

Pierre Cantelaube, Dikran Zakeossian, Sarah Muhlberger,
Thomas Poméon

- **Construction d'un Zonage agricole multi-enjeux (ZAME) : vers des politiques agro-environnementales plus cohérentes et mieux ciblées ?**

NESE no 51, Décembre 2023, pp. 31-58

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE

SERVICE DE LA STATISTIQUE ET DE LA PROSPECTIVE

Présentation

Notes et études socio-économiques est une revue du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, publiée par son Centre d'Études et de Prospective. Cette revue technique à comité de rédaction se donne pour double objectif de valoriser des travaux conduits en interne ou des études commanditées par le ministère, mais également de participer au débat d'idées en relayant des contributions d'experts extérieurs. Veillant à la rigueur des analyses et du traitement des données, elle s'adresse à un lectorat à la recherche d'éclairages complets et solides sur des sujets bien délimités. D'une périodicité de deux numéros par an, la revue existe en version papier et en version électronique.

Les articles et propos présentés dans cette revue n'engagent que leurs auteurs.

Directeur de la publication :

Vincent Marcus, MASA-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Rédacteur en chef :

Bruno Hérault, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Comité de rédaction :

François Chevalier, MASA-SG-SSP-SDSAFA, Sous-directeur de la SDSAFA

Julia Gassie, MASA-SG-SSP-CEP, Cheffe du bureau de la veille

Bruno Hérault, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du Centre d'études et de prospective

Mickaël Hugonnet, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du bureau de l'évaluation et de l'analyse économique

Vincent Marcus, MASA-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Miguel Rivière, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du bureau de la prospective et de la stratégie

Isabelle Robert-Bobée, MASA-SG-SSP-SDSSR, Sous-directrice de la SDSSR

Composition : SSP

Impression : AIN - Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Dépôt légal : à parution

ISSN : 2104-5771 (imprimé)

ISSN : 2259-4841 (en ligne)

Renseignements et diffusion : voir page 4 de couverture

Construction d'un Zonage agricole multi-enjeux (ZAME) : vers des politiques agro-environnementales plus cohérentes et mieux ciblées ?

Pierre Cantelaube¹, Dikran Zakeossian^{2,22}, Sarah Muhlberger², Thomas Poméon¹

Résumé

L'intégration croissante des enjeux agroenvironnementaux dans les politiques publiques a conduit à un empilement d'instruments et dispositifs politiques. La question de leurs interactions et du renforcement de leur cohérence se pose aujourd'hui. Elle suscite en particulier des réflexions sur les zonages agricoles, révélateurs des équilibres et déséquilibres entre agriculture et territoires, mais aussi outils d'orientation et de pilotage des politiques agricoles et environnementales. Dans ce contexte, le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire a commandé une étude³ exploratoire sur les possibilités de construire un Zonage agricole multi-enjeux (ZAME), *via* la détermination d'agro-éco-zones homogènes. Cet article présente les principaux résultats de cette étude, en mettant l'accent sur la méthode employée pour révéler le « potentiel agro-environnemental » des territoires et construire les indicateurs idoines. Les techniques statistiques utilisées (classification mathématique) sont également décrites et le zonage finalement obtenu est présenté⁴.

Mots clés

Zonage, agroenvironnement, classification statistique, territoire, cohérence des politiques publiques, instruments.

Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. Il n'engage que ses auteurs.

1. INRAE U.S. Observatoire du développement rural, Centre Occitanie-Toulouse, 31320 Auzeville-Tolosane.

2. Bureau d'études EPICES, 46 rue Bichat, 75010 Paris.

3. Zakeossian D., Cantelaube P., Poméon T., Muhlberger S., 2021, *Étude exploratoire pour la définition de zonages agricoles multi-enjeux*, rapport pour le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire : <https://agriculture.gouv.fr/etude-exploratoire-pour-la-definition-de-zonages-agricoles-multi-enjeux>

4. Les auteurs remercient vivement les membres du comité de pilotage de l'étude, particulièrement Pauline Buchheit (membre de la Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises, au moment de la première rédaction de cet article) et Mickaël Hugonnet (Centre d'études et de prospective) du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, ainsi que les experts ayant participé aux réflexions sur l'approche globale et les indicateurs mobilisés.

Introduction

Les politiques agricoles prennent de plus en plus en considération la transition agro-environnementale. Cette tendance de fond touche aussi bien la Politique agricole commune (PAC) que les politiques nationales françaises, avec entre autres une attention portée à l'agro-écologie. Il en résulte un nombre croissant d'exigences et de normes agro-environnementales cherchant à favoriser la transition, dans un grand nombre de domaines : eau, biodiversité, énergie, climat, air, etc. Ces normes sont le plus souvent rattachées à des problématiques spécifiques, venant corriger des pressions anthropiques ou sanctuariser des ressources et patrimoines dits « exceptionnels ». Elles donnent lieu à un empilement plus ou moins cohérent et intelligible de zonages. Ces derniers sont des outils de caractérisation des équilibres ou déséquilibres agro-environnementaux (par exemple dans le cadre de la directive nitrates), mais aussi des instruments d'orientation des politiques publiques, à l'image des projets agro-environnementaux et climatiques (PAEC). Du fait de cet empilement de zonages, les politiques environnementales sont souvent peu coordonnées dans leurs mises en œuvre et dans leurs effets, et parfois contradictoires, tant à l'échelle des territoires que des exploitations agricoles. Pour renforcer la cohérence des politiques de soutien à la transition agro-écologique, il semblait donc utile de réfléchir à l'élaboration d'un zonage multi-enjeux, permettant une approche plus intégrée et globale des questions agro-environnementales.

Cet article présente les principaux résultats d'une étude, exploratoire d'un point de vue technique comme stratégique, commandée par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA), visant à élaborer un tel zonage. Plus spécifiquement, ce Zonage agricole multi-enjeux (ZAME) doit faciliter l'identification des territoires cumulant le plus de difficultés agro-environnementales, et éviter les écueils liés à un empilement de zonages porteurs d'incitations distinctes voire contradictoires. Il s'agit également de proposer des territoires d'action et de projets cohérents pour les principales problématiques qui lient aujourd'hui agriculture et environnement.

La première partie de cet article présente la notion de « potentiel agro-environnemental des territoires », centrale pour l'étude. La suivante recense les indicateurs utilisés pour la construction du zonage et la troisième décrit la méthode employée pour procéder au partitionnement. Enfin, la quatrième partie montre une des utilisations possibles du zonage, à savoir l'analyse des décalages entre l'état agro-environnemental actuel des territoires et leur potentiel.

1. Comment aborder la question d'un zonage agricole multi-enjeux ?

L'objectif central de l'étude était de construire un zonage des territoires agricoles qui rende compte de leur potentiel agro-environnemental intrinsèque, c'est-à-dire de la façon dont les caractéristiques naturelles des territoires conditionnent leur profil agro-environnemental et leur capacité à accueillir des systèmes agro-écologiques. Cette partie présente quelques éléments de bibliographie et la façon dont la notion de « potentiel intrinsèque agro-environnemental » a été considérée dans le cadre de cette étude.

1.1. Zonages agricoles et agro-écologiques

De nombreuses études ont été réalisées sur les zonages agro-écologiques. En 1976, le Cadre pour l'évaluation des terres (FAO, 1976) a proposé une approche conceptuelle et une orientation méthodologique pour l'évaluation du potentiel des terres agricoles, dont l'un des premiers exercices d'application a été le projet de construction de Zones agro-écologiques (AEZ) (FAO, 1978). La méthode utilisée caractérise les terres agricoles au travers d'informations quantifiées sur le climat, les sols et d'autres facteurs physiques. Ces paramètres sont utilisés pour prédire la productivité potentielle de différentes cultures, en fonction de leurs exigences écologiques et de leurs modalités spécifiques de gestion. Les AEZ sont alors définies comme des zones agro-écologiques possédant des caractéristiques homogènes de climat, de sols et de potentialité physique de production agricole (« potentiel productif »). Fournissant un cadre de travail largement utilisé (Fischer *et al.*, 2002), les AEZ représentent donc les contraintes environnementales et les potentiels de systèmes agricoles durables dans une zone donnée. Cette approche ressemble en partie aux axes de travail de la présente étude. Elle s'en distingue néanmoins car les AEZ caractérisent avant tout un potentiel productif des territoires et leur finalité est davantage tournée vers la sécurité alimentaire et la planification du développement que vers la transition agro-écologique.

Dans la perspective de l'élaboration d'un zonage agricole multi-enjeux, le cas des Petites régions agricoles (PRA) est particulièrement intéressant et illustratif. Le découpage du territoire en PRA, engagé dès 1946, avait un double intérêt statistique et pratique au regard des politiques publiques. La construction de ces PRA a initialement reposé sur la prise en compte des rotations culturales et des affleurements géologiques, l'hypothèse étant que la géologie déterminait les rotations. Petit à petit, cette approche a été questionnée et enrichie, en faisant valoir l'importance d'autres facteurs naturels, structurels ou économiques, susceptibles d'expliquer les pratiques agricoles. Louaut (1982) montre ainsi que la prééminence du terroir physique est progressivement remise en question, d'autant que les processus de spécialisation agricole, liés aux politiques agricoles et à la libéralisation des marchés, ont beaucoup fait évoluer les liens entre régions agricoles effectives et terroirs originels. Richard-Schott (2009) analyse la pertinence et la validité spatiale de ces régions agricoles, d'un point de vue statistique, et plaide pour leur réactualisation permanente. Mantran et Angeon (2017) s'intéressent eux à la refonte des PRA, dans le cas particulier des Outre-mer, et ils proposent une approche plus adaptée aux enjeux actuels, caractérisés par la diversification des systèmes de production, en particulier antillais.

L'exemple des zones défavorisées recevant l'Indemnité compensatrice de handicap naturel (ICHN) est également intéressant. Ce zonage a fait l'objet d'une réflexion approfondie en vue de sa refonte (Le Barth *et al.*, 2018). Cette réflexion présente des similitudes avec le travail présenté ici. En effet, ce nouveau zonage combine, par des méthodes statistiques et mathématiques, un ensemble de variables surtout liées aux caractéristiques pédoclimatiques des territoires.

Néanmoins ces zonages se basent sur une situation ancienne et figée de la production agricole, et elles s'attachent principalement à la notion de « potentiel productif ». Or, celle-ci n'intègre pas la question de la capacité du milieu à supporter les pressions engendrées par les pratiques agricoles. Pour la réalisation du zonage multi-enjeux, il a donc été proposé de reprendre les apports de ces approches plus anciennes mais similaires, et d'y intégrer de nouvelles dimensions.

1.2. De la notion de « potentialités naturelles » à celle de « potentiel agro-environnemental »

La notion de « potentiel intrinsèque agro-environnemental » n'est pas dénuée d'ambiguïtés et elle peut conduire à des impasses conceptuelles et méthodologiques. À la différence du « potentiel productif », le potentiel agro-environnemental ne semble pas *a priori* limité par les caractéristiques du milieu. En effet, tout territoire est susceptible d'accueillir des systèmes agro-écologiques, c'est-à-dire des modes de production s'appuyant sur les fonctionnalités des écosystèmes pour produire tout en limitant les pressions sur l'environnement. Mais les spécificités physiques et les contraintes naturelles conditionnent néanmoins, en partie, la facilité avec laquelle un territoire peut accueillir de tels systèmes, caractérisés notamment par des assolements diversifiés, des infrastructures agro-écologiques (haies, bandes enherbées, etc.), une forte autonomie pour l'alimentation du bétail ou la fertilisation des terres, etc. Par exemple, les régions à la topographie accidentée et très découpées par les cours d'eau sont plus prédisposées que d'autres à accueillir des infrastructures agro-écologiques. Une première manière d'approcher le « potentiel intrinsèque agro-environnemental » consiste donc à regarder comment les contraintes naturelles orientent certaines variables agro-environnementales.

Cette approche est toutefois difficile à défendre pour des variables agro-environnementales résultant de la combinaison de facteurs biophysiques et socio-économiques. C'est le cas, par exemple, de la diversité des assolements et de la longueur des rotations, qui sont déterminées par le contexte pédo-climatique, le relief, etc., mais aussi par l'histoire agraire locale et les filières économiques en place. C'est pourquoi, en complément de l'approche par les « prédispositions naturelles », la notion de « système agro-écologique accessible » a également été mobilisée.

Cela revient à s'interroger sur l'état potentiel d'une variable agro-environnementale donnée, au regard non seulement des conditions naturelles, mais également du contexte socio-économique et des tendances ancrées dans le passé.

Enfin, l'étude a considéré que le potentiel agro-environnemental des territoires intègrait le niveau de vulnérabilité de celui-ci face aux pollutions d'origine agricole. En effet, un territoire particulièrement sensible aux pollutions diffuses, en raison de sa géologie ou de son hydrographie, devrait faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la transition agro-écologique.

Cette approche a permis de ne pas considérer que certains territoires se prêtaient naturellement à une approche agro-écologique et d'autres non. Elle a en outre permis d'intégrer de nouvelles préoccupations dans les réflexions sur les zonages agricoles multi-enjeux, qui n'avaient pas cours lors de la définition des PRA et des AEZ de la FAO, notamment la capacité du milieu à supporter les pressions engendrées par les pratiques agricoles.

2. Données et indicateurs utilisés pour la construction du ZAME

Après le travail de définition des concepts, la tâche suivante a consisté à renseigner des indicateurs mesurant les liens entre milieu physique et critères agro-environnementaux.

Souvent utilisés par les politiques publiques, ces indicateurs peuvent être regroupés en trois familles :

- Un premier ensemble est constitué d'indicateurs faisant le lien entre le milieu naturel et la densité des structures paysagères ou agro-écologiques remarquables : zones tampons, éléments figurés, milieux potentiellement humides, zones Natura 2000, Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), surfaces herbagères, etc.
- La deuxième famille réunit des indicateurs qui mesurent les liens entre milieu et diversité mais aussi autonomie des systèmes agricoles, ces deux caractéristiques étant typiques des systèmes agro-écologiques. Ces liens sont difficiles à caractériser puisqu'ils sont davantage liés aux choix des systèmes et des pratiques qu'aux contraintes du milieu. Le choix a donc été fait de ne pas raisonner uniquement en termes de « prédispositions naturelles », mais également de « système agro-écologique accessible ». Jusqu'où est-il possible d'aller, dans le territoire considéré, en matière de diversité culturelle par exemple ? Deux réponses ont été apportées à cette question. La première a consisté à considérer que le potentiel d'un territoire était la diversité culturelle observée sur ce même territoire lors du recensement agricole de 1988. Si cette approche est discutable, elle fournit une indication du niveau de diversité culturelle qu'il a été possible d'atteindre dans un passé récent, et qui demeure sans doute encore accessible à l'heure actuelle. La deuxième option a consisté à prendre les systèmes en agriculture biologique comme référence, et à considérer que la diversité culturelle observée pour ces systèmes de production correspond au potentiel du territoire.
- Le troisième groupe comprend des indicateurs qui cherchent à qualifier les liens entre le milieu et la sensibilité aux polluants chimiques (pesticides et azote). Il inclut des indicateurs de vulnérabilité intrinsèque aux transferts de nitrates et de pesticides, ainsi qu'un indice du potentiel de lutte biologique.

2.1. Première famille d'indicateurs : caractéristiques du milieu, structure paysagère et occupation des sols

Cette famille se divise en trois sous-groupes. Le premier rassemble des indicateurs permettant de présager de la présence d'éléments figurés et de zones tampons dans un territoire donné. Le deuxième renseigne sur la présence potentielle de milieux agro-environnementaux remarquables. Le troisième concerne la présence de l'herbe.

2.1.1. Éléments figurés et zones tampons

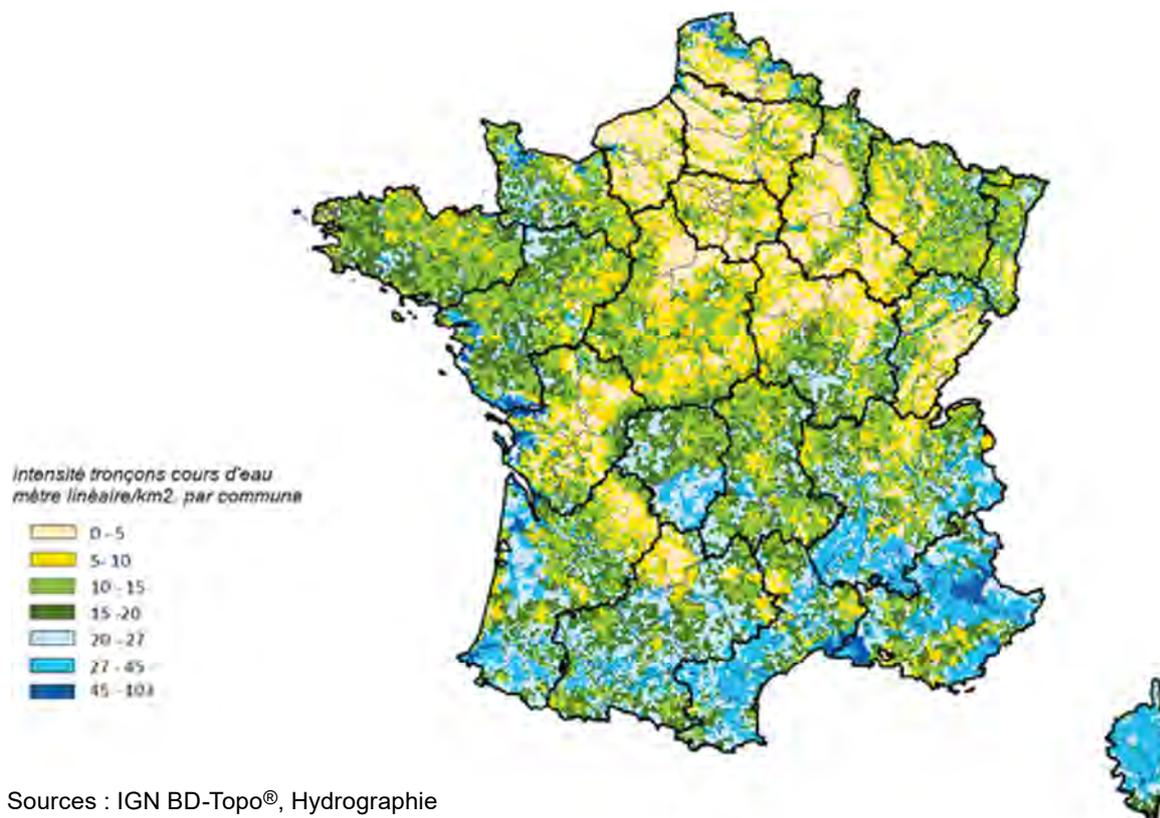
Indicateur 1 : densité des cours d'eau

Cet indicateur est constitué du linéaire de cours d'eau rapporté à une unité surfacique (figure 1). L'hypothèse sous-jacente est qu'une forte densité de cours d'eau contraint le paysage et favorise la présence de zones tampons, haies ou structures bocagères.

Indicateur 2 : pentes

La présence de pentes affecte le type, la profondeur et les conditions hydriques des sols. Les terres à forte pente sont difficiles à mettre en valeur par les agriculteurs. L'hypothèse faite est que de telles contraintes concourent à renforcer la densité des zones tampons et éléments figurés dans le paysage. Les pentes sont calculées par traitement du modèle numérique de terrain de la base de données BD-ALTI® de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), qui décrit le relief du territoire national à moyenne échelle.

Figure 1 - Linéaire de cours d'eau par commune



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

Indicateur 3 : rupture d'altitude

Complétant l'indicateur de pente, cet indicateur caractérise la fréquence des ruptures d'altitude, à l'échelle du territoire, permettant ainsi d'évaluer sa nature plus ou moins accidentée, au-delà de la seule altitude et de la pente moyenne. Cette fréquence des ruptures de pente reflète, dans certains territoires, des terrains accidentés et difficilement moto-mécanisables. L'indice est calculé à partir du même modèle numérique de terrain de la BD-ALTI® de l'IGN, en dénombrant la fréquence des classes d'altitude observées sur une entité donnée. Cet indicateur est très corrélé au précédent et il révèle la même influence sur les zones tampons et éléments figurés dans le paysage.

Indicateur 4 : linéaire de lisières paysagères

Cet indicateur rend compte de la densité des bordures et lisières paysagères (éléments semi-naturels situés dans l'emprise des parcelles constituant l'écosystème agricole). Il est calculé ici en croisant des îlots du Registre parcellaire graphique (RPG, campagne 2014) avec les éléments topographiques issus de la couche « végétation » de la base de données Topo® de l'IGN, qui propose une description vectorielle 3D des éléments du territoire. Construit sur la base des structures paysagères actuelles, il ne résulte pas de conditions biophysiques *stricto sensu*, mais dépend également de variables socio-économiques. Au regard de la problématique de l'étude, l'intérêt de cet indicateur est donc limité car il ne rend pas vraiment compte du potentiel des territoires en la matière.

2.1.2. Milieux agro-environnementaux remarquables

Il s'agit ici d'indicateurs permettant d'approcher la part potentielle de milieux agro-environnementaux remarquables dans un territoire donné.

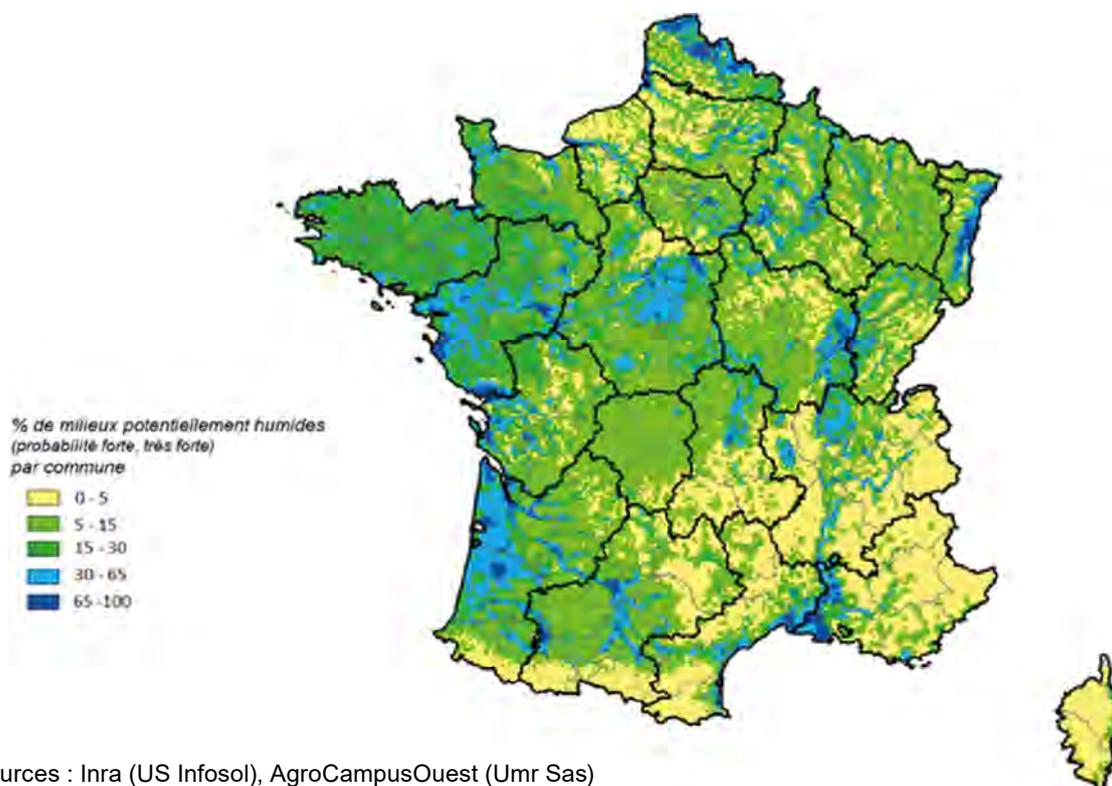
Indicateur 5 : milieux potentiellement humides

L'indicateur des milieux humides potentiels est construit sur la base de critères physiques (facteurs géomorphologiques, climatiques et hydrologiques). Il rend compte des prédispositions agro-environnementales des territoires, avant leur modification par l'action humaine. Il est issu de la carte des enveloppes d'extension des Milieux potentiellement humides (MPH) (MEDDE, GIS Sol, 2014), qui distingue les zones non humides des zones potentiellement humides, en 3 classes de probabilité : importante, forte, très forte. Cet indicateur représente la part de la surface communale ayant une probabilité forte ou très forte d'être humide (figure 2).

Indicateur 6 : surfaces agro-environnementales remarquables

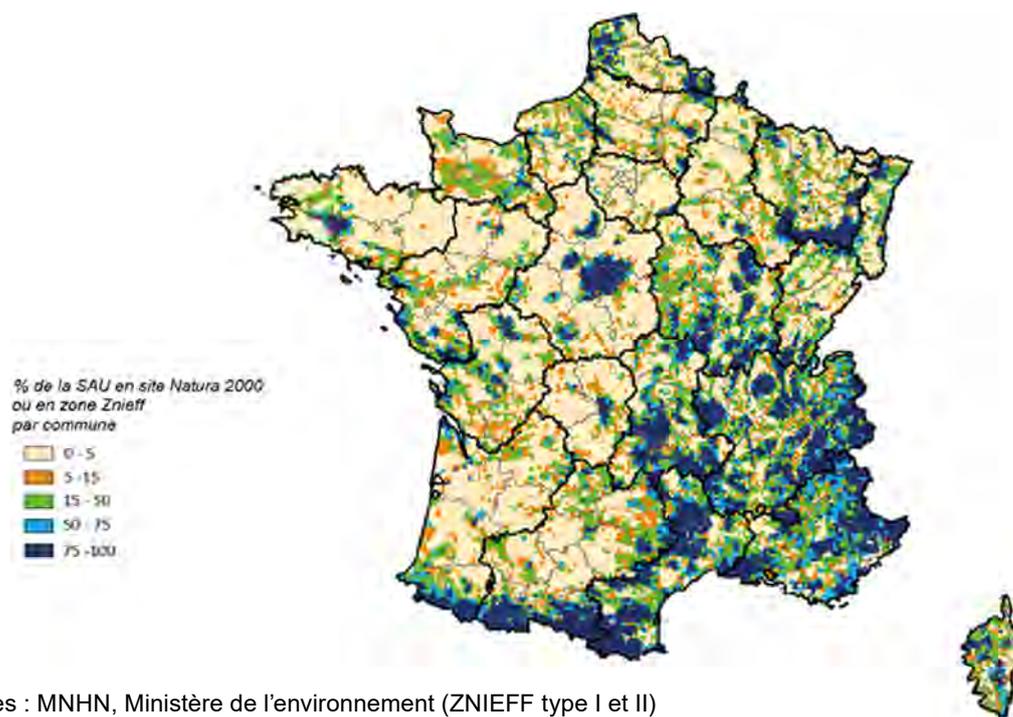
Cet indicateur représente la part de la Surface agricole utilisée (SAU) d'une commune située en zone Natura 2000 ou en Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et écologique (ZNIEFF) (figure 3). Dans de telles zones, l'activité agricole doit répondre à des exigences élevées devant assurer la conservation des espèces et des habitats. Cela laisse donc présager de la présence de surfaces agro-environnementales remarquables. Cet indicateur a été obtenu grâce à un recoupement des cartes Natura 2000+ZNIEFF et des surfaces agricoles (*via* le RPG).

Figure 2 - Part des milieux potentiellement humides par commune



Sources : Inra (US Infosol), AgroCampusOuest (Umr Sas)
Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (mai 2019)

Figure 3 - Part des surfaces agro-environnementales remarquables 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)

Indicateur 7 : surfaces agricoles peu productives

Cet indicateur rend compte de la présence de surfaces agricoles peu productives (parcours, landes, pelouses, prairies avec ligneux, etc.), généralement considérées comme des milieux à haute valeur environnementale et ciblées par des dispositifs agro-environnementaux, en raison de leur intérêt en matière de biodiversité et de services écosystémiques. La présence de telles surfaces, dans un territoire, témoigne d'un potentiel agro-environnemental élevé. La construction de cet indicateur se heurte toutefois au manque de données permettant de repérer la densité de ces milieux dans l'espace agricole. Les données déclaratives du RPG sont une source possible, notamment parce qu'à partir de la campagne de 2015, il intègre des variables relatives à ce sujet (surfaces pastorales, bois pâturés, etc.). Toutefois, des problèmes de biais déclaratifs se posent, et l'indicateur ne pourrait donc être retenu qu'après une étude plus approfondie de ces données. Le choix a été fait de ne pas l'utiliser pour la construction du ZAME.

2.1.3. Présence de l'herbe

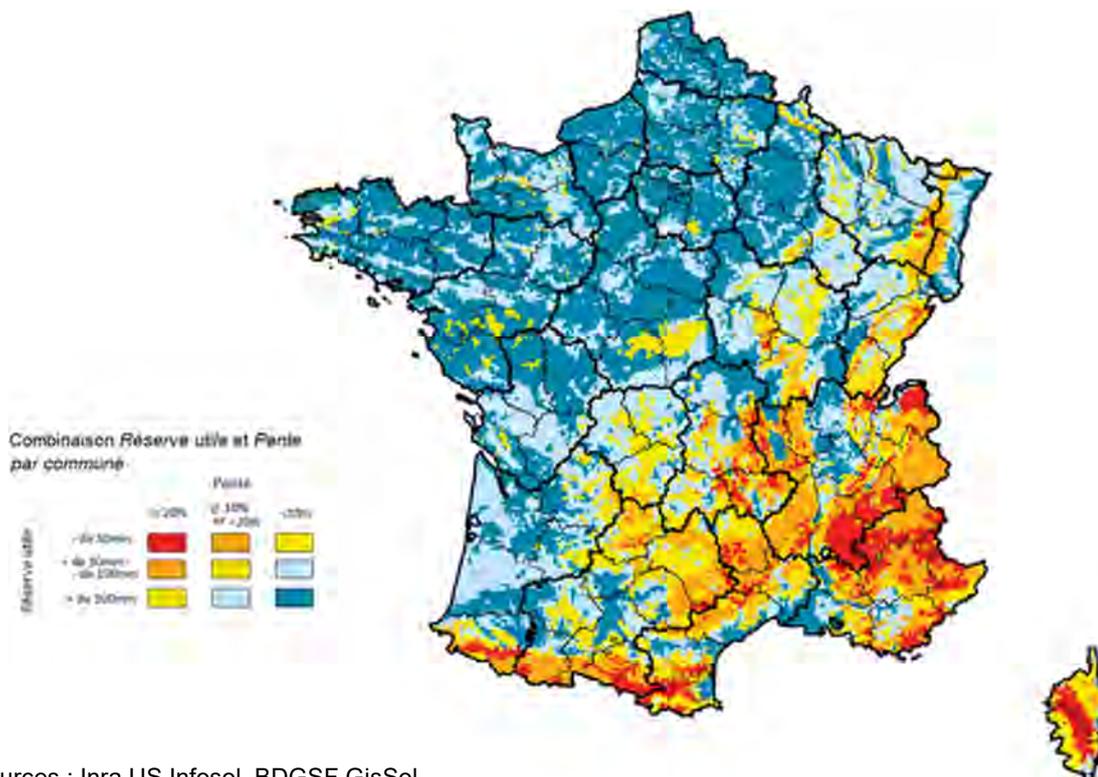
Il s'agit ici d'identifier ou de construire des indicateurs permettant de présager de l'importance des surfaces herbagères sur un territoire donné, les surfaces en herbe étant un des indicateurs agro-environnementaux majeurs dans les dispositifs de la PAC et dans ceux à caractère national. Deux indicateurs ont été utilisés : l'herbe « contrainte » ou « incompressible » (indicateur 8) et l'herbe « historique » (indicateur 9).

Indicateur 8 : herbe « contrainte » ou « incompressible »

La présence d'herbe dans la SAU résulte des décisions de l'éleveur et des contraintes productives qu'il rencontre. Des sols en pente ou de faible réserve utile se prêtent mal à la

mise en culture et sont prédisposés à être exploités en prairies, souvent permanentes. On parle alors d'herbe « incompressible » (Devienne *et al.*, 2016). Pour rendre compte de ce lien entre contraintes naturelles et herbe incompressible, nous avons construit un indicateur combinant la pente et la réserve utile des sols, pour lesquelles trois niveaux de contrainte ont été définis. L'indicateur qui en résulte compte donc neuf classes (figure 4). Les données concernant la réserve utile proviennent de la Carte de la réserve utile en eau issue de la Base de données géographique des sols de France (BDGSF) (Le Bas, 2018).

Figure 4 - **Combinaison des contraintes naturelles par commune : présence d'« herbe incompressible »**



Sources : Inra US Infosol, BDGSF GisSol
IGN, Bd-Alt (25m)
Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (mai 2019)

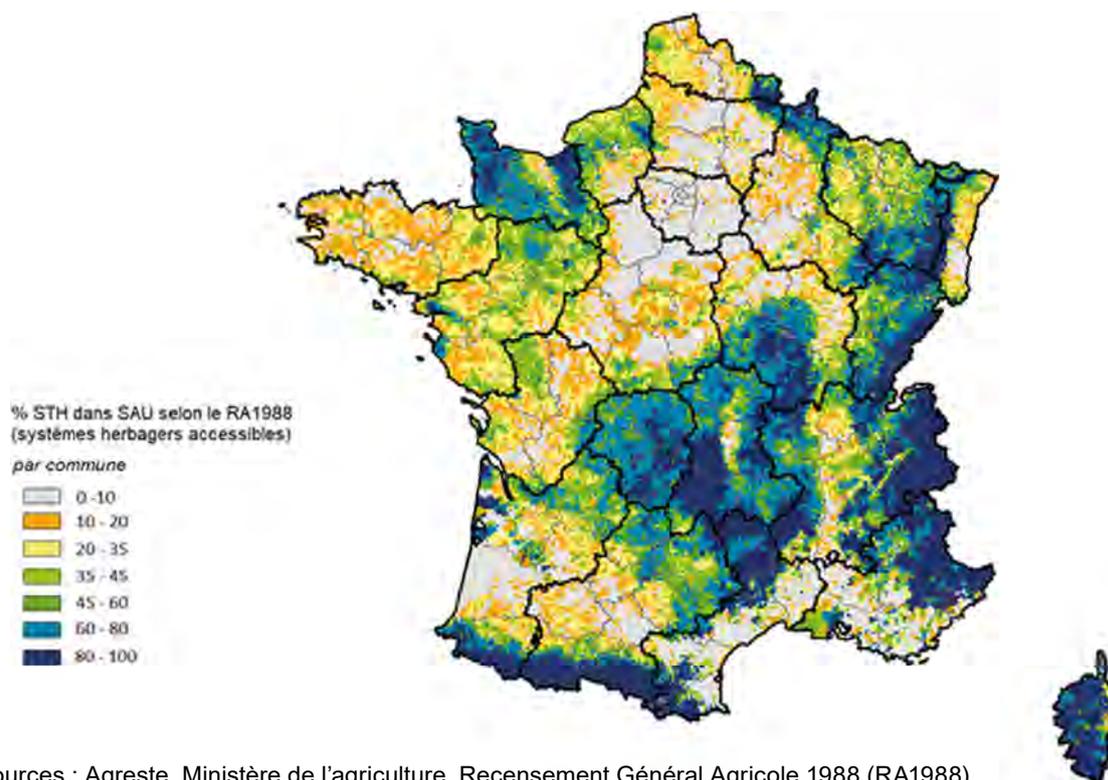
Indicateur 9 : *prédisposition aux prairies permanentes : indice de référence historique*

Un autre moyen d'approcher le potentiel d'un territoire, en surfaces herbagères permanentes, est d'y quantifier la présence de l'herbe dans un passé récent (figure 5). Cela donne une indication de la superficie en prairies permanentes qu'il avait été possible d'atteindre, et demeurant encore accessible à l'heure actuelle. Pour cela, a été utilisé un indicateur mesurant la part de Surface toujours en herbe (STH) dans la SAU dans le recensement agricole de 1988.

2.2. Deuxième famille d'indicateurs : diversité et autonomie des systèmes dans les territoires

Cette deuxième famille rassemble des indicateurs permettant, sur un territoire, de juger du potentiel de diversité et d'autonomie des systèmes de production.

Figure 5 - Part des STH dans la SAU communale en 1988



Sources : Agreste, Ministère de l'agriculture, Recensement Général Agricole 1988 (RA1988)
Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (mai 2019)

Indicateur 10 : nombre moyen de cultures par exploitation en agriculture biologique

La diversité des systèmes agricoles ne peut être considérée seulement au regard des milieux naturels. Elle dépend aussi des choix de systèmes et de pratiques des exploitants, ainsi que de l'organisation des filières.

Pour traiter cette question de la diversité à l'échelle des territoires, il a été choisi de se référer à l'état de la diversité des systèmes en agriculture biologique (AB), qui doivent plus composer avec les régulations naturelles que les systèmes conventionnels, lesquels disposent d'une gamme plus vaste de « béquilles chimiques » (fertilisation, produits phytosanitaires). Considérer que la diversité des cultures en agriculture biologique rend compte du potentiel de diversification d'un territoire est certes imparfait : des exploitations en agriculture biologique peuvent très bien avoir une faible diversité culturelle et, inversement, des exploitations conventionnelles peuvent être diversifiées. Ce proxy présente toutefois l'avantage d'être facile à mettre en œuvre, l'agriculture biologique étant une forme d'agroécologie bien identifiée dans la statistique agricole. Il est donc aisé d'obtenir des indicateurs relatifs à ce mode de production.

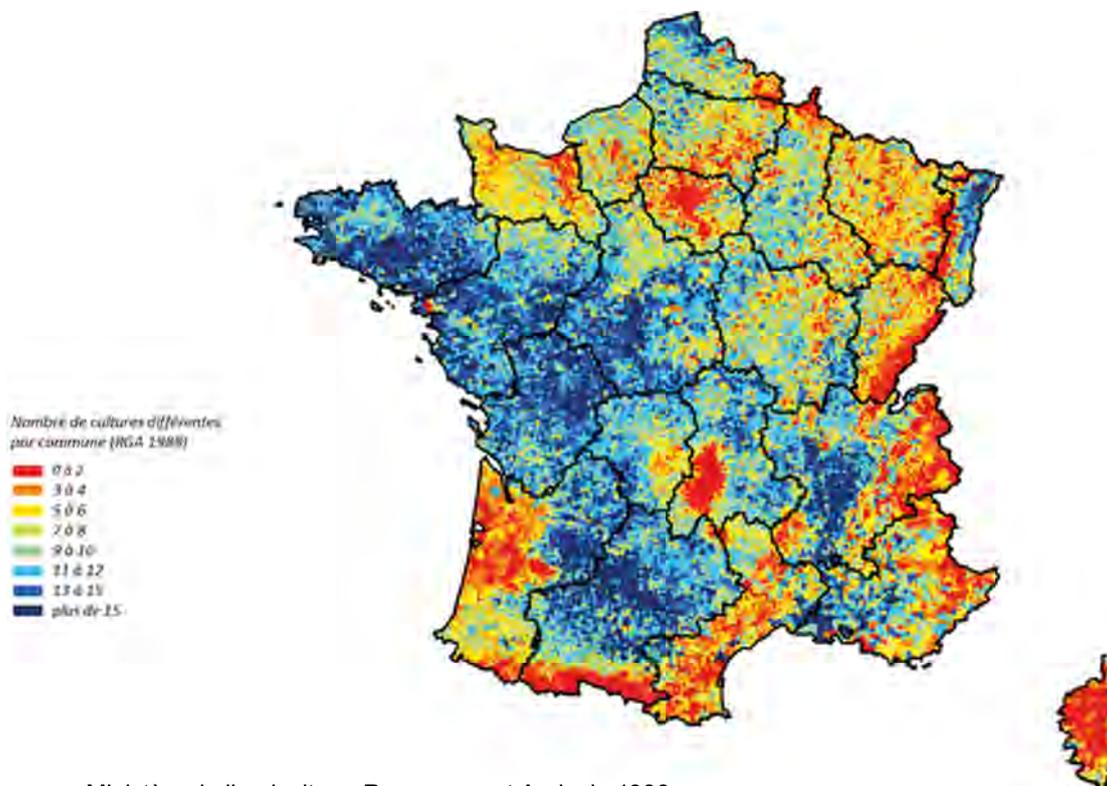
Cet indicateur rend compte du nombre moyen de cultures arables en 2015 des exploitations (uniquement sur les exploitations dites de « grandes cultures »⁵), majoritairement en AB. Cependant, il n'a finalement pas été retenu pour la construction du ZAME, car il pose des problèmes d'homogénéité et d'exhaustivité des données : l'échantillon d'exploitations de grandes cultures en AB est trop réduit pour couvrir la France entière.

5. Le choix a été fait de se centrer sur les exploitations spécialisées en grandes cultures, car s'y concentrent les actions publiques ayant pour objectif d'accroître la diversité culturelle (MAEC systèmes de grandes cultures par exemple).

Indicateur 11 : diversité culturelle historique

Cet indicateur de référence historique vise à approcher la diversité historique des systèmes de cultures, selon une logique comparable à celle présentée pour l'indicateur 9 (potentiel de prairies permanentes en référence à une situation historique). Son calcul consiste en un dénombrement du nombre moyen de cultures par commune dans le RA 1988 (figure 6).

Figure 6 : nombre de cultures par commune en 1988, exploitations de grandes cultures



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

Indicateur 12 : durée potentielle de pâturage hors contrainte

À l'image de la diversité, l'autonomie des exploitations est centrale dans la transition agro-écologique et elle fait l'objet d'un grand nombre d'actions publiques. Dans les systèmes d'élevage de ruminants, l'autonomie alimentaire repose fréquemment sur le pâturage. Des conditions pédo-climatiques favorables à la pousse de l'herbe sont donc *a priori* propices à l'autonomie alimentaire des élevages de ruminants. Cette question a déjà été abordée (Devienne *et al.*, 2016), à travers l'indicateur de « durée potentielle de pousse de l'herbe dans de bonnes conditions » (Rouquette et Pflimlin, 1995 ; Donet *et al.* 2001). Synthèse des conditions favorables à l'exploitation de l'herbe sous forme de pâturage, celui-ci renseigne sur la possibilité de développer un élevage sans que la pousse de l'herbe soit limitante dans le choix de l'exploitant.

Cet indicateur est à combiner avec celui qui code « l'herbe incompressible » (indicateur 8). En effet, l'indicateur « herbe incompressible » permet d'identifier des zones de spécialisation herbagère « par défaut », c'est-à-dire où la mise en culture est difficile à envisager du fait des conditions pédologiques. L'indicateur « durée potentielle de pâturage hors contrainte » (indicateur 11) met quant à lui en évidence des zones favorables à la pousse de l'herbe, mais souvent aussi à d'autres cultures et notamment au maïs. Pour aller

plus loin, il serait intéressant de calculer un indicateur de « potentiel de pousse de l'herbe » (vu comme un proxy des enjeux d'autonomie), qui estimerait la production de matière sèche en tenant compte à la fois de la durée de pousse de l'herbe et des conditions pédologiques.

Du fait des limites liées à l'interprétation de cet indicateur, le choix a été fait de ne pas l'utiliser en l'état. Il reflète des choix et stratégies en réalité peu dépendants des contraintes naturelles et des enjeux agro-environnementaux.

Indicateur 13 : carbone organique du sol

La question des sols est de plus en plus présente dans les politiques agro-écologiques et climatiques. Le recours à un indicateur de qualité intrinsèque des sols vise à ajouter une réflexion sur la dégradation ou la préservation des sols. Le Carbone organique du sol (COS) est le plus important réservoir de carbone organique, devant la biomasse des végétaux (Ademe, 2014). Les sols qui n'ont pas atteint leur niveau maximal de saturation représentent un potentiel de séquestration.

Le facteur principal qui contrôle le COS dans le sol de surface est l'utilisation qui est faite du sol (facteurs anthropiques). Chen *et al.* (2018) modélisent la saturation du carbone du sol, en France, puis calculent (par différence avec les stocks présents dans les sols) la séquestration additionnelle potentielle.

Cet indicateur est cependant peu homogène avec les autres indicateurs de cette seconde famille. Il pourrait être rattaché au bloc des variables physiques (famille 1), mais ce n'est pas non plus un indicateur qui relève directement des structures paysagères, ni du milieu naturel. Il constituerait quasiment une famille en soi et il n'a finalement pas été retenu pour contribuer au ZAME.

Au total, un seul indicateur a donc été retenu pour cette deuxième famille : diversité culturelle historique. Cela indique qu'il est difficile d'apprécier le potentiel d'autonomie et de diversité culturelle d'un territoire donné.

2.3. Troisième famille d'indicateurs : caractéristiques du milieu et résilience territoriale

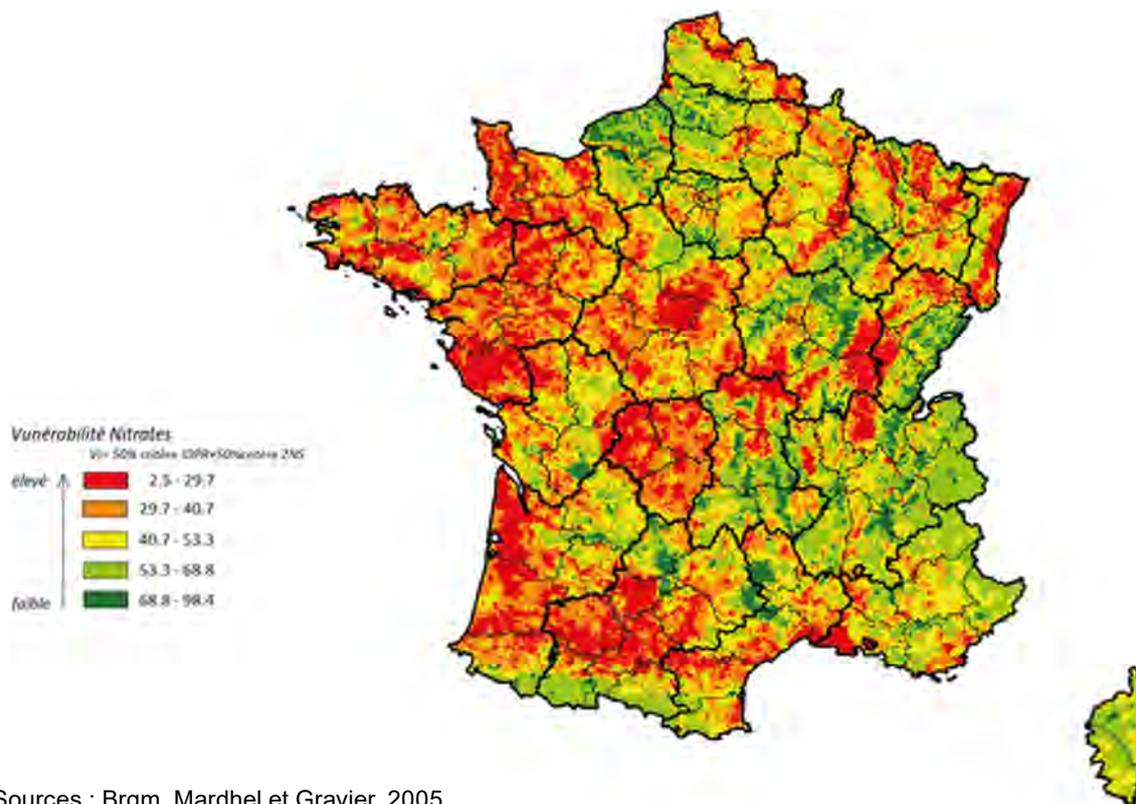
Cette famille cherche à approcher la vulnérabilité et la résilience des territoires aux pressions d'origine agricole. L'intensité d'usage de l'azote et des produits phytosanitaires semble moins directement liée au milieu naturel qu'aux choix de systèmes et de pratiques. Afin de rester cohérent avec l'idée globale du ZAME, l'accent a été mis sur l'analyse de la vulnérabilité intrinsèque du milieu à ce type de pressions. À la différence des autres familles d'indicateurs, celle-ci caractérise donc un risque et non un potentiel ou une prédisposition.

Indicateur 14 : vulnérabilité intrinsèque du milieu aux transferts d'azote

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 par rapport aux pollutions (Sinan et Trouillard, 1993). La vulnérabilité *intrinsèque* est celle qui dépend des caractéristiques du milieu naturel déterminant la sensibilité des eaux souterraines à la pollution. Elle est indépendante des pressions exercées par les activités agricoles (BRGM, 2005) et peut donc être considérée comme globalement invariante.

La carte de la vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines est établie par le BRGM (2005), à partir de la combinaison de l'épaisseur de la Zone non saturée (ZNS) comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre, et de l'Indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR), qui rend compte indirectement de la capacité intrinsèque du sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de surface. L'indicateur retenu ici est calculé à partir de ces deux variables (figure 7).

Figure 7 - **Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux nitrates, par commune**



Sources : Brgm, Mardhel et Gravier, 2005
Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (mai 2019)

Indicateur 15 : vulnérabilité du milieu aux transferts de pesticides

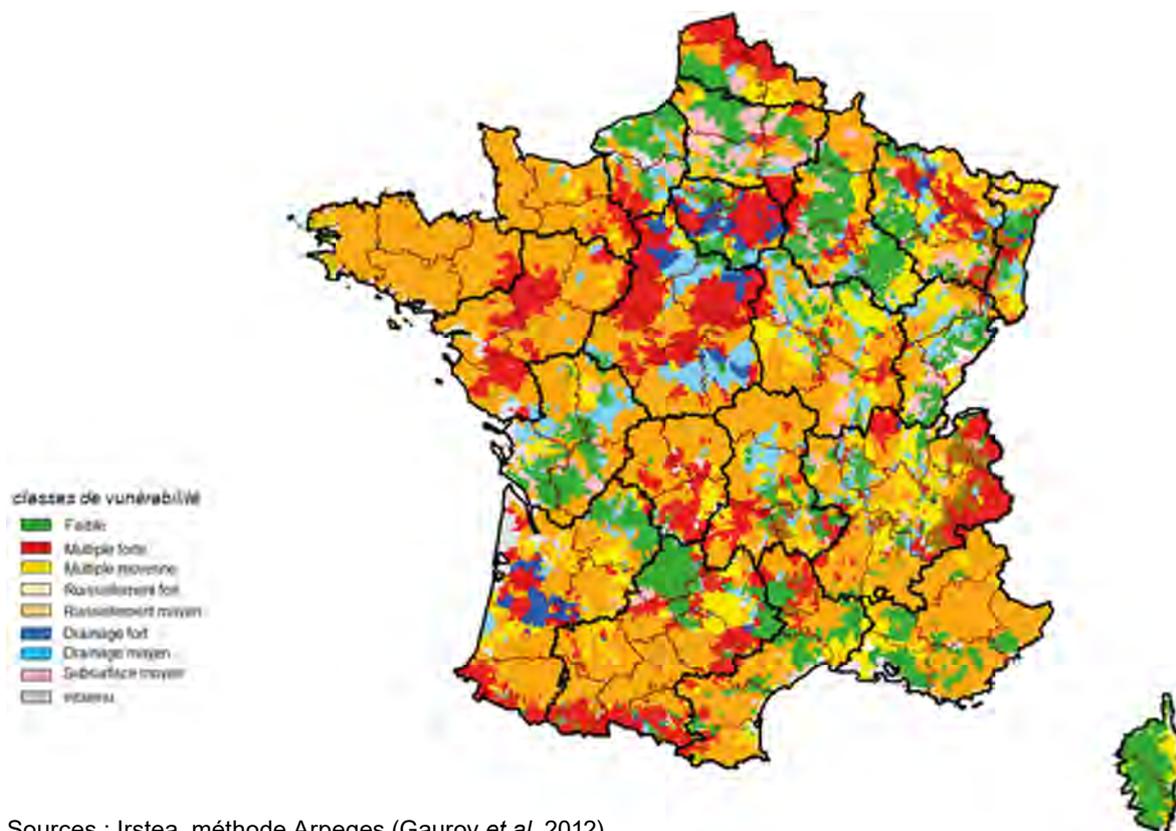
Cet indicateur permet d'approcher le risque de contamination du milieu (à travers les masses d'eau de surface) par les pesticides.

Pour l'élaborer, les travaux du projet ARPEGES (Analyse de risque pesticides pour la gestion des eaux de surface) ont été utilisés. Piloté par l'Irstea et l'Agence française pour la biodiversité, il vise à évaluer le risque de contamination des eaux de surface par les pesticides (Gauroy *et al.* 2014, Le Hénaff, 2017). Ce risque est approché par le croisement de la pression phytosanitaire⁶ et de la vulnérabilité intrinsèque du milieu (déclinée en trois types d'écoulement : ruissellement, drainage agricole, écoulements latéraux subsurfaceaux). Il est estimé pour les nappes hautes et les nappes basses. Cet indicateur n'est donc pas de même nature que le précédent, relatif aux nitrates, puisqu'il intègre le niveau de pression, et il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une vulnérabilité intrinsèque du milieu.

6. La pression phytosanitaire a été estimée, pour chaque territoire, en croisant les données du Réseau d'information comptable agricole (Rica), relatives aux dépenses en produits phytosanitaires (pour l'aspect quantitatif), avec celles de la Base nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par des distributeurs agréés (BNVD), pour identifier la nature des substances utilisées.

Ont été ici considérés les risques forts et moyens, pour les nappes hautes, ainsi que les nappes basses pour le ruissellement. La carte qui en résulte (figure 8) rend compte de la vulnérabilité du milieu aux transferts de pesticides, à travers une typologie qui croise le niveau et le type de vulnérabilité (voir Zakeossian *et al.*, 2021a).

Figure 8 - **Vulnérabilité aux transferts de pesticides par commune**



Sources : Irstea, méthode Arpeges (Gauroy *et al.* 2012)
 Traitements et réalisation : Epices, Inra U.S. ODR (mai 2019)

Indicateur 16 : potentiel de lutte biologique

La lutte biologique consiste en un ensemble de méthodes utilisant des organismes auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs des cultures, pour les combattre en contrôlant leurs populations. La lutte biologique, qui vise à maintenir les conditions nécessaires au développement des populations d'auxiliaires (habitats semi-naturels, hétérogénéité des paysages), afin de limiter la pression des ravageurs de culture, est au cœur des approches agro-écologiques.

Un modèle pan-européen, pour cartographier et évaluer le potentiel de mobilisation des régulations naturelles, a été développé par Rega *et al.* (2018). Il en résulte une carte du potentiel de présence de ces auxiliaires de culture. Cet indicateur est pertinent mais pas en phase avec l'approche globale retenue pour le ZAME, 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 des variables physiques relatives aux caractéristiques du milieu lui-même. C'est pourquoi il n'a pas été retenu.

2.4. Liste des indicateurs retenus

Les indicateurs retenus pour élaborer le zonage agricole multi-enjeux (ZAME) devaient pouvoir mesurer des faits tangibles, les plus proches possible des processus ou phénomènes à caractériser. Le privilège accordé aux caractéristiques du milieu (topologie, climat, sols, etc.) s'est parfois avéré difficile à défendre. De plus, il est apparu important de privilégier des concepts et indicateurs déjà utilisés dans le cadre du suivi et de l'évaluation des politiques publiques, afin de faciliter l'appropriation de la démarche par les acteurs de ces politiques.

La liste des indicateurs pertinents n'est pas exhaustive (figure 9), d'autant qu'il s'agit de *proxies* et non de références absolues, avec des redondances possibles dues à des corrélations entre processus et entre indicateurs. Enfin, n'ont été retenus que des indicateurs disponibles pour l'ensemble du territoire métropolitain.

Figure 9 - Liste des indicateurs

Familles de variables	N°	Indicateur	
Caractéristiques du milieu, structures paysagères et occupation des sols			
Intensité potentielle des zones tampons et éléments figurés	N1	Linéaire de cours d'eau /lm2 (ou SAU)	Retenu
	N2	Pente communale supérieure à 10 %	Retenu
	N3	Ruptures de pente et de classes d'altitude	Retenu
	N4	Linéaire de lisières paysagères potentielles	Analysé
Milieux agro-environnementaux remarquables	N5	% de milieux potentiellement humides par commune	Retenu
	N6	% de surfaces agro-environnementales remarquables au sein des Znieff et zones N2000	Retenu
	N7	Part des surfaces agricoles peu productives dans la SAU communale	Non retenu
Caractéristiques physiques du milieu et présence de l'herbe	N8	Combinaison des contraintes naturelles et présence « d'herbe incompressible »	Retenu
	N9	Systèmes herbagers accessibles : % de STH dans la SAU en 1988	Retenu
Diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles			
Référentiel des systèmes accessibles en matière de diversité territoriale	N10	Nombre de cultures en moyenne par système d'agriculture biologique et par canton (RPG)	Non retenu
	N11	Diversité historique : nombre moyen de cultures en 1988	Retenu
	N12	Durée potentielle de pâturage « hors contraintes » selon les régions fourragères	Non retenu
Milieu naturel et « qualité potentielle » des sols	N13	Séquestration potentielle du carbone organique du sol	Analysé
Caractéristiques du milieu et résistance aux activités et pressions agricoles			
Vulnérabilité du milieu aux transferts de nitrates et pesticides	N14	Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux nitrates	Retenu
	N15	Vulnérabilité aux transferts de pesticides	Retenu
Structures paysagères et pression parasitaire	N16	Potentiel pour la lutte biologique	Analysé

Source : rapport final, p. 22

La recherche d'indicateurs s'est parfois heurtée aux difficultés d'accès à des données ou à des problèmes d'échelle. C'est particulièrement vrai pour la famille d'indicateurs « Diversité et autonomie ».

Comme justifié plus haut, les indicateurs 7, 10 et 12 n'ont pas été retenus. Les indicateurs 4, 13 et 16 n'entrent pas non plus dans l'élaboration du ZAME, mais avec les indicateurs de référentiel historique 9 et 11, ils pourront en revanche être projetés sur les zones créées. Ce faisant, ils aideront à comparer l'état actuel des territoires avec leur potentiel, pour rendre compte de décalages et des impacts des activités anthropiques.

3. Construction du zonage agricole multi-enjeux

Le terme « zonage » désigne l'action de partitionner un espace en sous-espaces, en zones constituées d'un ensemble de lieux contigus et ayant des caractères similaires, pour former des aires statistiquement homogènes (Hillal et Desbois, 1996). Partant d'un territoire (ici la France métropolitaine), découpé en entités connues formant une partition de ce territoire, construire un zonage peut consister à regrouper ces entités, selon leurs similitudes, afin de former de nouvelles classes. À l'intérieur de ces classes, les entités doivent présenter de fortes similitudes. À l'inverse, des entités situées dans des classes différentes doivent présenter de fortes dissemblances.

La construction du ZAME nécessite donc de déterminer les entités de base qui seront classées et regroupées afin de former les zones. De plus, si le territoire à partitionner est bien l'ensemble du territoire français métropolitain, le travail sera effectué par sous-territoires nommés « entités de travail ».

3.1. Choix des entités de base et maillage initial

Les indicateurs retenus sont issus de zonages de différents types (administratifs, analytiques/thématiques, etc.) et leurs grains sont différents. Il convenait donc de les aborder à partir d'une grille territoriale unique. Le choix s'est porté sur les communes (référentiel Insee communal 2015). Cette unité géo-politique est un compromis intéressant en matière de taille et d'effectif. Les communes sont à la fois suffisamment petites et nombreuses pour permettre un zonage fin, mais pas trop pour que l'élaboration du zonage nécessite une puissance de calcul trop importante. Par ailleurs, les communes sont des unités bien connues et identifiables. Ce sont aussi des unités statistiques usuelles, entre autres pour la statistique agricole.

Nombre d'indicateurs sont des densités (linéaires de cours d'eau, milieux humides, surfaces remarquables, etc.), des dénombrements (nombre de cultures en 1988) ou des moyennes (pentes). Les calculer à l'échelle communale ne pose pas de difficulté. Certains indicateurs sont disponibles à une échelle plus fine que la commune (cellules d'une grille, unités pédologiques). Ils sont alors ramenés à l'échelle communale par agrégation pondérée par les surfaces. L'objectif du zonage n'est pas directement une analyse ni une recherche

de particularismes très locaux, mais un regroupement. Ceci limite l'effet des simplifications et compromis induits par de tels changements d'échelle.

3.2. Choix des entités de travail

Le regroupement des communes n'a pas été réalisé directement pour la France entière. Il est en effet difficile de travailler sur l'ensemble des 35 000 communes, compte tenu des temps de calcul et des capacités informatiques nécessaires pour les traitements statistiques. De plus, ce regroupement des communes était soumis à une contrainte géographique de voisinage : il était donc cohérent de travailler sur des sous-territoires.

Le choix de ces sous-territoires est important car il établit une première classification des entités de base. Il a été décidé d'utiliser les Grandes régions écologiques (Greco) comme unités de base. Celles-ci sont définies par l'Inventaire forestier national (IFN, 2011) et établies selon des facteurs biogéographiques : facteurs macroclimatiques, géologiques et topographiques. Ces Greco « peuvent correspondre à un découpage écologique du territoire métropolitain » (IFN, 2011), ce qui est cohérent avec le souhait d'obtenir un zonage reposant sur les caractéristiques physiques des territoires. Ces Greco sont au nombre de 11 en France métropolitaine : Grand Ouest cristallin et océanique, Centre-Nord semi-océanique, Grand-Est semi-continentale, Vosges, Jura, Sud-Ouest océanique, Massif central, Alpes, Pyrénées, Méditerranée, Corse.

3.3. Méthode de classification

La classification statistique vise à regrouper des « individus » (ici les communes d'une même Greco) en classes homogènes et les plus distinctes possibles. Ces individus sont décrits par des variables mathématiques : les indicateurs de caractérisation de potentiel agro-environnemental présentés dans la troisième partie. Ces indicateurs ont été classés en trois familles, la première étant elle-même subdivisée en trois sous-familles. On dispose donc de cinq familles et sous-familles de variables pour la constitution du zonage, qui pour simplifier sont indistinctement appelées « familles » ci-dessous. La méthode proposée consiste d'abord à travailler par famille, dans le but de créer, pour chacune d'elles, une classification des communes (premières analyses et cartographies selon les différents enjeux identifiés). L'ensemble des indicateurs sont ensuite traités conjointement, afin de créer les zones finales (combinaison des enjeux).

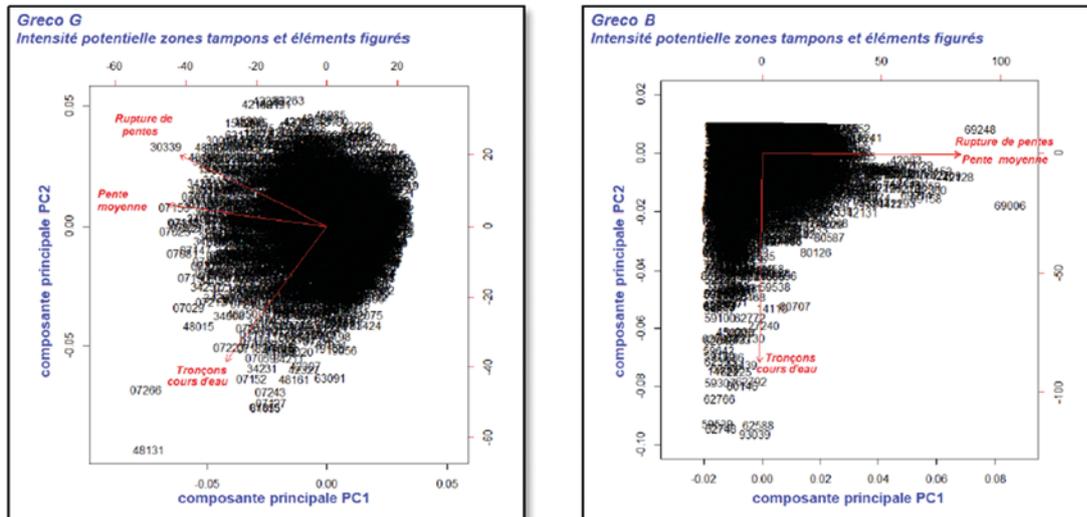
3.3.1. Première phase : travail par familles d'indicateurs

Afin de créer une classification des communes, pour chacune des 5 familles, des méthodes d'analyses statistiques de classification ont été utilisées (Benzécri 1975, Saporta 2006).

Les indicateurs d'une même famille ont d'abord fait l'objet d'une analyse en composantes principales (ACP). L'ACP vise à représenter l'information contenue dans un tableau de données selon un nouveau système d'axes (les composantes principales) associé à une décomposition cohérente de la variabilité de ces données (Gabriel 1971, Jolliffe 1986). L'ACP permet en outre d'étudier les corrélations entre les indicateurs, de repérer d'éventuelles valeurs aberrantes et de normaliser les indicateurs en vue d'une

classification plus efficace. Les composantes principales résument l'information fournie par les indicateurs en préservant leur variabilité globale et en réduisant le nombre de variables pour le processus de classification (figure 10).

Figure 10 - Exemple d'ACP pour deux Greco concernant la famille d'indicateurs « Elements figurés et zones tampons »



	PC1	PC2	PC3
Prop. variance	0.6621	0.2747	0.0632
Varia. cumulée	66.21%	93.68%	100%

	PC1	PC2	PC3
Prop. variance	0.6112	0.3233	0.6549
Varia. cumulée	60.12%	93.45%	100%

Source : rapport final, page 31

Totalement décorrélées les unes des autres, ces composantes remplacent les indicateurs initiaux et font l'objet d'une classification statistique. Les communes sont alors classées suivant deux étapes :

- D'abord une classification ascendante hiérarchique (CAH) (Johnson 1967), qui regroupe une à une les communes selon leur proximité mathématique, en partant des communes individuelles pour aboutir à un groupe unique qui contient l'ensemble des communes. Entre ces deux extrêmes, des outils graphiques (dendrogrammes) permettent de déterminer visuellement le nombre de groupes à retenir.
- Une fois établi le nombre de groupes à retenir, une seconde classification est réalisée : classification de type « nuées dynamiques » (MacQueen, 1967). Les communes sont alors regroupées, *via* leur distance mathématique, autour de pôles d'attraction qui correspondent aux centroïdes des groupes établis par la première classification ascendante hiérarchique.

À la fin de cette étape, un regroupement des communes a été effectué pour chacune des cinq familles, et ces cinq regroupements peuvent être cartographiés.

3.3.2. Deuxième phase : travail sur l'ensemble des familles d'indicateurs

Pour créer un zonage, la méthode de classification doit inclure une contrainte géographique de contiguïté, afin de former non plus des groupes de communes, mais des zones de communes. La dernière phase de la construction du zonage vise donc deux

objectifs : réunir les cinq familles en un même zonage, c'est-à-dire superposer les cartes des communes classées par enjeux ; ajouter une contrainte de contiguïté des communes à regrouper. Ceci s'effectue en deux étapes.

La première consiste à repérer les groupes de communes issues des premières classifications, qui forment déjà des îlots géographiques. En effet, même sans contrainte géographique, les classifications exposées ci-dessus aboutissent parfois, pour une famille, à ce type d'îlots de communes regroupées et contiguës. Si, pour les autres familles, ces communes appartiennent à un seul groupe, alors les îlots sont conservés, définissant des zones très marquées et donc faciles à interpréter.

La seconde étape concerne les communes qui ne sont pas regroupées immédiatement après les analyses par famille. Dans ce cas, a été utilisée la fonction de Chavent *et al.* (2018), qui associe à la classification CAH une contrainte de voisinage entre les individus à regrouper. Il y a alors maintenant deux distances entre les communes : une distance mathématique et une distance géographique. Les communes sont regroupées uniquement si elles sont contiguës.

Il est impossible d'avoir une idée *a priori* du nombre de zones à créer, lequel est assez élevé. Or, le nombre de classes à retenir est fixé en entrée d'une fonction de CAH, et de telles fonctions ne sont généralement pas utilisées pour créer plus d'une dizaine de groupes. Le choix a été fait d'enchaîner ces classifications sous contrainte géographique, en visant d'abord la création d'un nombre restreint de groupes. À l'intérieur de chaque groupe créé, une nouvelle classification est effectuée, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne soit plus pertinent de séparer les communes d'un groupe donné. Une zone « définitive » est alors constituée. C'est un processus itératif qui s'arrête lorsque sont obtenus des groupes significativement homogènes (variabilité intra) et distants les uns des autres (variabilité inter). En fin de processus, on obtient donc des zones de taille variable mais supposées homogènes en matière de potentiel agro-environnemental.

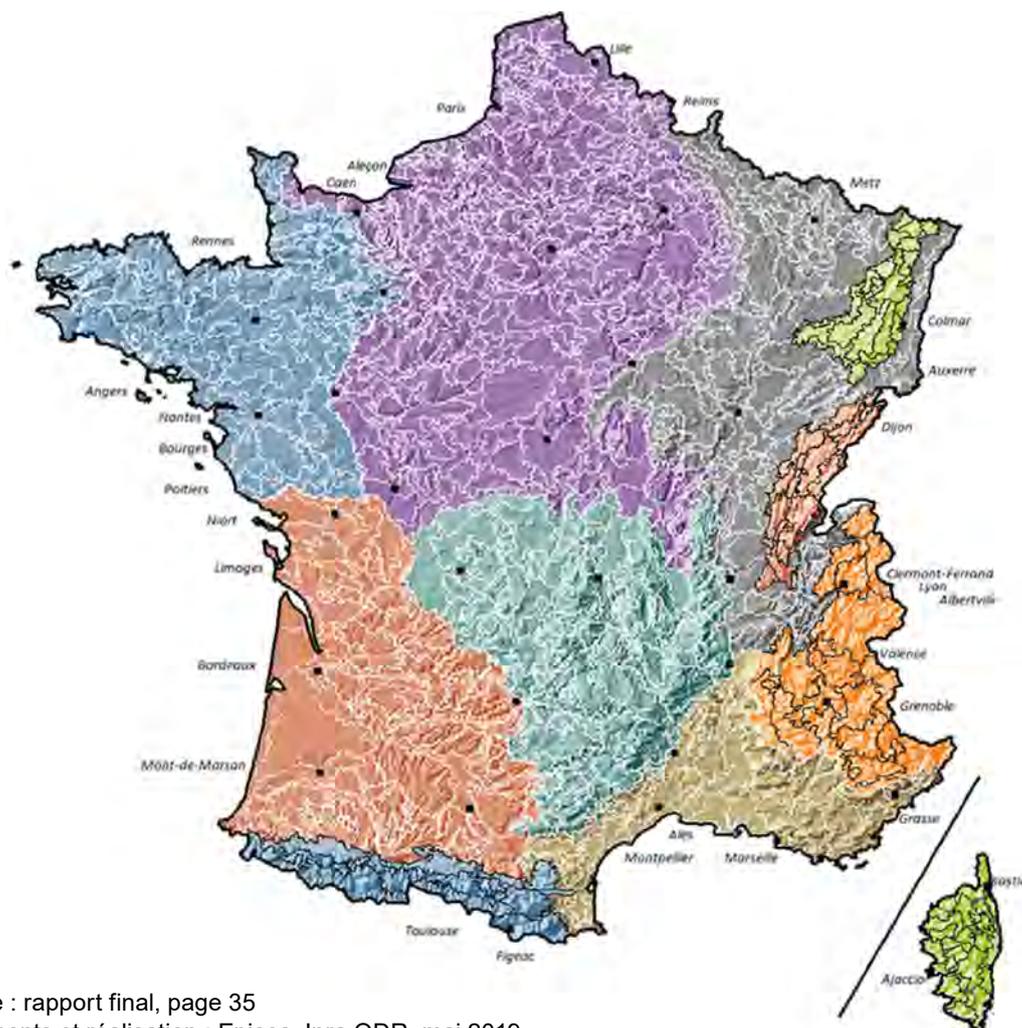
4. Présentation du zonage

Le zonage final retenu est constitué de 686 zones. Il est représenté sur la figure 11, les couleurs correspondant aux régions Greco. Les zones sont de tailles variables, de 3 642 ha pour la plus petite à 677 974 ha pour la plus grande (taille moyenne de 80 000 ha). Pour une description plus détaillée des zones construites, on pourra se reporter au rapport final de l'étude (pages 22 à 34).

4.1. Discussions sur la méthode de classification

Globalement, le zonage obtenu est satisfaisant du point de vue mathématique, la méthode de classification permettant de rendre compte de la diversité et de la répartition spatiale des indicateurs représentant l'ensemble des enjeux étudiés.

Figure 11 - **Zonage agricole multi-enjeux (ZAME)**
 Les couleurs correspondent aux différentes régions Greco



Source : rapport final, page 35
 Traitements et réalisation : Epices, Inra ODR, mai 2019

Plusieurs éléments de la méthode utilisée pourraient être discutés, afin d'en améliorer la pertinence : choix de l'unité communale comme unité de base, techniques de classifications mathématiques, etc. Mais c'est surtout la question des indicateurs choisis qui semble de première importance. Certains restent à revoir (par exemple « Combinaison des contraintes naturelles pour la présence de l'herbe », n° 8) et pour d'autres, l'agrégation sur les communes reste perfectible (« Vulnérabilité aux transferts de pesticides », n° 15).

4.2. Éléments d'analyse du zonage ZAME

4.2.1. Comparaisons avec les Régions agricoles

La superposition des Régions agricoles (RA) et du ZAME montre une adéquation très partielle de ces deux zonages :

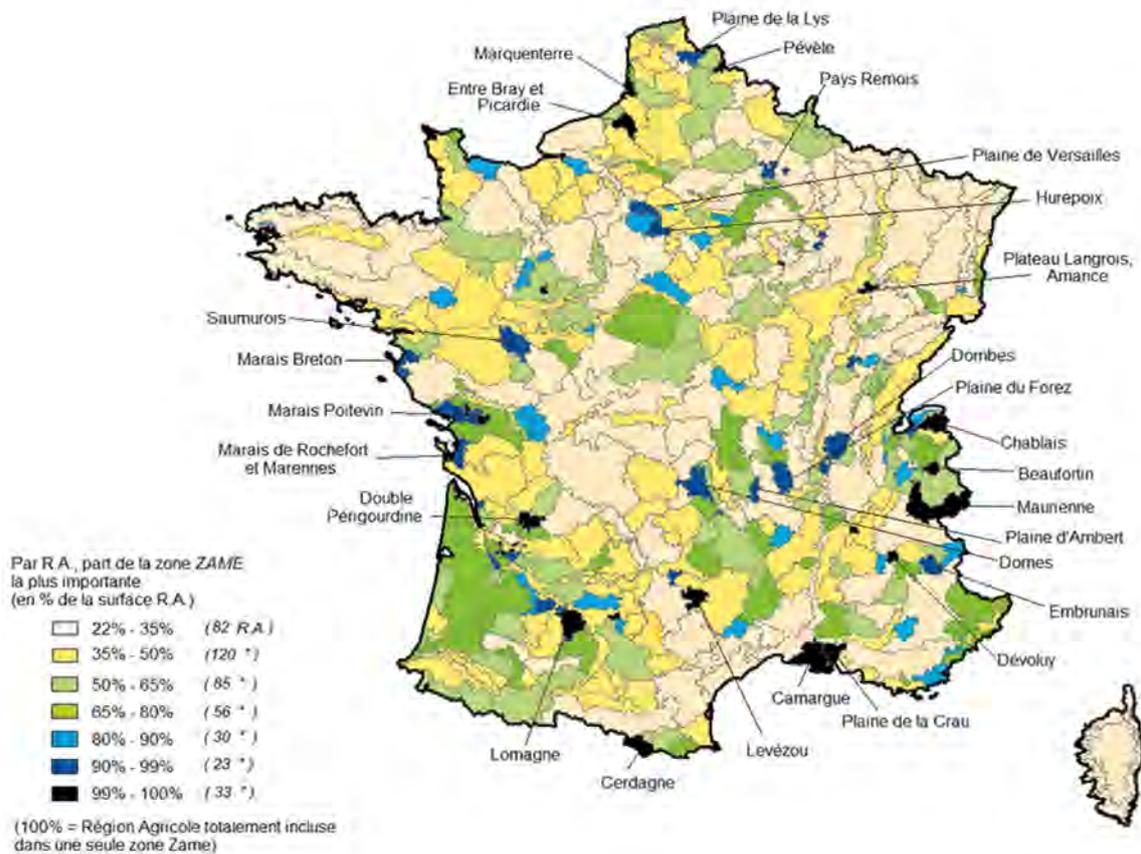
- Concernant l'inclusion des RA dans le ZAME (figure 12.a), une partie des RA étant assez grandes, il est normal qu'elles recoupent souvent plusieurs zones du ZAME.

Les territoires avec un profil spécifique (pente, humidité, vulnérabilité, etc.) affichent, pour leur part, un niveau de correspondance plus important (marais, coteaux, vallées, massifs montagneux).

- Concernant l'inclusion des ZAME dans les RA, on voit (figure 12.b) que les zones du ZAME, plus petites que les RA, sont plus souvent incluses dans ces dernières. Pour autant, les recouvrements ne sont pas très marqués, avec de grandes différences de taux de recouvrement, quel que soit le secteur géographique observé. Seules les zones littorales et quelques territoires du Nord/Nord-Est, ainsi que des zones remarquables (plateau de Millevaches, Camargue, Sologne, Brenne, etc.), ressortent de façon privilégiée. Ces dissimilarités s'expliquent par les finalités et méthodes de construction différentes de ces deux zonages.

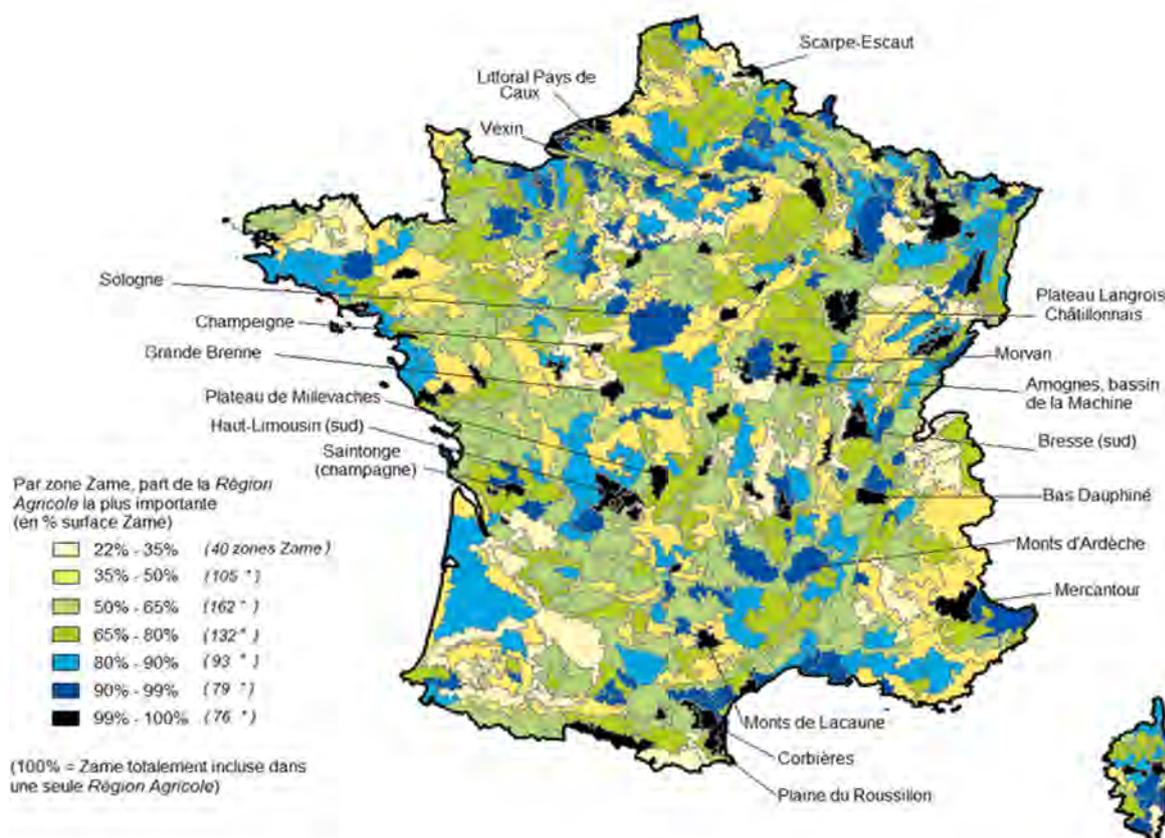
Figure 12 - Comparaison du ZAME avec les Régions agricoles

a - Inclusion des RA dans les ZAME



Source : rapport final, page 43

b - Inclusion du ZAME dans les RA



Source : rapport final, page 43

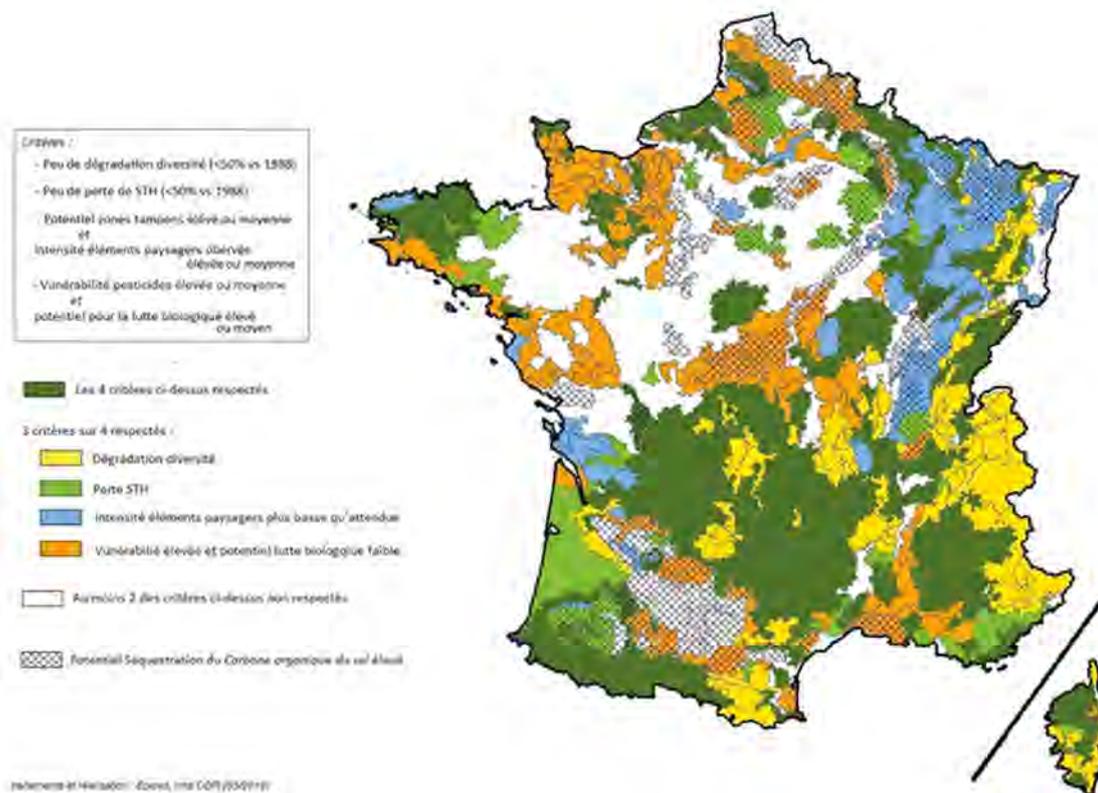
4.2.2. Décalage entre potentiel et état observé

Un des objectifs du ZAME est de fournir une échelle pertinente pour illustrer les décalages entre l'état actuel des territoires et leur potentiel agro-environnemental. Les figures 13 et 14 présentent, pour chaque zone, le nombre et les types de décalages majeurs observés par rapport aux indicateurs de potentiel établis pour chaque famille d'enjeu (éléments paysagers, surfaces herbagères, diversité culturelle, vulnérabilité aux transferts de pesticides et nitrates, potentiel de lutte biologique). Cette carte doit être interprétée avec précaution, en raison des limites méthodologiques explicitées dans le rapport d'étude et du fait du statut exploratoire de l'approche utilisée.

La figure 13 propose une vision « positive » mettant en avant les zones les plus proches de leur potentiel agro-environnemental. À l'inverse, la figure 14 met en avant celles qui sont les plus éloignées de leur potentiel.

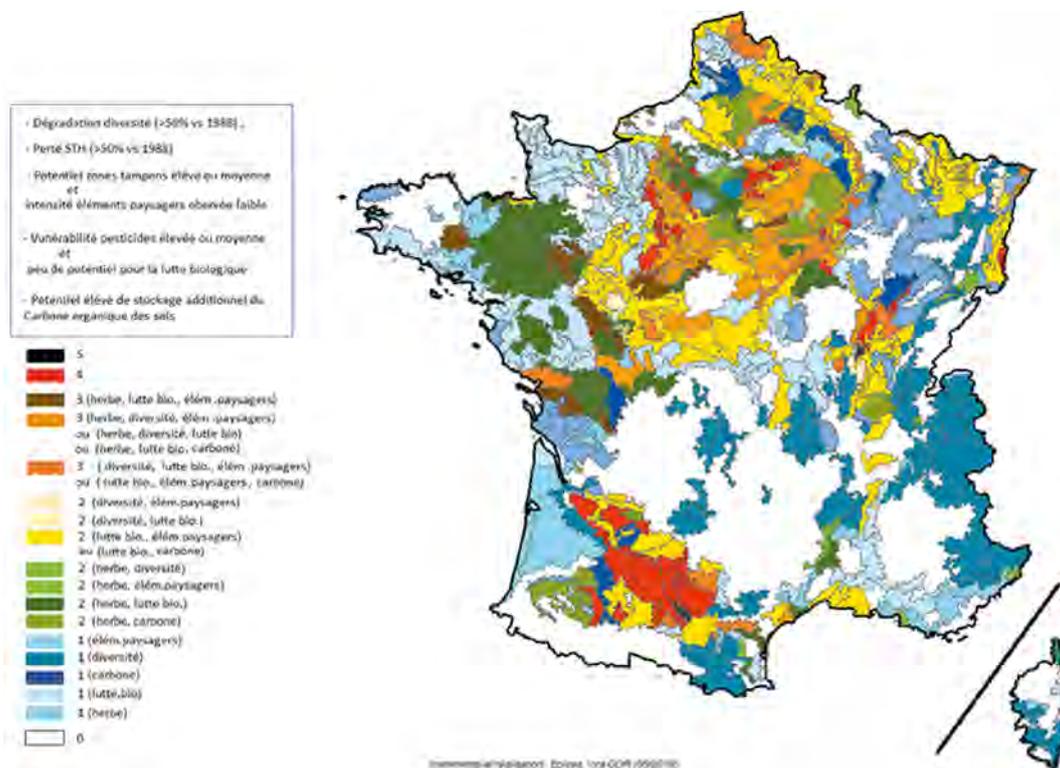
Les décalages les plus nombreux apparaissent dans la vallée de la Garonne : déficit de prairies permanentes et d'éléments paysagers, faible potentiel de lutte biologique sur des zones sensibles aux pesticides, baisse de diversité culturelle et déficit de carbone dans les sols. Des décalages nombreux se trouvent aussi dans certaines zones du Bassin parisien, de la plaine d'Alsace, du Val de Saône. En dehors de ces cas, la plupart des territoires présentent des décalages sur un seul critère seulement : déclin des surfaces

Figure 13 - Écart entre état et potentiel agro-environnemental des zones ZAME (territoires proches de leur potentiel)



Source : auteurs

Figure 14 - Écart entre état et potentiel agro-environnemental des zones ZAME (territoires éloignés de leur potentiel)



Source : rapport final, page 55

en prairies permanentes à l'est de la Lorraine et au sud de la Garonne ; faible potentiel de lutte biologique et vulnérabilité intrinsèque aux pesticides en Normandie, au nord du Massif central et dans la vallée du Rhône ; perte de diversité culturelle dans les zones de montagne. Les régions en blanc ne présentent quant à elles aucun décalage majeur par rapport aux critères analysés. Elles regroupent certaines zones de montagne, n'ayant pas connu de baisse de la diversité culturelle au fil du temps, mais aussi des zones de culture ou de polyculture-élevage de plaine (nord de la Bretagne).

Conclusion

Le zonage agricole multi-enjeux présenté ici est le fruit d'un travail exploratoire, et il n'est pas directement utilisable en l'état. Sa construction s'est avérée difficile, tant du point de vue conceptuel que technique, et elle a reposé sur diverses approximations. On peut donc s'interroger sur la possibilité d'élaborer un tel zonage et de l'utiliser dans le cadre de politiques publiques. Il serait certes possible d'améliorer le travail réalisé, en proposant de nouveaux référentiels et en affinant ceux proposés, mais il est peu probable que cela permette d'aboutir à un zonage pleinement satisfaisant.

Ce zonage n'a de toute façon pas de vocation opérationnelle immédiate. Il ne peut pas être considéré comme un outil prescriptif, capable de créer de nouvelles normes agro-environnementales. Sa première utilité est de nourrir la réflexion sur la cohérence des politiques à l'œuvre, et d'aider à réfléchir à la transition agro-écologique à une échelle territoriale.

Le plus souvent, les variables utilisées montrent la façon dont les contraintes du milieu pèsent sur les systèmes agricoles, d'où la notion de « prédisposition » liée à la contrainte physique. Pour autant, le potentiel agro-environnemental d'une zone n'est pas figé. Tout territoire pourrait posséder une forte qualité agro-environnementale, à condition d'y favoriser l'implantation de systèmes et de pratiques favorables (exemple des systèmes de polyculture-élevage en agriculture biologique).

Ce zonage est basé avant tout sur des indicateurs qui qualifient l'état des profils agro-environnementaux, sur la base des facteurs physiques. Son amélioration, à l'avenir, passerait par la mobilisation d'indicateurs supplémentaires (concernant en particulier l'agriculture biologique) ou par l'amélioration de certains indicateurs utilisés. Dans une visée opérationnelle future, l'identification et la sélection des indicateurs pourraient se faire de façon plus participative, avec les différents porteurs d'enjeux et experts.

L'intérêt du ZAME réside dans la possibilité d'observer les décalages entre les prédispositions environnementales des territoires et l'état actuel des systèmes et des pratiques. Les territoires montrant les décalages les plus marqués pourraient faire l'objet d'interventions ciblées, afin de les aider à surmonter leurs contraintes structurelles. De leur côté, les territoires réalisant déjà leur potentiel agro-environnemental pourraient être soutenus afin de pérenniser cette situation, par exemple au travers de Paiements pour services environnementaux (PSE).

Il serait intéressant, pour prolonger ces premiers résultats, d'intégrer dans l'analyse les questions relatives au changement climatique. Une piste serait de travailler sur l'état actuel des variables et d'identifier celles qui semblent les plus sensibles aux questions climatiques, pour envisager ensuite un approfondissement. Une attention particulière pourrait également être portée aux enjeux de déprise et de fermeture des milieux, d'avancée du front forestier et d'évolution des territoires périurbains. Enfin, des variables socio-économiques pourraient être introduites dans la construction du zonage (filières, structures agricoles), celles-ci étant susceptibles de favoriser ou au contraire freiner la transition agro-écologique.

Bibliographie

Benzécri J.-P., 1975, « L'analyse des données », *Population*, n° 6, p. 1190.

BRGM, 2005, *Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines du Bassin Seine-Normandie*, étude réalisée dans le cadre des opérations de services public du BRGM.

Cantelaube P., Carles M., 2015, « Le registre parcellaire graphique : des données géographiques pour décrire la couverture du sol agricole », *Cahier des Techniques de l'INRA*, numéro spécial GéoExpé, pp. 58-64.

Chavent M., Kuentz-Simonet V., Labenne A. *et al.*, 2018, « ClustGeo : an R package for hiérarchique clustering with spatial constraints », *Computational Statistics*, vol. 33, n° 4, pp 1799-1822.

Devienne S., Garambois N., Mischler P., Perrot C., Dieulot R., Falaise D., 2016, *Les exploitations d'élevage herbivore économes en intrants (ou autonomes) : quelles sont leurs caractéristiques ? Comment accompagner leur développement ?* rapport d'étude d'AgroParisTech, de l'Idèle et du Réseau agriculture durable pour le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

Donet I., Le Bas C., Ruget F. et Rabaud V., 2001, « Suivi Objectif des Prairies. Guide d'utilisation », *Agreste Chiffres et données Agriculture*, n° 134.

Eliasson A., Terres J.-M., 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, Ispra (Italy)*, JRC Scientific and Technical Research series.

FAO, 1976, « A framework for land evaluation », *Soil Bulletin*, n° 32, FAO, p. 72.

Fischer G., Velthuizen H. van, Shah M., Nachtergaele F., 2002, *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*, IIASA International Institute for Applied Systems Analysis.

- Gabriel K. F., 1971, « The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis », *Psychometrika*, n° 46, pp. 93-105.
- Gauroy C., Bougon N., Carluer N., Gouy V., Le Hénaff G., Piffady J. et Tormos T., 2014, « Évaluation des risques de contamination des masses d'eau de surface par les produits phytosanitaires en France : la méthode Arpeges », *TSM*, n° 12, pp 61-78.
- Hilal M., Desbois D., 1996, « Définition de formes régionales particulières : les zonages agricoles », *Études des phénomènes spatiaux en agriculture*, pp. 135-142, Inra Editions.
- IFN, 2011, « Une nouvelle partition écologique et forestière du territoire métropolitain : les sylvoécotésions (SER) », *l'IF*, n° 26.
- Johnson S. C., 1967, « Hierarchical clustering schemes », *Psychometrika*, n° 32, pp 241-245.
- Jolliffe I., 1986, *Principal Component Analysis*, Springer-Verlag.
- Le Barth C., Kunzmann A.-F., Villanneau E., Lozupone X., Le Bas C., Ortega C., Peirrier C., Laroche B., Brandy M., Bispo A., 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, art.3., ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Le Bas C., 2018, *Carte de la Réserve utile en eau issue de la Base de données géographique des sols de France*, portail Data Inra, V2 : <https://doi.org/10.15454/JPB9RB>
- Le Hénaff G., Carluer N., Gouy V., Malavaud C., Tormos T., Piffady J., 2017, *Document d'interprétation d'ARPEGES : relations entre vulnérabilités intrinsèques et conditions pédoclimatiques*, Irstea-AFB.
- Louault F., 1982, « La délimitation des régions agricoles. L'exemple de l'Indre-et-Loire », *Norois*, n° 115, pp. 345-364.
- MacQueen J., 1967, « Some methods for classification and analysis of multivariate observations », *Proceedings Fifth Berkeley Symposium on Mathematics Statistics and Probabilities*, vol. 1, pp. 281-297.
- Mantran M., Angeon V., 2017, *Le découpage des Antilles françaises en petites régions agricoles : un zonage perfectible*, HAL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01525377>
- 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 p.
- Pointereau P., Paracchini M.L., Terres J.-M., Jiguet F., Bas Y. and Biala K., 2007, *Identification of High Nature Value farmland in France through statistical information and farm practice surveys*, Report EUR 22786 EN, 62 p.
- Richard-Schott F., 2009, « Le Recensement général de l'agriculture de 1955, une référence pour les géographes ? », *Géocarrefour*, vol. 84, n° 4.

- Poux X., Pointereau P., 2014, *L'agriculture à « haute valeur naturelle » en France métropolitaine. Un indicateur pour le suivi de la biodiversité et l'évaluation de la politique de développement rural*, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, ASca, SOLAGRO.
- Rouquette J.-L., Pflimlin A., 1995, « Les grandes régions d'élevage : proposition de zonage pour la France », *IVe Symposium international sur la nutrition des herbivores*, Clermont-Ferrand, Theix.
- Saporta G., 2006, *Probabilités, analyse des données et statistique*, Technip.
- Sinan M., Trouillard J.-M., 1993, *Utilisation de la cartographie multicritère pour l'étude des vulnérabilités des nappes. Application au sud du bassin hydrogéologique de l'Essonne*, rapport BRGM RR-37211-FR, 41 p.
- Schaller N., 2013, « L'agro-écologie : des définitions variées, des principes communs », *Analyse*, n° 59, Centre d'études et de prospective, 4 p.
- Therond O., Tibi A. et Tichit M., (coord.), 2017, *Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE. Synthèse du rapport d'étude*, Inra, 118 pages.
- Zakeossian D., Cantelaube P., Muhlberger S. et Poméon T., 2021a, *Rapport de l'étude Zonage agricole multi-enjeux*, Epices, Inra Odr, pour le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Zakeossian D., Cantelaube P., Muhlberger S. et Poméon T., 2021b, « Comment approcher le potentiel agro-environnemental des régions agricoles et les dérèglements liés aux activités productives ? Construction d'un zonage multi-enjeux sur la base des caractéristiques naturelles et historiques des régions agricoles », *Analyse* n° 160, Centre d'études et de prospective, 4 p.

Notes et études socio-économiques

Tous les articles de *Notes et études socio-économiques* sont téléchargeables gratuitement sur :

<http://agriculture.gouv.fr/centre-d-etudes-et-de-prospective>

- Rubrique **Publications du CEP > Notes et études socio-économiques**

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

- Rubrique **Publications > Notes et études socio-économiques**

Notes et études socio-économiques

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Secrétariat Général

Service de la Statistique et de la Prospective

Centre d'études et de prospective

Renseignements :

Bruno Hérauld
Chef du Centre d'Études et de Prospective
3 rue Barbet de Jouy
75349 Paris 07 SP

bruno.herault@agriculture.gouv.fr