC au titre des paiements verts dans la mesure où cette diversité est une condition pour favoriser les mécanismes de régulation naturelles au sein des agrosystèmes.

Or, comme mentionnée dans la partie introductive, la diversité au sein des systèmes agricoles ne peut être approchée facilement en référence aux milieux naturels seuls. C'est avant tout une variable qui dépend des choix de système et de pratiques des exploitants ainsi que de l'organisation des filières territoriales. Les systèmes locaux sont néanmoins le meilleur intégrateur territorial des signaux socio-économiques et physiques qui s'expriment sur un territoire donné (cf. travaux de F. Louault).

Afin de pouvoir traiter cette question de la diversité à l'échelle des territoires, le choix a été fait de raisonner en termes de « référentiel de systèmes accessibles » en se référant à l'état de la diversité au sein des systèmes biologiques, obligés de composer avec la diversité et les régulations naturelles. L'avantage de ce référentiel est qu'il se base sur un type de système agricole bien documenté et statistiquement suivi à l'échelle nationale.

L'indicateur donne donc à voir la différence de nombre de cultures moyens entre exploitations biologiques et non biologiques à l'échelle des PRA.

On y voit apparaître un nombre de cultures très élevé notamment dans les régions de grandes cultures alors que le nombre moyen de cultures est plus limité dans les régions de polyculture-élevage ou élevage du fait du poids des systèmes d'élevage avec une part importante de prairies ou de prairies permanentes.

### Limites et enjeux de construction

- RPG détaillé obtenu sur demande (Ministère de l'Agriculture). Par rapport à la version publique : pour chaque parcelle : référence à l'exploitation (identifiant anonymisé) et caractère bio/non bio
- Indicateur calculé uniquement sur les exploitations avec au moins 70% de la SAU en AB
- Nb d'exploitations bio type "Grandes Cultures Larges" = nb d'exploitations dont plus de 70% de la SAU est en Bio et de type GC (moins de 35% de surfaces fourragères totales et moins de 25% de surfaces cultures pérennes et moins de 50% de surfaces de légumes et fleurs.
- Nb moyen de cultures (COP + CIndus+Fourrages+PT+Légumes et fleurs) chez les EA bio-GC, sans les Prairies Permanentes, Estives/landes, les cultures pérennes (arbo et vignes), les Jachères et les Divers

Les comparaisons sont délicates sur les PRA avec un nombre limité d'exploitations biologiques ne facilitant pas la comparaison terme à terme dans de bonnes conditions.

Dans le RPG, les otex des exploitants ne sont pas disponibles – sauf à pouvoir bénéficier d'un appariement avec les données du RA. De ce fait, la comparaison peut être biaisée en comparant des exploitations de grande cultures avec des exploitations de polyculture ou polyculture élevage. Dans le cas présent, des proxy des OTEX ont été réalisés en se basant sur des exploitations avec plus de 30, 60 ou 70% de SAU en COP (céréales et oléo protéagineux).

L'approche retenue permet surtout d'apprécier les enjeux de la diversité dans les systèmes de grandes cultures – elle est moins adaptée pour réfléchir cette diversité dans les systèmes d'élevage de cultures pérennes (ex. cépages, variétés...). Les résultats sur les bassins spécialisés de grandes cultures seraient de ce point de vue les plus significatifs.

### Lien aux politiques publiques

La question de la diversité des productions agricoles et de l'allongement des rotations est une question fondamentale des politiques agro-environnementales et bien au-delà des politiques de transition agro-écologiques (cf. Plan national de l'agroécologie). C'est également une exigence de la PAC au titre des paiements verts. Dans le cadre des MAE système, cette condition est également présente comme critère du cahier des charges des MAE systèmes grandes cultures et monogastriques.

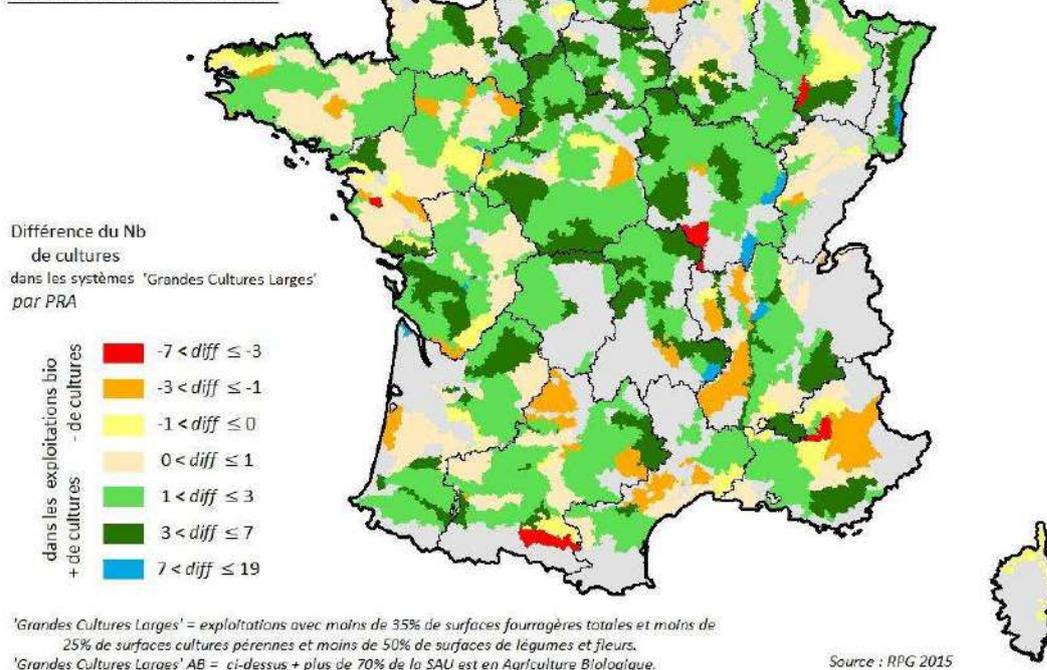
### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

-

### Indicateur associé

Différentiel « nombre moyen de cultures entre exploitations biologiques et conventionnelles de type grandes cultures dominantes »

**Différence du nombre de cultures  
différentes dans les systèmes  
'Grandes Cultures Larges'  
entre Bio et non Bio**



Cette seconde carte montre le différentiel dans le nombre moyen de cultures entre exploitations biologiques et conventionnelles de type grandes cultures dominantes. Elle laisse apparaître les fortes marges d'adaptation et d'évolution en termes de diversité en dehors des PRA de polyculture-élevage dominante dans lesquelles la diversité semble plus comparable.

Cette problématique peut aussi être abordée par une réflexion sur les rotations type des exploitations biologiques vs exploitations conventionnelles dans les différentes régions françaises. Ce travail a été mené par l'ITAB dans le cadre du projet CASDAR ROTAB en montrant la durée moyenne type des rotations des systèmes biologiques dans une dizaine de régions. A ce stade, ce travail plus expert ne semble pas avoir été actualisé et semble difficilement transposable à une échelle plus fine sauf par un traitement fin des données RPG des exploitations. En effet, une analyse pluriannuelle sur les systèmes biologiques par petite région agricole semblerait particulièrement intéressant.

<http://www.itab.asso.fr/downloads/rotab/rotab-synthese-regions.pdf>

Région	Exemple de rotations	Durée de la rotation (années)	% de culture de printemps (hors luzerne)	% de cultures sarclées	% de blé	% de légumineuses (y compris luzerne)
Rotations à tête de rotation pluriannuelle						
Lorraine	luz - luz - luz - blé - cerpro - blé - trit.	7	0%	0%	28%	57%
Bourgogne, sols moyens	luz - luz - blé H - blé P - pois P - blé H - orge H	7	40%	0%	43%	43%
Franche-Comté	luz - luz - luz - blé - trit. - féverole P - blé - épeautre - maïs	9	33%	11%	22%	44%
Champagne-Ardenne	luz - luz - luz - blé - pois P - blé - trit. - cerpro - orge P	9	33%	0%	22%	56%
Bourgogne, argiles de plaines	luz - luz - blé - blé - soja - blé - pois P - colza - blé - tournesol	10	38%	20%	40%	40%
Rhône-Alpes, vallée du Rhône sec	luz - luz - luz - blé - blé - tournesol - blé - seigle - trèfle - blé - blé - triticale	12	11%	17%	42%	33%
Rotations sans tête de rotation pluriannuelle						
Rhône-Alpes, vallée du Rhône irriguée	Maïs - soja - blé	3	67%	67%	33%	33%
Picardie	Féverole P - blé - trit. - maïs	4	50%	25%	25%	25%
Franche-Comté	Soja - blé - trit. - épeautre	4	25%	25%	25%	25%
Nord Pas-de-Calais	Légumes de plein champ - trit. - fév. P - blé - seigle	5	40%	20%	20%	40%

- Bibliographie

Fontaine L., ITAB, 2011, Rotations pratiquées en grandes cultures biologiques en France : état des lieux par région

Poméon T., Allaire G., Cahuzac E., Cantelaube P., Fuzeau V, US ODR – INRA Toulouse, Assolement des exploitations en transition bio et diversité culturelle, Réunion DYNRURABIO, 22-23 octobre 2012

	<p><i>Référentiels des systèmes accessibles</i></p>
	<p><i>Diversité assolements accessibles pour les systèmes de cultures</i></p>

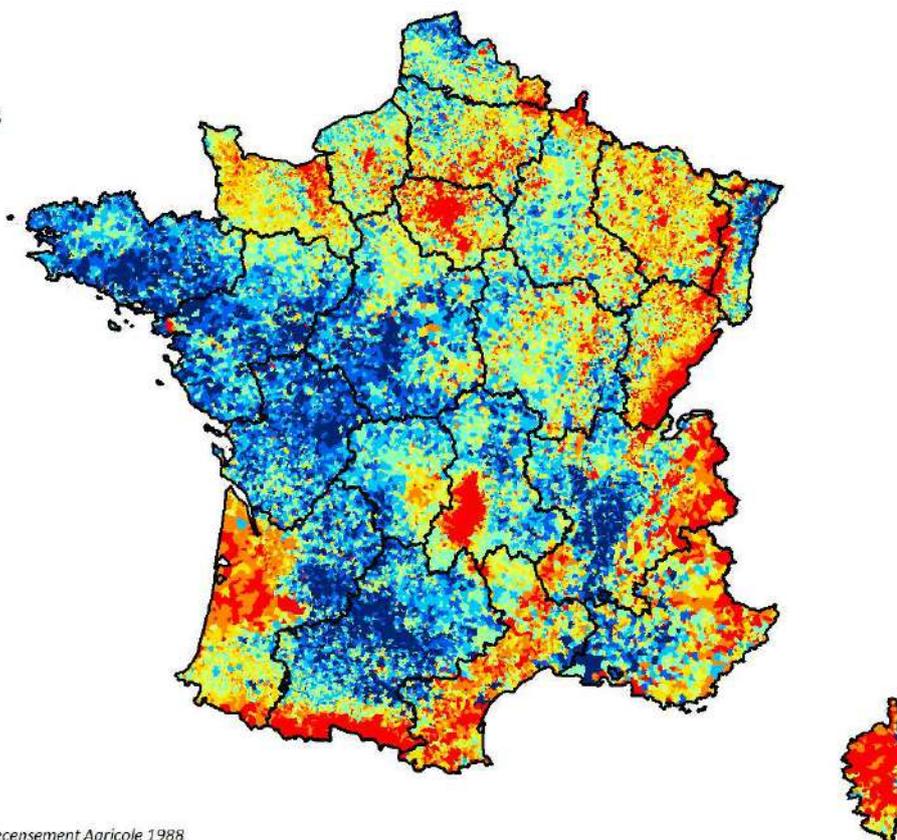
<b>N°11</b>	<b>Nombre de cultures en moyenne par commune dans RA 1988</b>
<b>Variables utilisées</b>	Dénombrement du nombre moyen de cultures par commune d'après le Recensement Général Agricole 1988
<b>Echelle de projection</b>	Données attributaires référencées à la commune
<b>Format</b>	Données attributaires
<b>Sources données</b>	RA (Recensement Général Agricole) 1988
<b>Sources Bibliographiques</b>	<a href="http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/">http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/</a>

famille "Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles"

indicateur n°11

**Nombre de cultures  
en 1988,  
par commune**

Nombre de cultures différentes  
par commune (RGA 1988)



Sources : Ministère de l'agriculture, Recensement Agricole 1988  
Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

Cet indicateur permet de rendre compte de la diversité culturelle dans les surfaces agricoles en 1988 à une échelle territoriale. Il s'agit d'une manière d'approcher les systèmes agricoles dans leur composante diversité avec une vision de moyen terme de façon à réfléchir aux systèmes accessibles sur les territoires et pouvoir interpréter l'état des référentiels agroenvironnementaux actuels à la lumière de ces évolutions de moyen terme. Schématiquement, l'idée serait que l'ambition agro-environnementale des politiques publiques peut prendre appui sur ces repères historiques comme des situations de référence accessibles.

Cet indicateur montre notamment la très forte diversité culturelle sur une grande moitié ouest de la France ainsi que dans de la vallée du Rhône. Les zones de montagne et la Normandie, très herbagères se détachent comme moins diversifiées dans ce paysage de même que les Landes et une partie du bassin Parisien.

### Limites et enjeux de construction

Remarques : (comme indicateur N.9) Ces données communales sont soumises au secret statistique. Comme décrit dans la partie méthodologie-classification de ce rapport, les données seront « lissées » pour (entres autres) résoudre ce problème : la valeur d'une commune soumise au secret statistique sera calculée par moyenne (pondérée par la surface) des communes voisines.

## Lien aux politiques publiques

La question de la diversité des productions agricoles et de l'allongement des rotations est une question fondamentale des politiques agro-environnementales et bien au-delà des politiques de transition agro-écologiques (cf. Plan national de l'agroécologie). C'est également une exigence de la PAC au titre des paiements verts. Dans le cadre des MAE système, cette condition est également présente comme critère du cahier des charges des MAE systèmes grandes cultures et monogastriques.

Le critère de diversification est également d'un des trois critères pour l'obtention du paiement vert (PAC 2015) : « Respecter une exigence de diversification des cultures, c'est-à-dire avoir sur ses terres arables (terres agricoles sauf les prairies permanentes et les cultures permanentes – vignes, vergers...), au moins trois cultures dans le cas général. »

## Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

-

## Indicateurs associés

**Nombre de Cultures en 2010  
par commune**  
d'après le  
**Recensement Agricole**

(Par commune)

- nb cultures ≤ 4
- 4 < nb cultures ≤ 8
- 8 < nb cultures ≤ 11
- 11 < nb cultures ≤ 15
- 15 < nb cultures ≤ 26

Source : Recensement Agricole 2010

même indicateur calculé cette fois sur le Recensement Agricole 2010

**Différence du Nombre de cultures  
entre 1988 et 2010  
par commune**  
d'après le  
**Recensement Agricole**

diff. = nb cultures en 1988 - nb cultures en 2010

- 5 ≤ diff. < -2
- 2 ≤ diff. < 0
- 0
- 0 < diff. ≤ 2
- 2 < diff. ≤ 15
- 15 < diff. ≤ 26

Sources : Recensement Agricole 1988 (Agriste)  
Recensement Agricole 2010 (Agriste)

évolution de la diversité culturelle, par comparaison entre l'indicateur calculé sur le RGA1988 et celui sur le RA2010.



<p><i>Variables de la diversité et autonomie des systèmes</i></p>	<p><i>Référentiels des systèmes accessibles - Autonomie</i></p>
	<p><i>Autonomie des systèmes d'élevage et potentiel de pâturage</i></p>

<b>N°12</b>	<b>Durée potentielle de pâturage « hors contraintes » / régions fourragères</b>
<b>Variables utilisées</b>	Début et fin de période de pâturage (durée de l'hiver), durée de sécheresse estivale.
<b>Echelle de projection</b>	Région fourragère
<b>Format</b>	Données attributaires, sur la maille « région fourragère »
<b>Sources données</b>	Institut de l'Élevage (traitements), données Météo France, SSP, INRA calculées pour ISOP.
<b>Sources Bibliographiques</b>	AgroParisTech, 2016.

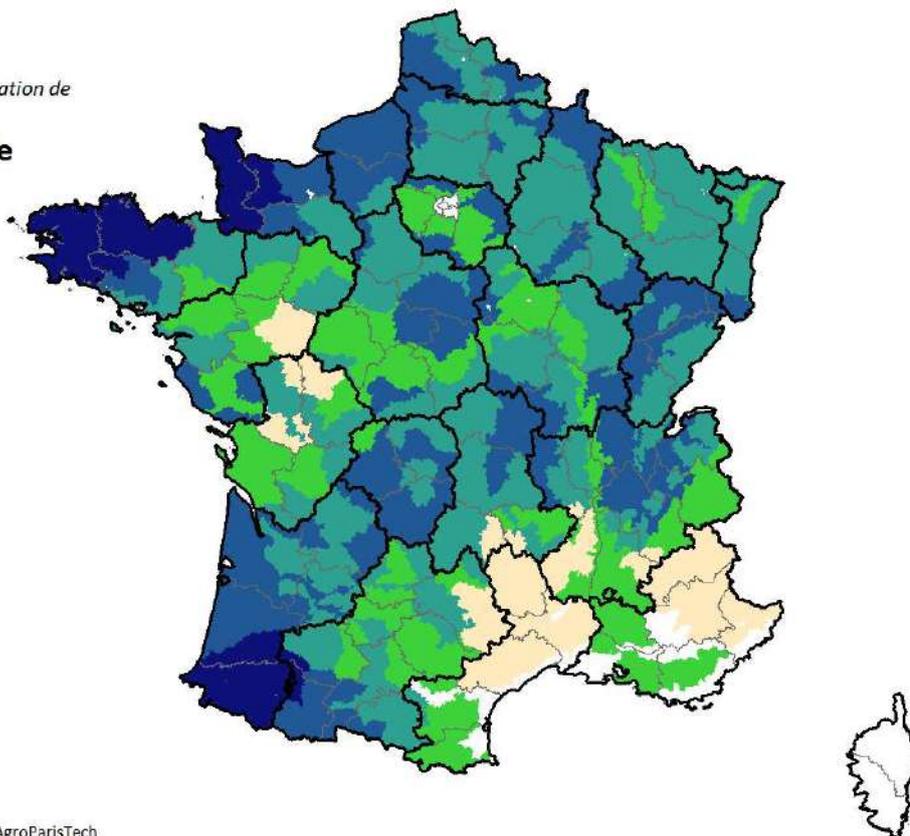
*famille "Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles"*

indicateur n°12

conditions favorables à l'exploitation de  
l'herbe sous forme de pâturage

**Durée potentielle de  
pousse dans de  
bonnes conditions**

durée de pousse  
par région fourragère



Sources : Idèle (institut de l'élevage) - AgroParisTech

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

Source: traitement Institut de l'Elevage d'après données MétéoFrance, SSP, INRA calculées pour ISOP

### Intérêt de l'indicateur

A l'image de la diversité, la question de l'autonomie dans les exploitations est une question centrale dans le processus de transition agro-écologique et fait l'objet d'un grand nombre d'orientations et dans les politiques publiques. Il s'agit souvent aussi d'un objectif à la fois pour les politiques publiques et les actions des acteurs professionnels. Pour autant, cette question de l'autonomie (alimentaire, protéique, énergétique...) n'est pas facile à interpréter sur la base des seuls facteurs naturels. Il s'agit comme dans le cadre de l'indicateur précédent d'une variable qui dépend en grande partie des choix des exploitants dans un territoire donné et notamment leurs choix de systèmes ou de pratiques (ex. élevage à l'herbe vs élevage à base de maïs). En général, sur tout territoire, les options existent pour les producteurs et ces derniers peuvent plus ou moins choisir s'ils s'orientent vers un système autonome ou non.

Pour autant, dans les systèmes d'élevage, l'autonomie alimentaire potentielle dépend aussi en partie de l'existence de conditions non contraignantes pour la pousse de l'herbe. Cette question a été abordée dans les travaux de l'Idèle et d'AgroParisTech derrière l'indicateur de « durée potentielle de pousse de l'herbe dans de bonnes conditions » à l'échelle des régions fourragères construites sur la base du modèle Isop de l'Inra. Cet indicateur donne donc une indication sur la possibilité de développer un élevage à base d'herbe sans que la pousse de l'herbe ne soit limitante dans le choix de l'exploitant – « potentiel de pâturage ». Il rend compte, par élimination des zones de contrainte, des territoires favorables à l'autonomie fourragère à base d'herbe.

Notons cependant que cet indicateur est à regarder en relatif ou de façon combinée avec ceux qui « codent » les territoires de l'herbe incompressible. Il s'agit en quelque sorte du négatif de l'indicateur N°8 présenté plus haut. Dans un cas, on voit se détacher les zones favorables à l'herbe car contraintes en général pour la culture et dans l'autre on voit ressortir les zones favorables à la pousse de l'herbe, mais souvent aussi aux autres cultures dont notamment le maïs.

### Limites et enjeux de construction

Les étapes intermédiaires de construction de cet indicateur par l'Idèle sont présentés ci-dessous - rubrique « indicateurs associés ». On y voit apparaître les différentes familles de contraintes de pousse de l'herbe intégrées dans l'indicateur final : début et fin de période végétative (=> durée de l'hiver), durée de sécheresse.

La limite de cet indicateur vient notamment de la non prise en compte des conditions pédologiques qui sont une autre variable déterminante de la pousse de l'herbe. En effet, pour aller plus loin il aurait été intéressant de calculer un indicateur de « potentiel de pousse de l'herbe » qui estime de tonnes de matière sèche par ha en tenant compte à la fois de la durée de pousse de l'herbe et conditions pédologiques. Selon les experts associés à l'atelier de travail de l'étude, ce type d'indicateur existe dans certains travaux de l'Inra mais n'a pas pu être remonté à ce stade.

### Lien aux politiques publiques

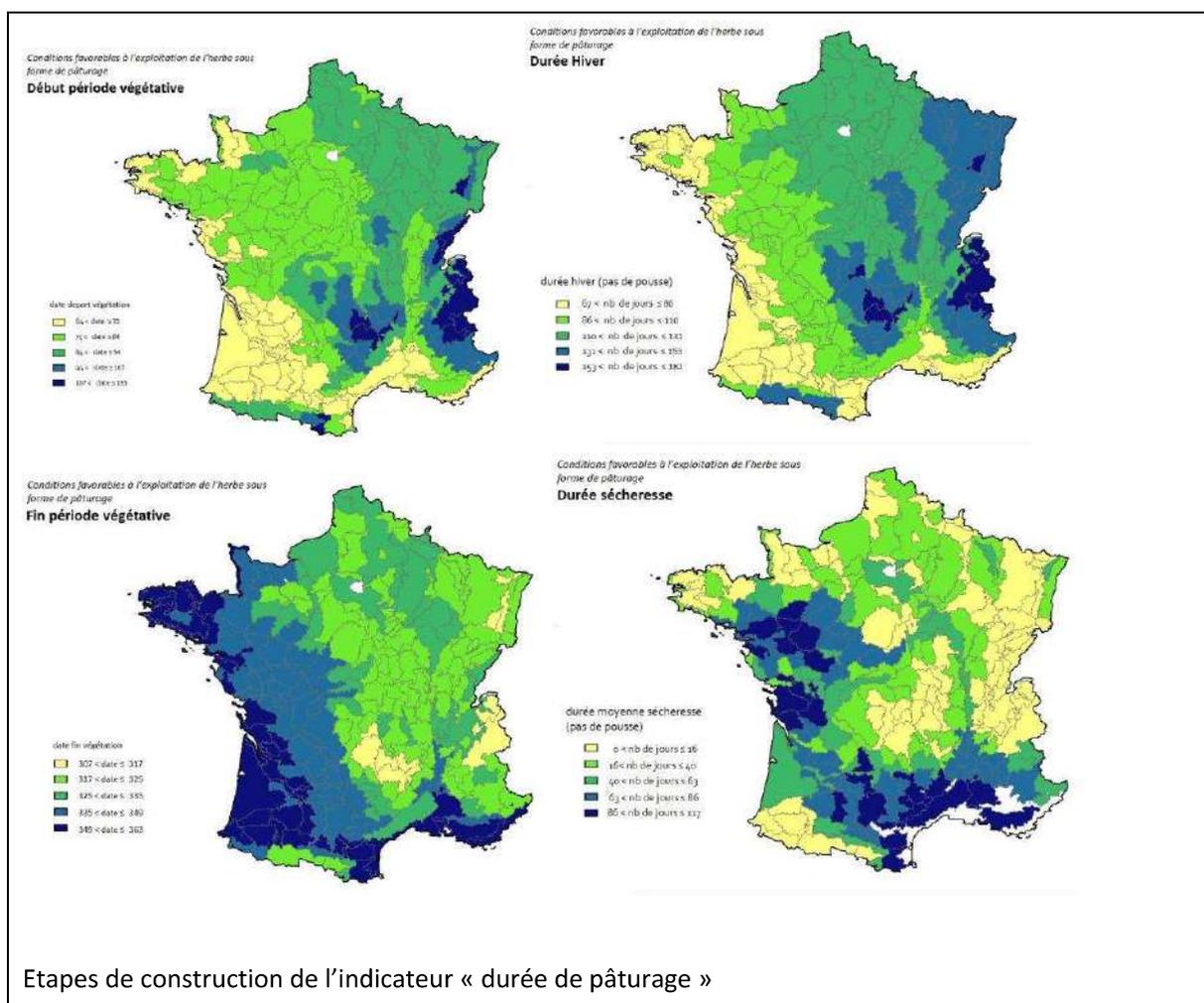
L'autonomie des élevages est davantage un axe des programmes de développement et de recherche expérimentation qu'une norme agro-environnementale des politiques agricoles elles-mêmes.

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

Articulation à faire avec l'indicateur 8 sur les contraintes productives et herbe incompressible – indicateurs complémentaires.

### Indicateurs associés

-



- Bibliographie :

AgroParisTech (Devienne S., Garambois N.), Idèle (Mischler P., Perrot C.), Réseau Agriculture Durable (Dieulot R., Falaise D.), 2016, Les exploitations d'élevage herbivore économes en intrants (ou autonomes) : quelles sont leurs caractéristiques ? comment accompagner leur développement ? Étude réalisée par AgroParisTech, Idèle et Réseau Agriculture Durable - Financement : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/81401?token=57adfbf567f64be1136de13802356baf>

Milieu naturel et qualité  
potentielle des sols

## Séquestration du carbone organique du sol

### Séquestration du carbone dans le sol

<b>N°13</b>	<b>Séquestration potentielle du carbone organique du sol</b>
<b>Variables utilisées</b>	Différence entre la <i>saturation du carbone du sol</i> et les <i>stocks de carbone présents</i> dans les sols
<b>Echelle</b>	90m
<b>Format</b>	Images, raster (grille de maille 90 x 90m).
<b>Sources données</b>	Chen et al. (2018) modélise la <u>saturation du carbone du sol</u> en France dans le « sol de surface » (0-30cm) et dans le sous-sol (30-50cm), puis calcule la <u>séquestration additionnelle potentielle</u> comme la différence entre la saturation COS et les stocks de carbone dans les sols.
<b>Sources Bibliographiques</b>	Chen et al., 2018

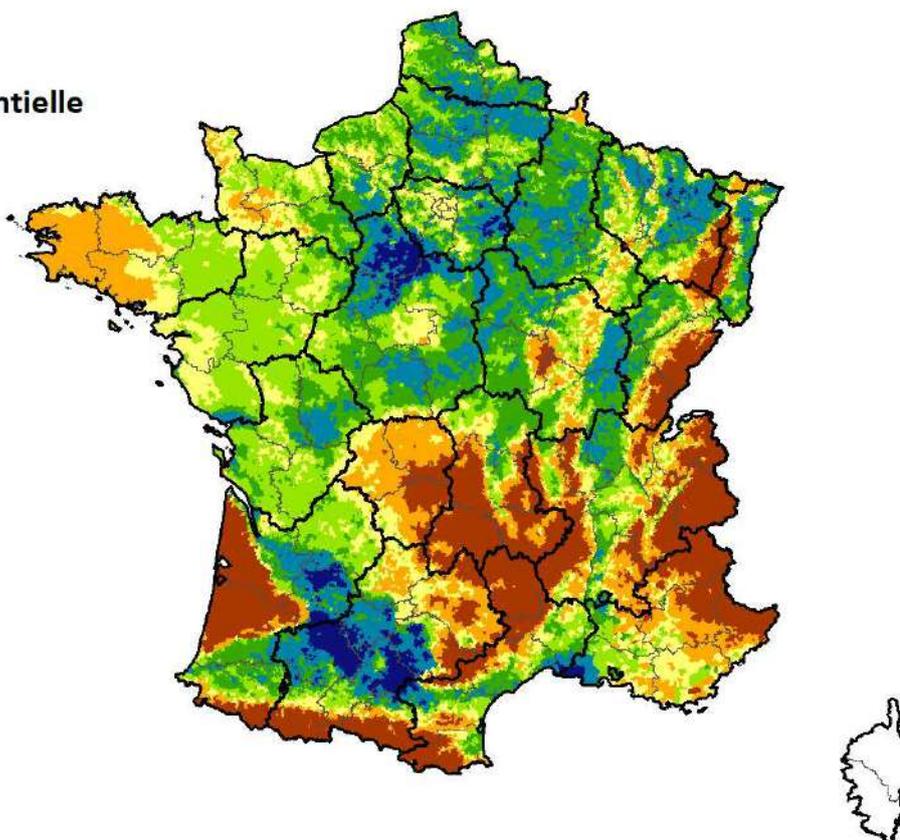
famille "Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles"

indicateur n°13

**Séquestration potentielle  
(additionnelle) du  
Carbone organique  
du sol**

par commune

Séquestration SOC  
(sol et sous-sol)  
kg/m<sup>2</sup>



Source : Inra, Chen et al. 2018.

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

- Carbone organique du sol.

La question des sols est de plus en plus structurante dans les politiques agroécologiques et climatiques. Il s'agit là de proposer un indicateur rendant compte d'un potentiel intrinsèque des sols permettant de raisonner la question de la dégradation et du potentiel agro-environnemental. Les travaux sur la séquestration du carbone par le sol sont de ce point de vue particulièrement intéressants en se basant avant tout sur les propriétés physiques des sols en lien avec le référentiel de l'étude.

Les sols stockent, sous forme de matières organiques, une grande quantité de carbone (deux à trois fois plus que l'atmosphère) : c'est le carbone organique du sol (COS). Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le principal gaz à effet de serre (GES). Ces matières organiques du sol constituent le réservoir de carbone organique le plus important, devant la biomasse des végétaux (ADEME, 2014).

Les sols peuvent ainsi compenser fortement les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) grâce à la conversion de ces émissions en COS (dans un processus de renouvellement long). Il est largement admis que le stock de carbone dans le sol peut atteindre une capacité de charge maximale : c'est le concept de « *saturation du carbone du sol* ». Ce seuil dépend de nombreux facteurs incluant les propriétés intrinsèques et dynamiques du sol et leurs interactions avec des facteurs abiotiques. Il est aussi défini dans la littérature comme la capacité maximum de stabilisation du carbone. La courbe de stabilisation du carbone du sol ne peut donc pas croître à l'infini, et lorsqu'un niveau de saturation de C est atteint, la séquestration du carbone cesse. Les sols arrêtent alors de se comporter comme des puits nets de carbone et sont susceptibles de devenir de sources nettes de carbone. Les sols qui n'ont pas atteint leur seuil de saturation représentent un grand potentiel pour

incorporer des apports de carbone en *promouvant une gestion qui protège les stocks de carbone existants et maximise la séquestration du carbone dans le sol* (FAO 2017).

- Le COS joue un rôle majeur dans le maintien des propriétés des sols, il est très sensible au mode de gestion des terres. L'identification de concentrations stratégiques de COS et une compréhension accrue de leur potentiel est nécessaire pour leur gestion de manière durable, dans l'idée d'atténuer le changement climatique (Cardinael, 2015).

Les systèmes et pratiques de gestion des terres qui favorisent la séquestration du COS devraient chercher à retenir le carbone dans le sol sur le long-terme. Le seuil de saturation du COS reste un concept théorique qui nécessite des informations spécifiques à un site donné, en ce qui concerne le contenu en COS additionnel qui puisse être séquestré et la manière d'y parvenir (FAO 2017).

La séquestration du carbone et une augmentation de la matière organique du sol auront un impact direct sur la qualité et la fertilité du sol. Il y aura aussi des effets positifs majeurs sur l'environnement et sur la résilience et la durabilité de l'agriculture.

La matière organique a des fonctions biologiques, physiques et chimiques essentielles dans les sols. La teneur en matière organique est généralement considérée comme l'un des principaux indicateurs de la qualité du sol, tant pour l'agriculture que pour les fonctions environnementales (FAO 2002)

Pour enrichir les sols agricoles en carbone, deux types d'actions sont identifiés : favoriser les pratiques qui accroissent le stock de matière organique et limiter celles qui augmentent les pertes. Pour accroître le retour au sol de matières organiques, il faut favoriser la couverture des sols nus par l'incorporation des cultures intermédiaires dans la rotation et par l'enherbement des interrangs des vignes et des vergers (ADEME, 2014).

Les choix réalisés sur l'exploitation agricole (usage des sols, techniques culturales mises en œuvre) peuvent modifier les stocks de carbone sur l'exploitation soit dans le sens d'un stockage accru (puits de carbone), soit dans le sens d'une réduction du stock (source de CO<sub>2</sub> pour l'atmosphère) (Pellerin et al., 2013)

L'initiative 4 pour mille vise à augmenter le stockage de carbone dans les sols de 0,4% par an à l'échelle mondiale, en limitant la déforestation et en appliquant des pratiques agro-écologiques : Éviter de laisser le sol à nu pour limiter les pertes de carbone ; restaurer les cultures, les pâturages et les forêts dégradées ; planter arbres et légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique dans le sol ; nourrir le sol de fumiers et de composts ; collecter l'eau au pied des plantes (Meersmans et al., 2016).

### Limites et enjeux de construction

Chen et al. (2018) modélisent la saturation du carbone du sol en France dans le « sol de surface » (0-30cm) et dans le sous-sol (30-50cm), puis calculent la séquestration additionnelle potentielle comme la différence entre la saturation COS et les stocks de carbone dans les sols. Ces derniers sont obtenus sur un échantillon non-biaisé de sites couvrant le territoire français.

Le résultat est cartographié en utilisant des techniques de Krigeage et un ensemble de covariables environnementales, sur une grille de résolution 90m. Les quantités cartographiées sont exprimées en kg par m<sup>2</sup>.

Les facteurs qui contrôlent le potentiel de séquestration du carbone du sol en surface et du sous-sol sont différents ; le sous-sol a un potentiel de séquestration plus grand. Le facteur principal qui contrôle le COS dans le sol de surface est l'utilisation du sol.

Nous proposons d'utiliser un indicateur qui somme les quantités en kg par m<sup>2</sup> des deux cartes « sol » et « sous-sol ».

### Lien aux politiques publiques

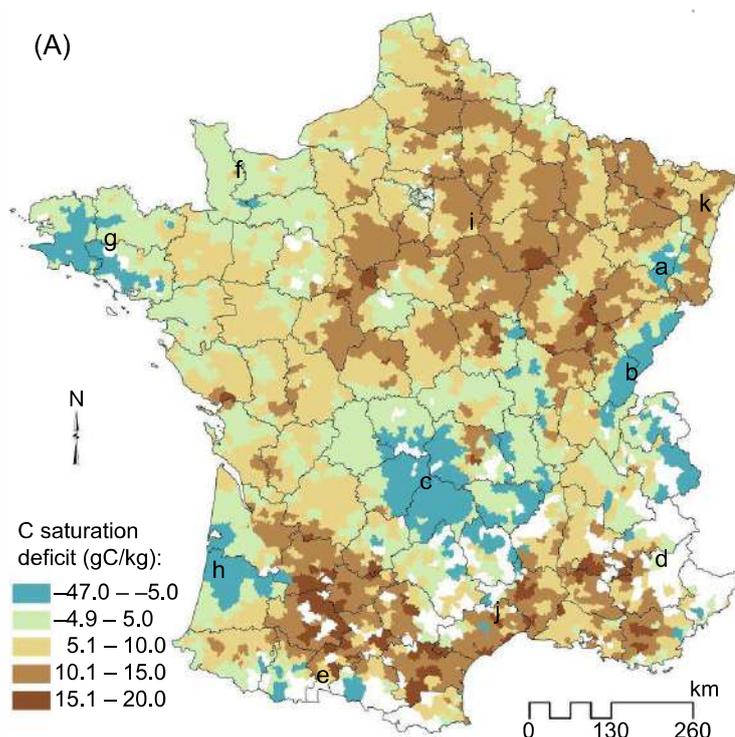
-Changement climatique, initiative 4 pour mille  
 -Directive européenne sur les sols et plus largement objectifs de séquestration de carbone des programmes FEADER – cf. Priorité P5  
 -Orientations de la politique pour la transition agro-écologique avec un accent sur les pratiques de préservation des sols.

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

-

### Indicateurs associés

Dans une visée opérationnelle, un indicateur de déficit de saturation de carbone qui rendrait compte de l'état du COS en lien avec les pratiques agricoles à l'œuvre, faisant ainsi apparaître les zones de sur-saturation liées à l'élevage et des zones de déficit prononcé liées à la spécialisation des systèmes culturaux (Angers et al. 2011)



#### • Bibliographie :

Chen S., Martin M. P., Saby N. P.A., Walter C., Angers D.A., Arrouays D., Fine resolution map of top- a, 20178, nd subsoil carbon sequestration potential in France. Science of the Total Environment 630 (2018) 389–400

#### **(Référence de l'indicateur)**

ADEME 2014. Carbone organique des sols : l'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat. Rapport Collectivités Territoriales et Mondes Agricole, Connaître et agir. ADEME ISBN: 978-2-358-38-447-6. [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/7886\\_sol-carbone-2p-bd.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/7886_sol-carbone-2p-bd.pdf)

Angers D.A., Arrouays D., Saby N.P.A., Walter C, 2011. Estimating and mapping the carbon saturation deficit of French agricultural topsoils.. *Soil Use and Management*, Wiley, 2011, 27 (4), pp.448-452. [10.1111/j.1475-2743.2011.00366.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00366.x). [hal-00729327](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00729327)

Cardinael R., 2015. Stockage de carbone et dynamique des matières organiques des sols en agroforesterie sous climat méditerranéen et tempéré. *Sciences agricoles*. Université Paris-Saclay, 2015. Français.

Meersmans J., Dominique Arrouays D., Van Rompaey A. J. J., Pagé C., De Baets S. ,Quine T. A. 2016. Future C loss in mid-latitude mineral soils: climate change exceeds land use mitigation potential in France. *Scientific Reports* 6. <http://www.nature.com/articles/srep35798>

FAO ,2017. Carbone Organique du Sol: une richesse invisible. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. <http://www.fao.org/3/b-i6937f.pdf>

FAO, 2002. La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport basé sur le travail de Michel Robert (INRA). Rapport sur les ressources en sols du monde, FAO. <http://www.fao.org/3/a-bl001f.pdf>

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p. <http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/237957-750cb-resource-etude-reduction-des-ges-en-agriculture-resume-8-p-.html>

## Caractéristiques du milieu et résilience aux activités et pressions agricoles

<p>Variables relevant des pressions N/Phy et caractéristiques du milieu physique</p>	<p><b>Caractéristiques du milieu et résilience aux activités agricoles</b></p>
	<p><b>Vulnérabilité du milieu aux transferts d'azote</b></p>

<p><b>N°14</b></p>	<p><b>Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines vis-à-vis des Nitrates</b></p>
<p><b>Variables utilisées</b></p>	<p>Carte de la <b>vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines</b> établie à partir de la <b>combinaison de 2 paramètres</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>l'épaisseur de la Zone Non Saturée (ZNS)</b>, zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre, déduite par soustraction entre la topographie et la cartographie des niveaux moyens des eaux souterraines des premières nappes rencontrées</li> <li>- <b>l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR)</b> qui permet de rendre compte indirectement de la capacité intrinsèque du sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de surface, déduit de l'écart constaté entre le <b>réseau hydrographique théorique</b> établi selon l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène (indice de développement <b>ID</b>) et le <b>réseau naturel</b> mis en place sous le contrôle d'un contexte géologique hétérogène (de persistance des réseaux <b>PR</b>).</li> </ul>
<p><b>Échelle de projection</b></p>	<p>Données initiales sur grilles : au pas de 100 m (ZNS) et au pas de 50 m (IDPR)</p>
<p><b>Format</b></p>	<p>Image Raster (au format « adf »)</p>
<p><b>Sources données</b></p>	<p>BRGM (IDPR 2007 et ZNS 2011)</p>
<p><b>Sources Bibliographiques</b></p>	<p>BRGM, 2007 BRGM, 2011 Allier et al., 2018.</p>

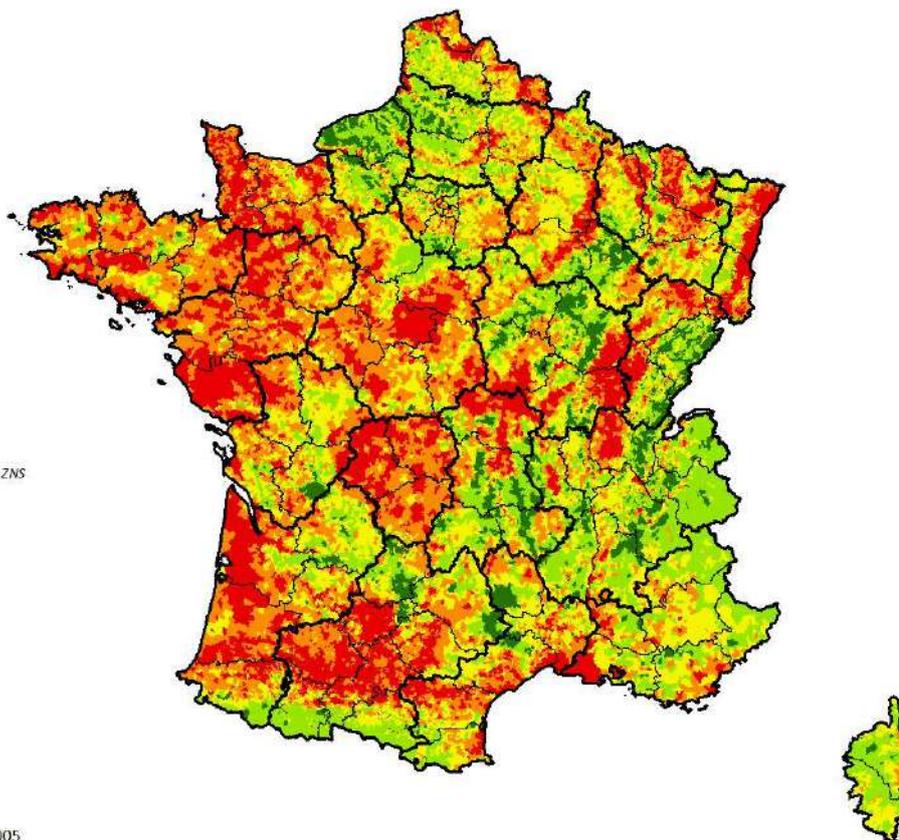
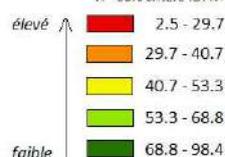
famille "Caractéristiques du milieu et résilience aux activités et pressions agricoles"

indicateur n°14

**Vunérabilité  
intrinsèque des  
eaux souterraines  
aux nitrates**  
par commune

Vunérabilité Nitrates

$VI = 50\% \text{ critère IDPR} + 50\% \text{ critère ZNS}$



Source : Brgm, Mardhel et Gravier, 2005

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

La carte de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines vis-à-vis des nitrates met en évidence la présence de nombreuses zones vulnérables notamment dans l'ouest et le sud-ouest. Cette vulnérabilité est notamment liée à :

- la faible épaisseur de la zone non saturée sur la plupart des territoires hormis les zones de montagne ;
- la forte capacité d'infiltration de certains territoires, en particulier les zones sédimentaires comme le bassin parisien.

**Attention**, cette carte est présentée ici dans le cadre de la démarche exploratoire mais présente de nombreuses limites (cf. ci-après).

### Intérêt de l'indicateur

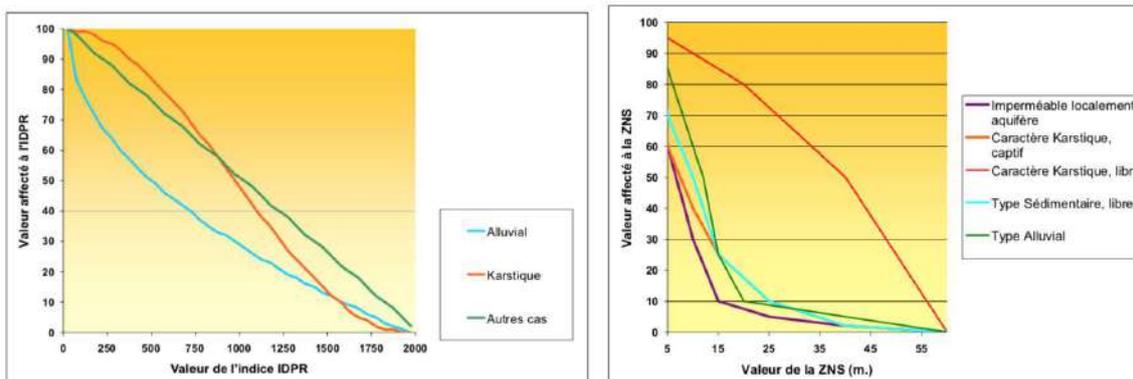
- **La vulnérabilité des eaux souterraines** représente la capacité de l'eau située en surface de rejoindre le milieu souterrain saturé en eau, la cible étant ainsi la première nappe d'eau souterraine rencontrée. La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que **le milieu physique** en relation avec la nappe d'eau souterraine **procure un degré plus ou moins élevé de protection vis-à-vis des pollutions suivant les caractéristiques de ce milieu**. La **vulnérabilité intrinsèque** est celle qui **dépend des caractéristiques du milieu naturel** qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution (la vulnérabilité spécifique prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque). Elle est donc **indépendante des pressions exercées par les activités agricoles** (contrairement à la carte des zones vulnérables produite dans le cadre de la directive nitrates) **et peut être considérée**

**comme globalement invariante dans le temps.** Elle est à ce titre-là plus pertinente à prendre en compte dans le cadre de l'étude sur « potentiel agro-écologique » des territoires.

- L'utilisation de l'IDPR permet **de simplifier et d'harmoniser l'analyse de la vulnérabilité des eaux souterraines à des échelles macro** comme les bassins hydrographique des Agences de l'eau ou le territoire métropolitain. Calculé de manière uniforme pour l'ensemble du territoire d'étude, il est indépendant de la densité des informations ponctuelles habituellement nécessaires à ce type d'analyse et donne **une vision homogène et cohérente à l'échelle de la France.**
- Détails méthodo sur l'IDPR :
  - L'idée qui sous-tend l'IDPR découle du fait que l'organisation du réseau hydrographique est dépendante des formations géologiques qui le supportent. Dans l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène, de perméabilité nulle, seule la pente et la morphologie des reliefs guident la mise en place des cours d'eau. La recherche des talwegs ou lignes de plus grande pente qui, par la gravité, rassemblent les eaux de ruissellement, doit donc conduire à la reproduction du réseau hydrographique. Or dans la réalité, ce réseau hydrographique théorique diffère du réseau naturel qu'on observe et cette différence traduit la complexité du milieu naturel. Les structures géologiques et la composition lithologique du sous-sol ont en effet une influence significative sur l'établissement des réseaux hydrographiques.
  - La nature des surfaces des bassins a un rôle primordial sur le comportement hydrologique de ceux-ci, notamment en fonction de la lithologie, de la pédologie et de la couverture végétale. Ces paramètres influencent grandement la perméabilité et la rugosité de la surface, qui conditionnent à leur tour la vitesse du ruissellement et le rapport de l'écoulement sur l'infiltration, appelé aussi coefficient d'écoulement.
  - La densité de drainage est donc un indicateur révélateur des propriétés des formations géologiques. Un bassin formé de matériaux très perméables aura en général une densité de drainage faible. A l'inverse, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes ou des argiles, va souvent présenter une densité de drainage élevée.
  - L'IDPR devient ainsi le moyen de quantifier ce rôle en comparant un réseau théorique établi selon l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène (indice de développement ID), au réseau naturel mis en place sous le contrôle d'un contexte géologique hétérogène (de persistance des réseaux PR). L'indice de développement et de persistance des réseaux présente une métrologie de l'écart constaté entre les deux réseaux.
  - L'IDPR permet de rendre compte indirectement de la capacité intrinsèque du sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de surface. Il se calcule en comparant le réseau hydrographique naturel au réseau de talwegs calculés.

### Limites et enjeux de construction

La combinaison de l'IDPR et de la ZNS à poids égal (50%/50%) pour calculer la vulnérabilité des eaux souterraines nécessite **une normalisation des données brutes pour obtenir des indices IDPR et ZNS** compris entre 0 et 100. Cette dernière ne s'appuie normalement pas sur des ventilations linéaires des variables mais varie selon la nature et le type d'écoulement des masses d'eau. Les informations nécessaires à ces ventilations ne nous ont pas été transmises. Nous avons à ce stade effectué une ventilation linéaire et le calcul des indices est de ce fait probablement erroné.



Valeurs normées des critères IDPR et ZNS selon la nature des masses d'eau et le type d'écoulement des masses d'eau.

Les données sont en outre **pas exploitables dans certaines zones avec des formations géologiques de socle ou de montagne** (Bretagne, Massif central) car la méthode appliquée pour le calcul de la ZNS n'est pas valide pour ces situations.

La vulnérabilité est attribuée aux premiers aquifères rencontrés, **celle des nappes plus profondes (>100m) ou bien captives n'est pas abordée.**

**L'échelle de résolution est le 1/100 000.** Les données de vulnérabilité peuvent être exploitées sur des cartes au 1/50 000, à la condition de rappeler que la précision des données est décimétrique (l'échelle de résolution est la combinaison des échelles produites par la carte géologique harmonisée au 1/50 000, celle des entités de BDRHFV1 (Référentiel Hydrogéologique Français) à l'échelle du 1/100 000. L'indice IDPR est de son côté, extrait de la BD Carthage, à l'échelle du 1/50 000 et du MNT BDAlti au pas de 50 m, donc de précision décimétrique. L'échelle la plus grande est celle retenue.

**La vulnérabilité des eaux superficielles n'est pas abordée** ici. Les travaux menés par l'INRA sur la base des modèles Nutting reposant sur une résolution statistique des équations de transfert (coefficients de transfert associés à des pressions et calibrés à partir d'un flux moyen à l'échelle nationale), ne permettent pas d'isoler simplement la vulnérabilité intrinsèque. Il serait éventuellement possible de repartir des données brutes utilisées dans ces analyses (pluie efficace, pente, ZH, forêt...) mais cela nécessiterait un travail spécifique poussé.

### Lien aux politiques publiques

Ces analyses ont par exemple servi au ministère de l'environnement pour définir des priorités pour la surveillance et le contrôle des Installations classées et sites dans le cadre de la lutte contre les pollutions ponctuelles ou aux Agences de l'eau pour définir la densité et la localisation optimales des points de surveillance, ainsi que les fréquences d'analyses à réaliser sur chaque point dans le cadre de la mise en place du réseau de surveillance de l'état des masses d'eau souterraine conformément à la DCE.

Les cartes de vulnérabilité utilisées dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne nitrates sont tout à fait différentes puisque qu'elles définissent des territoires les plus à risques à partir de l'observation des teneurs actuelles en nitrates des masses d'eau.

[Liens possibles superpositions avec autres indicateurs](#)

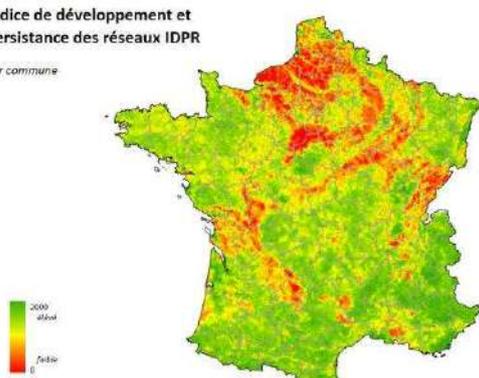
Cet indicateur est calculé à partir de 2 indicateurs basés eux-mêmes sur les données du Référentiel Hydrogéologique Français, du Modèle numérique de terrain (MNT) et de la BD Carthage qui sont également à la base des indicateurs 1 sur les linéaires de cours d'eau et 2 sur les pentes.

## Indicateurs associés

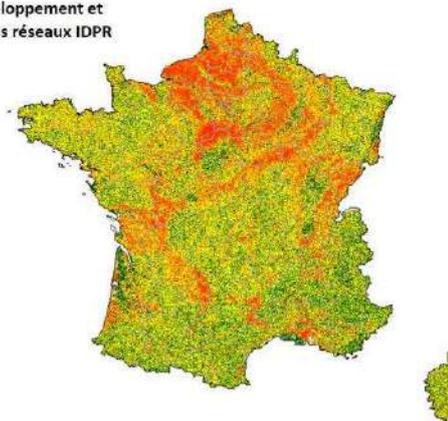
### IDPR : Indice de Développement et de Persistance des Réseaux

Indice de développement et  
persistance des réseaux IDPR

par commune

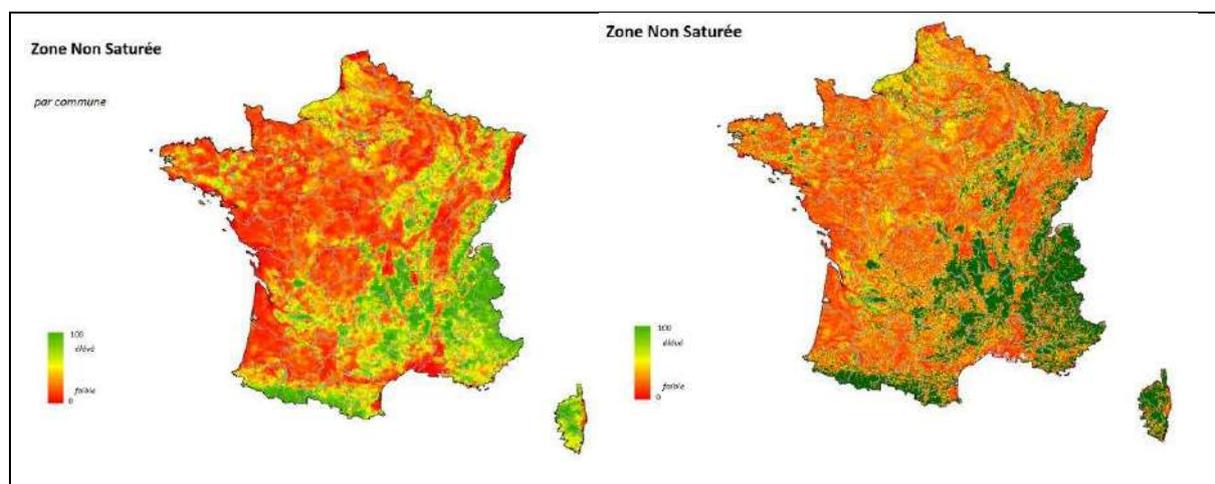


Indice de développement et  
persistance des réseaux IDPR



IDPR	Interprétation	
<1000	<b>Infiltration majoritaire Par rapport au Ruissellement superficiel</b>	Il y a non-conformité entre la disponibilité des axes de drainage liés aux talwegs et les axes hydrologiques observés. L'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint un axe de drainage défini par l'analyse des talwegs sans que celui-ci ne se concrétise par l'apparition d'un axe hydrologique naturel. Développement d'un réseau de talweg de densité supérieure à l'expression du réseau de drainage naturel.
=1000	<b>Infiltration et Ruissellement superficiel de même importance</b>	Il y a conformité entre la disponibilité des axes de drainage liés au talweg et les axes hydrologiques en place
>1000	<b>Ruissellement superficiel Par rapport à l'infiltration vers le milieu souterrain</b>	L'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint très rapidement un axe hydrologique naturel sans que la présence de celui-ci soit directement justifiée par un talweg. Le réseau de drainage naturel est de densité supérieure à celui du réseau des talwegs.
> 2000	<b>Majoritairement assimilable à des milieux humides</b>	Un IDPR supérieur ou égal à 2000 traduit une stagnation permanente ou transitoire des eaux, menant à deux interprétations différentes. Quand la ZNS est faible, par exemple au niveau des cours d'eau et des zones humides, l'eau ne s'infiltre pas car le terrain est saturé. Dans le cas d'une ZNS plus importante, le refus d'infiltration semble montrer une imperméabilité des terrains naturels. On pose l'hypothèse que des valeurs d'IDPR supérieures à 2000 sont majoritairement assimilables à des milieux humides <sup>10</sup> induisant la possibilité d'inondation par effet de barrière hydraulique.

### ZNS : épaisseur de la Zone Non Saturée



- Bibliographie :

BRGM, Les territoires favorables à l'infiltration des eaux dans Infoterre grâce à l'IDPR. 2011

<http://www.infoterre.fr/actualites/territoires-favorables-linfiltration-eaux-infoterre-grace-lidpr>

BRGM, Calcul de l'Indice de Développement et de Persistance de Réseaux, Note 2007

Mardhel V., Frantar P., Uhan J. and Miso A., 2004 – Index of development and persistence of the river networks as a component of regional groundwater vulnerability assessment in Slovenia. International conference on groundwater vulnerability assessment and mapping. Ustron, Poland, 15–18 June 2004., Poland 15 to 18 June 2004.

D. Allier, A. Brugeron, V. Mardhel (2018) - Cartographie préliminaire de l'épaisseur moyenne de la zone non saturée, à l'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> sur la France Métropolitaine. Rapport BRGM/RP-68354-FR

<p>Variables relevant des pressions N/Phy et caractéristiques du milieu physique</p>	<p><i>Caractéristiques du milieu et résilience aux activités agricoles</i></p>
	<p><i>Vulnérabilité du milieu aux transferts Pesticides</i></p>

<b>N°15</b>	<b><i>Vulnérabilité intrinsèque des eaux superficielles vis-à-vis des Pesticides</i></b>
<b>Variables utilisées</b>	<p>Carte de la vulnérabilité intrinsèque des eaux superficielles vis-à-vis des pesticides.</p> <p>Typologie construite à partir des 6 cartes de vulnérabilité selon 3 types de transferts (ruissellement, drainage et subsurface) et 2 « saisons » (nappe haute et nappe basse) issues du modèle Arpèges de l'IRSTEA</p>
<b>Echelle de projection</b>	bassins-versants de masse d'eau (BVME) (SANDRE, 2019)
<b>Format</b>	Données attributaires
<b>Sources données</b>	ARPEGES (Analyse de Risque Pesticides pour la Gestion des eaux de surfaces) IRSTEA
<b>Sources Bibliographiques</b>	<i>Gauroy et al. 2012</i> <i>Le Hénaff et al. 2017</i>

famille "Caractéristiques du milieu et résilience aux activités et pressions agricoles"

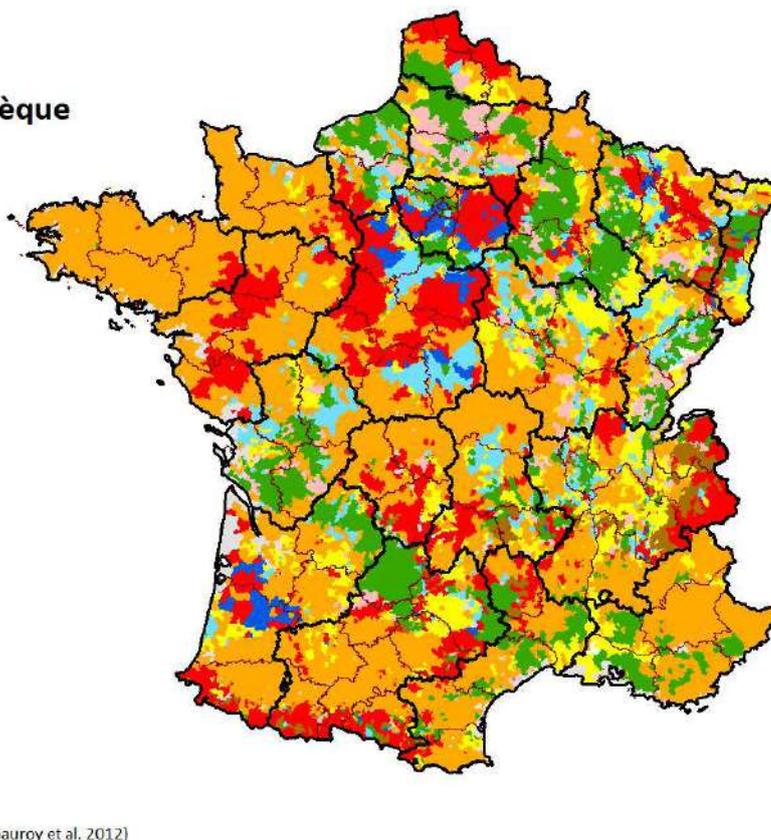
indicateur n°15

**Vulnérabilité intrinsèque  
aux transferts de  
pesticides**

par commune

classes de vulnérabilité

- Faible
- Multiple forte
- Multiple moyenne
- Ruissellement fort
- Ruissellement moyen
- Drainage fort
- Drainage moyen
- Subsurface moyen
- inconnu



Sources : Irstea, méthode Arpeges (Gauroy et al. 2012)

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

La carte montre une part importante de communes présentant une vulnérabilité forte au ruissellement. On note également quelques zones présentant des vulnérabilités fortes multiples dans différents secteurs géographiques et quelques zones présentant des vulnérabilités liées au drainage par exemple dans le bassin parisien. Les territoires présentant une faible vulnérabilité sont relativement peu nombreux.

### Intérêt de l'indicateur

L'indicateur représente ici la **vulnérabilité intrinsèque des masses d'eaux superficielles** vis-à-vis des pesticides.

La vulnérabilité d'un milieu est « sa propriété à être atteint par des substances polluantes » (CORPEN, 2003). La **vulnérabilité « intrinsèque » dépend des caractéristiques propres au milieu physique** qui déterminent la sensibilité du milieu à la pollution en fonction des processus hydrologiques dominants (par opposition à la vulnérabilité spécifique qui prend en compte les propriétés des polluants). Elle peut être considérée comme invariante dans le temps et indépendante de la nature des pesticides utilisés et des pratiques agricoles. Elle dépend des propriétés du sol (perméabilité, épaisseur, texture, sensibilité à la battance...), du climat (précipitations efficaces, saisonnalité...), de la topographie (pente, distance au cours d'eau) ou encore de la présence de dispositifs de drainage agricole.

La méthode ARPEGES (Analyse de Risque Pesticides pour la Gestion des eaux de surfaces) a été développée pour évaluer le risque de contamination globale par les pesticides des masses d'eau de surface. Elle présente l'intérêt d'offrir une méthode opérationnelle et homogène à l'échelle de l'ensemble du territoire métropolitain. Elle repose sur un **modèle d'évaluation experte du risque** (approche probabiliste) **reposant en entrée sur des données spatiales homogènes à l'échelle de la**

**France**<sup>5</sup>. Les connaissances sur les caractéristiques des milieux physiques, des aménagements hydrauliques, des zones tampons et des éléments du paysage sont ainsi croisées avec l'expertise pluridisciplinaire existante concernant les processus des transferts hydriques dominants susceptibles d'entraîner les molécules vers le milieu aquatique.

Cet indicateur présente ainsi plusieurs intérêts :

- il s'attache aux **caractéristiques « intrinsèques »** du milieu, indépendamment des pratiques agricoles en matière de pesticides, ce qui se rapproche bien de la logique de « profil agro-environnemental des territoires » recherchée dans cette étude exploratoire ;
- il **intègre de nombreuses variables unitaires pour produire un indicateur « complexe » unique** de vulnérabilité, grâce à une méthode intégrant à la fois des données multiples et une forte dimension d'expertise ;
- il s'appuie sur une méthode opérationnelle et homogène donnant **des résultats exploitables à l'échelle de la France** tandis que la plupart des études concernent des échelles locales et donnent des résultats qui ne peuvent en général pas être extrapolés.

## Limites et enjeux de construction

### Construction de l'indicateur :

La méthode ARPEGES est déclinée selon les trois grandes voies de transfert contribuant à la contamination des eaux de surface :

- Ruissellement : écoulements à la surface du sol
- Drainage agricole : infiltration puis transfert par les drains vers les eaux de surfaces
- Écoulements latéraux subsurfaciques : écoulements saturés qui peuvent advenir quand une couche de moindre perméabilité dans le sol limite la percolation de l'eau en profondeur, et conduit à des écoulements latéraux, suivant la pente de cette rupture de perméabilité.

Le potentiel de contamination est en outre décliné selon deux saisons afin de tenir compte du fonctionnement différencié des bassins versants selon les périodes, en lien avec la recharge des nappes, le niveau de remplissage de la réserve utile des sols et les caractéristiques des pluies :

- période de nappe basse (printemps-été-début d'automne)
- période de nappe haute (fin d'automne-hiver).

Ce modèle aboutit ainsi à 6 cartes sur lesquelles le risque prend 3 valeurs (faible, moyen ou fort) à l'échelle des bassins versants.

Une carte de synthèse a été produite pour intégrer ces 6 cartes et les rapporter à l'échelle de la commune. Suivant les conseils et indications de l'AFB/IRSTEA, les 3 types de transferts sont considérés pour les nappes hautes tandis qu'on ne considère que le transfert de ruissellement pour les nappes basses (soit 4 indicateurs à intégrer).

Les données sont tout d'abord **agrégées à l'échelle de la commune INSEE** selon les modalités suivantes :

- si une commune contient une seule classe de vulnérabilité (forte, moyenne, faible), cette classe est attribuée à la commune

<sup>5</sup> Le modèle intègre au final 14 variables spatiales et non spatiales concernant la vulnérabilité intrinsèque : Ratio Ruissellement/infiltration, Réserve utile, Drainage (pourcentage de la surface agricole qui est drainée), Hydromorphie (pourcentage de sols hydromorphes), battance (sensibilité à la formation d'une croûte de battance), Ripisylve 30 m (pourcentage de surface occupée par de la forêt dans une bande de 30m), Ripisylve 10 m (pourcentage de surface occupée par de la forêt dans une bande de 10m), bande enherbée (pourcentage de linéaire de cours d'eau qui porte un nom), Densité du réseau hydrographique, Zones climatiques, Cumul de pluies, Matière Organique (teneur en carbone organique du sol), Alea d'érosion. Ces variables sont agrégées à l'échelle des bassins versants locaux.

- dans le cas contraire, la part occupée par les différentes classes est analysée (en surface vs superficie totale de la commune) ainsi que l'Indice de Confiance (IC) associée à ces classes (échelle de l'IC : 0 – 1). Si une classe est dominante (> 60%), elle est attribuée à la commune, sauf si son IC est faible (<0.3). La seconde classe est alors attribuée, sauf encore si son IC n'est pas significativement meilleur. Si les parts sont comparables (60 – 40%), la classe présentant l'IC le plus élevé est choisie.

Une **typologie est ensuite proposée pour croiser les 4 types de vulnérabilité** (Ruissellement NH et NB, Drainage NH, Subsurface NH) **et les différents niveaux** (fort, moyen, faible).

- (1) les vulnérabilités ruissèlement nappe haute et nappe basse sont tout d'abord concaténées en une seul type « ruissèlement », en retenant le risque le plus élevé des 2 périodes.
- (2) Les 3 types restants sont ensuite concaténés de la manière suivante :
  - **Vulnérabilité multiple forte** : au moins 2 types de vulnérabilité forts
  - **Vulnérabilité multiple moyenne** : au moins 2 types de vulnérabilité moyens et les autres faibles ou inconnus
  - **Ruissèlement fort** : vulnérabilité ruissèlement forte et les autres types moyens ou faibles
  - **Drainage fort** : vulnérabilité drainage forte et les autres types moyens ou faibles
  - **Subsurface fort** : vulnérabilité subsurface forte et les autres types moyens ou faibles
  - **Ruissèlement moyen** : vulnérabilité ruissèlement moyenne et les autres types faibles
  - **Drainage moyen** : vulnérabilité drainage moyenne et les autres types faibles
  - **Faible** : tous les types de vulnérabilité faibles ou faibles et inconnus
  - **Inconnue** : tous les types de vulnérabilité inconnus
 (Voir tableau de *typologie* ci-dessous)

#### Limites :

La méthode a été élaborée pour l'échelle des masses d'eau mais elle utilise des données dont l'échelle est moins fine que la taille de la plupart des bassins versants. Des hypothèses fortes ont donc dû être posées pour certaines données. D'autre part, au-delà de la disponibilité des données, il n'est pas pertinent d'utiliser la méthode à des échelles encore plus fines car il faudrait alors intégrer des processus importants à l'échelle locale.

Cette méthode a été élaborée en prenant en compte les grands types d'écoulements par région, par l'intermédiaire d'une expertise nationale. Elle ne permet pas toujours de mettre en évidence des particularités locale.

La méthode présente par ailleurs des limites quant à la prise en compte des zones tampons ; ainsi elle ne tient pas compte des zones tampons situées dans les versants mais seulement de celles qui bordent le cours d'eau.

Des **cartes d'indices de confiance** sont associées aux cartes produites et seraient à prendre en compte dans l'interprétation fines des résultats.

La **vulnérabilité spécifique** aux phytosanitaires, tenant compte de la nature des molécules (temps de demi vie et adsorption) n'a pas été retenue ici.

La vulnérabilité aux pesticides des **eaux souterraines** n'est pas abordée ici (mais elle peut en partie se rapprocher de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux nitrates décrite dans l'indicateur N°13).

[Lien aux politiques publiques](#)

Ces cartes ont notamment été produites et utilisées pour :

- Caractériser les pressions et les incidences des activités humaines sur les eaux souterraines et superficielles dans le cadre de **l'application de la DCE** (directive cadre sur l'eau)
- contribuer à l'évaluation et la maîtrise des risques et des impacts dans le cadre de la mise en œuvre du **plan Ecophyto 2018**.

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

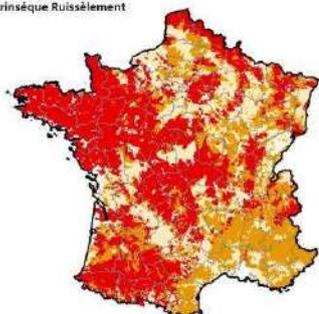
Liens possibles avec les indicateurs liés au sol (N°12 sur la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux nitrates...) et à la topographie (N° 2 sur les pentes, N°1 sur les lisières, ...)

### Indicateurs associés

#### Cartes des 3 types de vulnérabilités intrinsèques – Nappes hautes

Vulnérabilité intrinsèque Ruissèlement

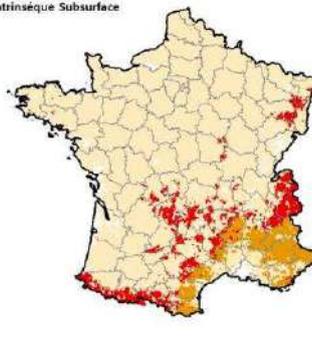
Nappe Haute



faible  
moyen  
fort

Vulnérabilité intrinsèque Subsurface

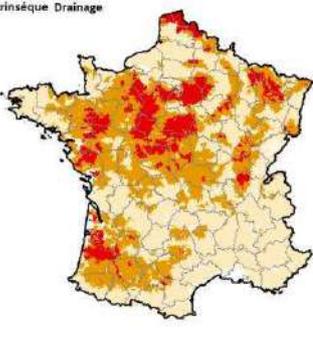
Nappe Haute



faible  
moyen  
fort

Vulnérabilité intrinsèque Drainage

Nappe Haute



faible  
moyen  
fort

- Typologie des risques de « vulnérabilité intrinsèque pesticides » pour la mise à l'échelle communale et dénombrement des cas rencontrés.

Nappes Hautes			Nappes Basses	Vulnérabilité globale retenue	Nb communes concernées	
Ruissellement	Drainage	Subsurface	Ruissellement			
Forte	Forte	Forte	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	0	0
Forte	Faible	Forte	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	305	1851
Forte	Forte	Faible	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	1546	
Forte	Moyenne	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	4859	6790
Forte	Forte	Faible	Moyenne	Vulnérabilité Multiple Forte	1041	
Forte	Faible	Forte	Moyenne	Vulnérabilité Multiple Forte	626	
Moyenne	Faible	Forte	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	132	
Moyenne	Forte	Faible	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	132	
Forte	Moyenne	Faible	Moyenne	Ruissèlement Fort	2051	4607
Moyenne	Forte	Faible	Moyenne	Drainage Fort	193	
Moyenne	Moyenne	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	297	
Moyenne	Faible	Forte	Moyenne	Subsurface Fort	612	
Moyenne	Faible	Moyenne	Forte	Ruissèlement Fort	1454	
Forte	Faible	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	2101	2645
Forte	Forte	Faible	Faible	Vulnérabilité Multiple Forte	374	
Forte	Faible	Forte	Faible	Vulnérabilité Multiple Forte	2	
Faible	Faible	Forte	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	54	
Faible	Forte	Faible	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	92	
inconnue	Faible	Forte	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	20	
inconnue	Forte	Faible	Forte	Vulnérabilité Multiple Forte	2	
Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne	Vul. Multiple Moyenne	774	3990
Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Vul. Multiple Moyenne	15	
Forte	Moyenne	Faible	Faible	Ruissèlement Fort	775	789
Forte	Faible	Faible	Moyenne	Ruissèlement Fort	1775	
Moyenne	Forte	Faible	Faible	Drainage Fort	182	
Moyenne	Faible	Forte	Faible	Subsurface Fort	2	
Moyenne	Faible	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	720	
Moyenne	Faible	inconnue	Forte	Ruissèlement Fort	16	
Faible	Moyenne	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	211	
inconnue	Faible	Forte	Moyenne	Subsurface Fort	41	
Faible	Moyenne	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	211	
inconnue	Moyenne	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	2	
Faible	Moyenne	Faible	Moyenne	Vul. Multiple Moyenne	490	3641
Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Vul. Multiple Moyenne	1114	
Moyenne	Faible	Moyenne	Faible	Vul. Multiple Moyenne	1	
Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Vul. Multiple Moyenne	1835	
inconnue	Moyenne	Faible	Moyenne	Vul. Multiple Moyenne	21	
Forte	Faible	Faible	Faible	Ruissèlement Fort	719	1379
Faible	Forte	Faible	Faible	Drainage Fort	432	
Faible	Faible	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	20	
inconnue	Faible	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	19	
inconnue	Faible	Forte	Faible	Subsurface Fort	3	
Faible	Faible	Faible	Forte	Ruissèlement Fort	185	
Faible	Faible	inconnue	Forte	Ruissèlement Fort	1	
Moyenne	Faible	Faible	Faible	Ruissèlement Moyen	1952	4485
Faible	Moyenne	Faible	Faible	Drainage Moyen	1418	
Faible	Faible	Faible	Moyenne	Ruissèlement Moyen	1098	
inconnue	Moyenne	Faible	Faible	Drainage Moyen	7	
Faible	Faible	inconnue	Moyenne	Ruissèlement Moyen	1	
inconnue	Faible	Faible	Moyenne	Ruissèlement Moyen	9	
Faible	Faible	inconnue	Faible	Faible	1	6465
inconnue	Faible	Faible	Faible	Faible	29	
Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	5627	
inconnue	inconnue	inconnue	inconnue	inconnue	808	808

- Bibliographie :

C. Gauroy, N. Bougon, N. Carluier, V. Gouy, G. Le Hénaff, J. Piffady et T. Tormos. 2014. Évaluation des risques de contamination des masses d'eau de surface par les produits phytosanitaires en France : la méthode Arpeges TSM 2014 ; 12 : 61–78

Le Hénaff, G., N. Carluier, V. Gouy, C. Malavaud, T. Tormos and J. Piffady Rapports : (2017). Document d'interprétation d'ARPEGES : relations entre vulnérabilités intrinsèques et conditions pédoclimatiques, Irstea-AFB: 44

Gauroy C., Bougon N., Carluier N., Gouy V., Le Hénaff G., Piffady J. et Tormos T. 2012. Évaluation des risques de contamination des masses d'eau de surface par les produits phytosanitaires à l'échelle de la France : la méthode ARPEGES. Guide et Protocoles Onema. Rapport version 2. 103p.

SANDRE, 2019, *Référentiel masses d'eau, Système d'Information sur l'Eau*. AFB, GIGE, ADD, BRGM, IFREMER, OIEAU. Edité par le Ministère chargé de l'environnement, version 1.4, <http://www.sandre.eaufrance.fr/notice-doc/r%C3%A9f%C3%A9rentiel-des-masses-deau>

<p>Variables relevant des pressions N/Phy et caractéristiques du milieu physique</p>	<p><i>Caractéristiques du milieu et résilience aux activités agricoles</i></p> <p><i>Pression parasitaire : pesticides</i></p>
--	--

<b>N°16</b>	<b>Natural Pest Control Potential index</b>
<b>Variables utilisées</b>	<p>Carte des potentiels des organismes auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs. Cartographie produite par un modèle (pan-européen, spatialement explicite) de régulation biologique des ravageurs pour cartographier et évaluer le potentiel pour la lutte contre ces parasites/nuisibles de manière naturelles (« ennemis naturels », lutte soutenable/durable). Modélisation globale basée sur Corine LC (pour la présence d’habitats semi naturels / éléments paysagers).</p>
<b>Echelle de projection</b>	100x100m
<b>Format</b>	Image Raster
<b>Sources données</b>	Rega et al., 2018
<b>Sources Bibliographiques</b>	<p>Rega et al., 2018  <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.075">https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.075</a></p>

famille "Caractéristiques du milieu et résilience aux activités et pressions agricoles"

indicateur n°16

**Potentiel organismes  
auxiliaires  
ennemis naturels des  
ravageurs**

par commune

indice "Natural Pest Control"

potentiel pour la lutte biologique

faible

0 - 3

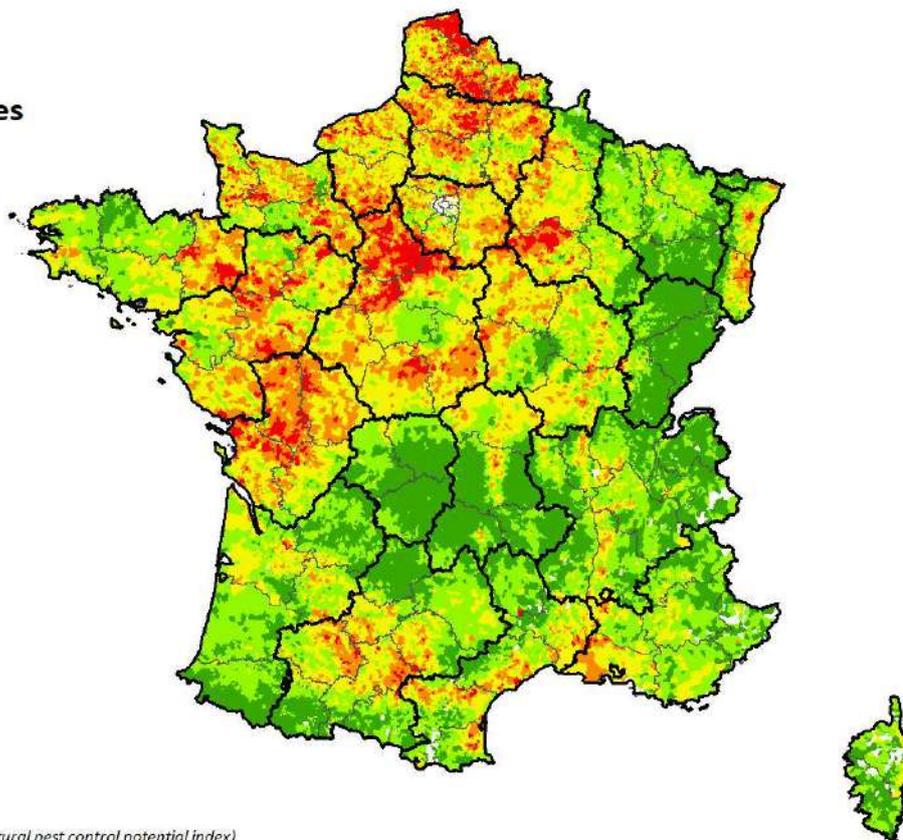
3 - 8

8 - 19

19 - 38

élevé

38 - 75



Source : EC-JRC, Rega et al. 2018 (Natural pest control potential index)

Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (Mai 2019)

### Intérêt de l'indicateur

L'objectif de cet indicateur est de rendre compte du lien entre l'état des structures paysagères et la résilience des territoires agricoles aux pressions parasitaires. Il montre l'importance des structures paysagères et agro-écologiques (zones tampon, éléments topographiques, mosaïques de parcelles ...) pour favoriser les régulations naturelles et limiter les pressions parasitaires.

- Un organisme est qualifié de ravageur lorsque son action provoque des dommages aux plantes cultivées par l'homme et par conséquent lui impose une perte économique. Pour contrer cette action négative sur les plantes, la protection des plantes se base largement sur l'utilisation des produits chimiques, ce qui augmente les coûts de production et les pollutions environnementales et impacte ainsi négativement la biodiversité. Cette utilisation de produits chimiques présente un risque avéré pour la santé humaine par la présence de résidus dans la nourriture et l'eau et le risque d'intoxication des agriculteurs et autres personnes en contact avec ces pesticides.

La protection intégrée des cultures (qui associe plusieurs formes de lutttes, en mettant l'accent sur la lutte biologique), dans un contexte de préoccupations croissantes face aux problèmes engendrés par l'application répétitives de pesticides, est de plus en plus mise en avant par les pouvoirs publics, la recherche et les professionnels. L'idée est de réduire l'utilisation des pesticides par l'emploi de méthodes de lutttes alternatives, parmi lesquelles la lutte biologique. Il s'agit d'un ensemble de méthodes utilisant des organismes auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs, pour combattre les ravageurs des cultures en contrôlant ces populations. Parmi ces méthodes, on distingue 3 grandes familles :

- *L'introduction d'auxiliaires dans le milieu et leur acclimatation pour un renouvellement des populations*
- *L'apport répété de grandes quantités d'auxiliaires lors d'attaques de ravageurs*
- *La lutte biologique par conservation, qui vise à maintenir les conditions nécessaires au développement des populations d'auxiliaires. C'est cette forme qui nous intéresse particulièrement ici.*

La lutte biologique contre les ravageurs grâce à ces auxiliaires (ennemis naturels) constitue donc un des piliers de l'agro écologie. Elle se base en particulier sur la valorisation des services écosystémiques dit de régulation des ravageurs (adventices, parasites, etc.), dont le niveau de fourniture a pour déterminants clés la présence d'habitat semi-naturel et l'hétérogénéité des paysages (Thérond, Tibi et Tichit (coord.), 2017).

• *Où peut-on trouver ces ennemis naturels ?*

D'après Puech et al. (2013), « à l'échelle du paysage, la nature et l'organisation des différents éléments du paysage environnant les cultures peuvent affecter les communautés d'auxiliaires. Des surfaces importantes en éléments semi-naturels (bois, haies, prairies permanentes) favorisent particulièrement leur présence et leur diversité car ils fournissent soit des habitats indispensables à leur développement, soit des zones de refuge ». De même, d'après Étilé (2012), « les monocultures sont des environnements dans lesquels il est difficile d'établir une répression biologique efficace (parce que les ressources qu'ils offrent sont insuffisantes pour assurer que les populations d'ennemis naturels performant de façon optimale). En revanche les habitats semi-naturels, comme les forêts, les haies, les bordures de champs, les terres en jachère et les prés contiennent de nombreuses espèces d'arthropodes bénéfiques, puisqu'ils fournissent un environnement plus stable que les monocultures. »

• *Vers une cartographie des potentiels des organismes auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs.*

▪ Rega et al., 2018, ont développé un modèle de régulation biologique des ravageurs pour cartographier et évaluer le potentiel de la mobilisation des régulations naturelles pour la lutte contre ces parasites/nuisibles. C'est un modèle pan-européen, spatialement explicite.

Le modèle évalue la contribution des habitats semi-naturels aux besoins des prédateurs aériens des ravageurs cibles. Il considère la composition du paysage en termes de type d'habitats semi-naturels, d'abondance, de configuration spatiale et de distance aux parcelles/champs.

La carte résultante constitue une carte « du potentiel » de présence de ces ennemis naturels. C'est un indice de potentialité : un potentiel élevé représente donc, pour la régulation naturelle, des conditions nécessaires, mais pas suffisantes. L'expression effective de ce potentiel dépend d'un côté de la présence ou non de pratiques néfastes aux populations d'auxiliaires, et d'un autre la demande effective de régulation, qui dépend de la couverture du sol et de la substitution par l'agriculteur de pesticides au profit des régulations naturelles (c'est-à-dire une utilisation préventive et systématique de pesticides, qui fait qu'au final les régulations naturelles ne sont pas mobilisées en tant que telle).

Développé sur l'ensemble du territoire européen, cette carte ambitionne de fournir un support pour l'établissement et la formulation de politiques et de stratégies de maintien ou d'amélioration de la biodiversité et des services écosystémiques (notamment pour les problèmes d'antagonisme/compromis entre différents services écosystémiques). Les auteurs notent qu'« en couplant la carte de régulation biologique des ravageurs avec celle de la distribution des cultures ayant besoin d'auxiliaires, les zones qui souffrent de sous-fourniture de ce service peuvent être identifiées pour renforcer les mesures politiques en leur faveur ».

▪ Rega et al., 2018, classe les habitats semi-naturels (HSN) en 4 catégories, d'abord selon le type de végétation prédominante : boisée ou herbacée, puis selon leur forme : surfacique ou linéaire. A chaque

catégorie est assigné un score selon son potentiel à accueillir les « ennemis naturels » (en résumant grossièrement : score issue d'études de terrain).

Le travail est effectué sur une grille de maille 100mx100m. Un score est calculé sur chaque cellule grâce à une formule prenant en compte la présence et l'abondance des différents types de HSN dans la cellule (somme des contributions de chaque type de HSN présent dans la cellule), ainsi que les mêmes présences et abondances dans les cellules voisines (seuil : < 500m) (Contributions de chaque type de HSN présent dans les cellules voisines sous la forme d'une somme pondérée par la distance entre cellules)

Le défi majeur pour construire ce modèle/calculer cet indice réside dans la disponibilité de données (d'entrées), notamment avec les 2 contraintes : disponibilité et homogénéité sur l'ensemble du territoire de l'U.E. et résolution (grain) assez fine.

Les auteurs de cette étude nous autorisent à utiliser leur carte. De plus, ils sont prêts à appliquer leur modèle sur la France avec des données d'entrées sur les HSN plus fines que celles utilisées originellement sur l'U.E. Le modèle a été en effet construit pour être facilement adapté à l'utilisation de nouvelles informations en entrée (mise à jour temporelle, échelle plus fine, etc.).

Les auteurs nous fournissent ainsi un support scientifique et technique pour produire une cartographie du potentiel en organismes auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs, à une échelle fine sur le territoire français, utilisable dans le cadre de l'étude ZAME (*Cependant, faute de temps, ce travail de mise en échelle « française » n'a pas pu être effectué.*)

### Limites et enjeux de construction

Cet indicateur est très pertinent dans l'absolu mais pas tout à fait homogène avec l'approche globale retenue dans la mesure où il définit un « potentiel effectif » sur la base de l'état actuel des structures paysagères, plutôt qu'un potentiel intrinsèque intégrant plus ou moins fortement des variables physiques relatives aux caractéristiques du milieu lui-même.

Dans EFESE-EA, les indicateurs sur régulations naturelles se sont basés plus sur des aspects agricole-agricoles (séquences de culture pour les adventices ; présence de certaines cultures dans une zone tampon autour des parcelles RPG pour un puceron du blé. Au départ, il avait été envisagé de regarder la présence d'élément semi-naturel autour des parcelles, mais faute de bon paramétrage et modélisation, cette dimension n'a pas été prise en compte.

A voir le croisement entre cette dimension et la dimension paysagère, et les complémentarités.

A noter l'article de Hass et al. (2018) « *Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe* » qui met en avant l'importance primordiale du paysage sur d'autres facteurs (pour d'autres services écosystémiques, mais sûrement des liens avec la question de la présence d'auxiliaires).

### Lien aux politiques publiques

PAC et surfaces d'intérêt écologique ; définition des Bonnes conditions agricoles et environnementales – exemple de la BCAE 7 ...

### Liens possibles superpositions avec autres indicateurs

indicateur 4 « % de formations ligneuses dans la surface RPG » (avec utilisation de la BD Topo® de l'IGN)

<b>Indicateur associé</b>
-

- Bibliographie :

Rega C, Bartual A.M, Bocci G, Sutter L, Albrecht M, Moonen AC, Jeanneret h, van der Werf W, Pfister S.C, Holland J.M, Paracchini M.L., 2018. A pan-European model of landscape potential to support natural pest control services. Ecological Indicators Volume 90, July 2018, pp. 653-664  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.075>

**(Référence de l'indicateur)**

Étilé E., 2012, Pratiques agricoles favorisant la répression des ravageurs des cultures par leurs prédateurs naturels, PhD Agriculture et Agroalimentaire Canada (Revue de littérature présentée à), Contrat 01B46-2011-0257.

Firlej A. et Vanoosthuysse F., 2001, « La lutte intégrée et l'exemple de la punaise translucide : Un auxiliaire prometteur pour la pomiculture au Québec », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. Volume 2 Numéro 2 | octobre 2001

Puech, C., Baudry, J., Aviron, S., 2013. Effet des pratiques biologiques et conventionnelles sur les communautés d'insectes auxiliaires dans les paysages agricoles. Innovations Agronomiques 32, pp. 401-412.

Hass, Annika L.; Kormann, Urs G.; Tschardtke, Teja; Clough, Yann; Bosem Baillod, Alette; Sirami, Clélia; et al. (2018): Supplementary material from "Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe". The Royal Society Collection. <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.c.3994269>

Rusch A., R. Chaplin-Kramer, M.M. Gardiner, V. Hawro, J. Holland, D. Landis, R. Bommarco, 2016, Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: a quantitative synthesis

Agric. Ecosyst. Environ., 221, pp. 198-204

Thérond, O., Tichit, M., Tibi, A. (coordinateurs), 2017. Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFSE. Rapport d'étude, Inra (France) 990 pages.