



**HAL**  
open science

## Etude exploratoire pour la définition de Zonages Agricoles Multi-Enjeux. Rapport Final

Dikran Zakeossian, Pierre Cantelaube, Sarah Muhlberger, Mickaël Hugonnet,  
Thomas Poméon, Pauline Buchheit

► **To cite this version:**

Dikran Zakeossian, Pierre Cantelaube, Sarah Muhlberger, Mickaël Hugonnet, Thomas Poméon, et al..  
Etude exploratoire pour la définition de Zonages Agricoles Multi-Enjeux. Rapport Final. INRAE.  
2020. hal-04342417

**HAL Id: hal-04342417**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04342417>**

Submitted on 13 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

*Unité de service*



**Évaluer les Politiques et Innover  
pour les Citoyens et les Espaces**



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

**RAPPORT FINAL**

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.

# Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. CONTEXTE DE LA MISSION ET COMPREHENSION DE LA DEMANDE</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. CONTEXTE DE LA MISSION  | 1         |
| 1.2. OBJECTIFS DE LA MISSION   | 2         |
| 1.3 DEROULEMENT DE LA MISSION  | 4         |
| <b>2. CADRAGE METHODOLOGIQUE</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1 CADRE GENERAL D'INTERPRETATION DU QUESTIONNEMENT : QUEL L'OBJET POUR LE ZONAGE?  | 6         |
| 2.2 QUELLES VARIABLES ET QUEL USAGE POUR CE ZONAGE : LIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES?  | 15        |
| <b>3. INVENTAIRE DES INDICATEURS DISPONIBLES ET CONSTRUCTION DU ZONAGE</b>   | <b>20</b> |
| 3.1 METHODE D'INVENTAIRE DES VARIABLES MOBILISABLES DANS LE ZONAGE   | 20        |
| 3.2 INDICATEURS DU PROFIL AGRO-ENVIRONNEMENTAL (CF ANNEXE INDICATEURS)   | 21        |
| 3.3 CONSTRUCTION DU ZONAGE FINAL   | 22        |
| <b>4. COMPARAISON DU ZONAGE MULTI-ENJEUX AVEC LES ZONAGES EXISTANTS</b>  | <b>41</b> |
| 4.1 COMPARAISON DES CONTOURS DU ZONAGE AVEC LES AUTRES ZONAGES EXISTANTS   | 37        |
| 4.2 COMPARAISON DES PROFILS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX AVEC L'ETAT DES STRUCTURES PAYSAGERES, DES PRATIQUES ET SYSTEMES AGRICOLES | 40        |
| <b>5. ANNEXES</b>  | <b>49</b> |

# 1. Contexte de la mission et compréhension de la demande

## 1.1 Contexte de la mission

### **ORGANISER LA COHERENCE DES POLITIQUES AU SERVICE DE LA TRANSITION**

La politique agricole en France et en Europe se tourne de plus en plus vers un soutien à la transition de l'agriculture et l'appui aux dynamiques agro-écologiques. Cette tendance de fond touche aussi bien la PAC avec des évolutions marquées de ses piliers (cf. verdissement du P1, refonte de l'ICHN, nouvelles MAE système ...) que la politique nationale résolument tournée depuis 5 ans vers l'agro-écologique (cf. plan national de l'agro-écologie, orientations de la Loi d'avenir, plans et programmes associés...).

Si ces évolutions se mettent en place de façon progressive, elles témoignent en réalité de ruptures importantes dans les logiques de construction des politiques publiques et une volonté de passer d'une somme d'approches sectorielles à des politiques plus intégrées et transversales. En effet, derrière les changements observés dans la PAC ou le projet national agro-écologique, on voit une volonté de renforcer structurellement la cohérence des politiques publiques tournées vers le soutien à la transition, en dépassant les limites des approches sectorielles corrigées a posteriori par des mesures ou normes environnementales.

Cette recherche de cohérence au service d'un nouveau projet de transition agricole et agro-écologique se retrouve aussi dans la réflexion autour des zonages agricoles. Ces zonages sont à la fois des outils de caractérisation des équilibres (ou déséquilibres) actuels dans l'état de l'agriculture et des territoires, mais aussi des outils d'orientation et de pilotage des politiques agricoles et environnementales. Les travaux relatifs à la caractérisation des régions agricoles en vue d'un ciblage des politiques publiques datent des années 40 et 50, avec la démarche engagée sous l'impulsion du Commissariat Général au Plan pour la délimitation des "Petites Régions Agricoles" (PRA). Dans ce contexte, les besoins d'actualisation de cette réflexion se posent avec de plus en plus d'acuité.

Aujourd'hui, les réflexions sur la caractérisation de l'agriculture et des zonages à Haute Valeur Naturelle reflètent ce souhait de reconnaissance et de soutien des agro-écosystèmes vertueux. Les études visant à qualifier les services écosystémiques de l'agriculture et à cartographier ces services sur les espaces nationaux, relèvent de cette même dynamique (Thérond, Tichit et Tibi, 2017). Au-delà, l'adaptation possible du zonage des ICHN est là encore une question importante de l'agenda politique depuis plusieurs années dans une logique de cohérence et d'adaptation des politiques agricoles et rurales. Ce zonage est à lui seul un outil de reconnaissance des contraintes naturelles/environnementales auxquelles est soumise l'activité agricole, mais aussi des services rendus par cette dernière en matière d'entretien des espaces ruraux et de maintien de systèmes durables.

En parallèle à ce mouvement des politiques agricoles, les politiques environnementales sont elles aussi de plus en plus exigeantes et complexes, cherchant à organiser une transition écologique et environnementale dans un grand nombre de domaines (eau, biodiversité énergie, climat, air ...). Cet effort donne lieu progressivement à une densification des normes environnementales dans chaque domaine. Il donne lieu aussi à un souhait de transversalité abordé de plus en plus au travers des outils de la planification environnementale (schémas de gestion et orientation- SRADET, SAGE, SCOT...), veillant à une certaine cohérence des politiques et interactions. Pour autant, les règles environnementales restent le plus souvent rattachées à des normes venant corriger des pressions anthropiques ou sanctuariser des ressources et patrimoines exceptionnels. Elles ont de ce fait des incidences souvent peu coordonnées, voire contradictoires, à l'échelle des territoires et des exploitations agricoles.

## 1.2 Objectifs de la mission

### *OBJECTIFS INITIAUX DU CAHIER DES CHARGES*

Dans les attendus du cahier des charges de l'étude, l'objectif de la mission est de voir « dans quelle mesure il serait possible, **de définir un zonage agricole "multi-enjeux"** à partir des déterminants potentiels des activités et pratiques agricoles ». Il s'agit de définir, dans la mesure du possible, des agro-éco-zones homogènes en se basant notamment sur des variables « *physiques* », reflétant le potentiel agro-écoclimatique des territoires, et de « *caractériser des unités ayant des caractéristiques agricoles «potentielles», et non pas d'identifier les déterminants de l'organisation agricole actuelle des territoires* ».

La construction de ce zonage agricole multi-enjeux vise notamment à faciliter le travail autour de la cohérence des politiques – entre politiques agricoles elles-mêmes ou entre politiques agricoles et environnementales - en répondant de façon plus intégrée et globale à la pluralité des enjeux agricoles actuels.

L'étude se situe en amont par rapport de toute perspective de valorisation politique et opérationnelle. **Elle a un statut exploratoire à la fois sur un plan technique et sur un plan plus stratégique.** Elle doit permettre de **tester la faisabilité d'un tel zonage** à l'aide de méthodes statistiques et géomatiques de compilation et d'analyse de données. Il s'agit aussi de réfléchir au sens et à la pertinence d'un tel zonage et d'interroger les liens avec les autres zonages existants en vue d'améliorer la cohérence des politiques.

Une des attentes initiales porte sur **l'actualisation de la réflexion historique relative aux petites régions agricoles**, pour une « mise à jour » de leurs fondements techniques et politiques qui apparaît légitime compte tenu des évolutions de tous ordres.

### *LES ATTENTES DES SERVICES*

Au-delà de ces objectifs généraux, les contours précis du zonage et de ses modalités de construction restaient à affiner en début de mission pour répondre à une série de questions en suspens dont notamment :

- ⇒ La façon de faire le lien entre les déterminants physiques du milieu et les activités ou pratiques agricoles : les activités agricoles observables sont le résultat du milieu mais aussi d'un grand nombre d'autres déterminants socio-économiques (voir plus loin) ;

- ⇒ La notion de caractéristiques agricoles «potentielles». Comment définir ses potentialités des régions agricoles ? S'agit-il de potentialités productives ou de potentialités agro-écologiques, agro-environnementales ?
- ⇒ La façon d'organiser le lien entre ce zonage et les politiques publiques. Si l'objectif n'est pas directement à visée opérationnelle, comment articuler le travail de construction du zonage avec les référentiels territoriaux des différentes politiques publiques et les zonages qui leur servent de base ?
- ⇒ Quel lien entre ce zonage et un des référentiels les plus évidents que sont aujourd'hui les Petites Régions Agricoles ? S'agit-il d'actualiser le découpage territorial des PRA ou de confronter le zonage aux PRA pour en observer les convergences et écarts ...

Afin de clarifier ces différentes dimensions une série d'entretiens de cadrage ont été réalisées avec les membres du comité de pilotage et les services concernés.

Ces derniers font ressortir différentes familles d'attentes dont :

- ⇒ Un lien entre ce zonage et les normes et référentiels agro-environnementaux ou agro-écologiques mobilisés dans les différentes politiques publiques. Qu'il s'agisse des MAEC ou de la conditionnalité de la PAC (BCAE, SIE...), les mêmes familles de questions se posent pour savoir comment caractériser les « bonnes pratiques » accessibles et « bons référentiels territoriaux ». De même, la question du lien entre contrainte naturelle et état des pratiques /occupation des sols est très présente dans les référentiels des politiques publiques comme en témoigne la problématique des ICHN. Le zonage multi-enjeux doit donc permettre d'éclairer ces référentiels – agro-environnementaux au sens large.
- ⇒ Une caractérisation des territoires agricoles homogènes d'un point de vue des pratiques et pressions agricoles, à l'image des apports des enquêtes pratiques culturelles qui sont hélas avec une échelle géographique assez grossière. Cette approche semble en revanche peu cohérente avec un des axes principaux du cahier des charges, à savoir la construction du zonage sur la base des variables physiques et potentialités dites naturelles.
- ⇒ Une actualisation possible de certains référentiels de développement agricole concernant le potentiel productif des territoires – (Ex. des régions fourragères - modèle Isop pousse de l'herbe, capacités de stockage d'azote...). Cette approche est moins prégnante dans les attentes : elle fait moins le lien aux enjeux généraux des politiques publiques, mais s'inscrit davantage dans la perspective de renforcement de référentiels «agronomiques» ou professionnels, ce qui serait davantage du ressort des acteurs de la R&D agricole (Instituts techniques, Chambres, Inra...) ;
- ⇒ Un intérêt certain pour la réactualisation de la réflexion sur les PRA puisque cette maille est une des seules disponibles pour la mise en perspective des variables agricoles mais n'a pas fait l'objet d'actualisation depuis des décennies.

### **EN SYNTHÈSE, CONSTRUIRE UN ZONAGE DU "POTENTIEL AGRO-ENVIRONNEMENTAL" DES RÉGIONS AGRICOLES**

Au regard de ces différentes familles de questionnements, cette réflexion a permis d'apporter plusieurs arbitrages. Le choix a été fait de centrer l'analyse sur la constitution d'un zonage des « potentialités ou prédispositions agro-environnementales des régions agricoles » ce ciblage étant le plus cohérent avec

les orientations initiales (ex. lien aux politiques publiques, lien aux déterminants physiques ...).

Plusieurs défis importants s'ouvrent néanmoins à cette construction dans la mesure où le « potentiel » ou « profil agro-environnemental » d'un territoire est très complexe à définir.

- ⇒ Il dépend en partie de variables physiques (ex. présence de milieux remarquables, densité des cours d'eau ...) mais pas uniquement ;
- ⇒ Il dépend aussi fortement des choix socio-économiques relatifs aux systèmes des exploitations (ex. système agrobiologique ou système conventionnel) et des choix des exploitants sur les pratiques culturelles au sein d'un système donné (ex. fertilisation au sein d'un système conventionnel).

Dans l'esprit de l'étude, l'objectif serait donc de construire un zonage des régions agricoles qui rende compte du lien entre profil agroenvironnemental et variables naturelles. A défaut, proposer si possible « un référentiel des systèmes agro-écologiques accessibles » dans un environnement donné, en se basant sur des variables empiriques statistiquement « documentables ».

## 2.3 Déroulement de la mission

Le déroulement de cette mission s'est organisé autour de plusieurs phases et familles de modules rappelés dans le schéma ci-dessous :

- Une **première phase de cadrage** avec les services de l'administration et de cadrage plus conceptuel sur la base de la littérature existante et analyse documentaire. Ce temps de cadrage s'est conclu par un **atelier collaboratif** permettant d'affiner le cadre logique et les ressources disponibles ;
- un travail de **double inventaire** « inventaire des caractéristiques déterminant potentiellement les activités et pratiques agricoles », et un « inventaire des indicateurs permettant de décrire ces caractéristiques » potentiels reflétant ces déterminants ;
- la **consolidation ou construction d'indicateurs spécifiques** relatifs à chacune des dimensions agro-environnementales pouvant être introduites dans le zonage. En plus des indicateurs déjà existants dans les travaux de recherche, un certain nombre de nouveaux indicateurs ou cartes ont été produites en s'inspirant des travaux disponibles mais en cherchant à se centrer sur les enjeux de l'étude.
- **la construction d'un (de) zonage(s) « multi-enjeux »**, basée sur la sélection des indicateurs pertinents et accessibilité, leur hiérarchisation et combinaison en lien avec des méthodes mathématique et statistique les plus adaptées ;
- L'évaluation de la pertinence des résultats et **la comparaison de ce(s) zonage(s) avec d'autres zonages agricoles et environnementaux** existants ; leur confrontation aux autres champs de variables socio-économiques non prises en compte ;

- **La construction de recommandations sur le plan de la méthode** de construction du zonage ou **sur le plan de sa valorisation** pour guider et orienter les mécanismes de construction des politiques publiques ou le renforcement de leur cohérence.



## 2. Cadrage méthodologique

### 2.1 Cadre général d'interprétation du questionnement : quel l'objet pour le zonage?

La construction d'un zonage des potentialités agro-environnementales des régions agricoles nécessite de proposer un cadre d'interprétation global en surmontant les différents défis listés plus haut. Il s'agit donc dans ce chapitre de préciser le référentiel de construction du zonage et la manière d'interpréter le lien entre variables physiques et « potentialités » agro-environnementales des territoires.

#### **LES PRATIQUES ET ACTIVITES AGRICOLES, A LA CROISEE DE MULTIPLES DETERMINISMES**

Le poids des variables naturelles/ physiques (sol, pente, climat, ...) sur les systèmes et activités agricoles est au cœur de la réflexion. Dans quelle mesure l'orientation des systèmes de production, des systèmes de cultures ou des pratiques (itinéraires techniques) d'un agriculteur sont-elles en lien avec la nature du milieu et dans quelle mesure sont-elles déterminées par des variables socio-économiques et culturelles ?

#### **LE CAS DES (PETITES) REGIONS AGRICOLES: UN EXEMPLE HISTORIQUE AVEC DE NOMBREUX ENSEIGNEMENTS**

Au regard de la réflexion engagée par l'étude, le cas particulier des petites régions agricoles (PRA) est particulièrement intéressant et illustratif à observer. En effet, cette démarche de zonage répond à l'époque de sa mise en place – 1946 - à une double vocation à la fois statistique et orientationnelle pour les politiques publiques recherchée par le Commissariat Général au Plan. L'objectif est de disposer d'un zonage approprié pour les actions d'aménagement destinées à accélérer le développement de l'agriculture, vite affaibli par la recherche de circonscriptions stables et déterminées a priori par des formes de terroirs agricoles figés.

Or, les mécanismes de construction des PRA, prenant leur origine dans la géographie agraire des années 1800 montrent l'intérêt et la complexité de l'exercice engagé, comme l'illustrent les travaux de François Louault (La délimitation des régions agricoles, Norois -1982) en matière de géographie agraire. L'analyse théorique proposée par ces travaux semble largement d'actualité et permet d'interroger ces relations agriculture- milieu avec une vision historique.

Ce dernier montre notamment que pour les géographes du XIXème siècle les régions agricoles sont associées en grande partie aux caractéristiques des zones naturelles et leur géologie, cherchant ainsi à faire coïncider réalités agricoles et affleurements géologiques. Pour E. Risler et ses collègues, géologie agricole et géographie agricole se confondent. Les systèmes de culture régionaux se déterminent en fonction des sols. De ce fait, il existe en France « autant de systèmes de culture qu'il y a d'anciennes dénominations comme la Brie, la Beauce, le Vexin, le pays de Caux, le Bocage »...

Petit à petit cette approche est questionnée et enrichie en faisant valoir l'importance d'autres facteurs naturels (climats, ...) ou des variables structurelles (structures foncières, main d'œuvre) et économiques.

*« La notion de région agricole se greffe, en France, sur celle de pays au milieu du XIXème siècle. L'idée vient alors de donner aux pays aux limites fluctuantes (ainsi les cas du Véron, des Varennes, de la Champeigne, des Gâtines le démontrent pour la Touraine) une assise solide, voire définitive. Les géologues s'empressent de faire coïncider régions agricoles et affleurement géologique. L. Chevalier (6) dans ses « Etudes sur la Touraine » adopte cette thèse ensuite reprise, diffusée, et même institutionnalisée par E. Risler (7).*

*Pendant plus d'un demi-siècle cet ouvrage constitue « un guide des plus précieux pour les auteurs de monographies régionales » (R. Dion). Pour E. Risler et ses émules, géologie agricole et géographie agricole se confondent. Les systèmes de culture régionaux se déterminent en fonction des sols. De ce fait, il existe en France « autant de systèmes de culture qu'il y a d'anciennes dénominations comme la Brie, la Beauce, le Vexin, le pays de Caux, le Bocage » (8). Les premiers géographes « classiques » admettent ce déterminisme ; leurs « pays agricoles » associent généralement à une assise géologique un contenu précis, les paysages agraires, considérés comme l'expression visible et objective des conditions économiques et sociales de production. »*

Pourtant comme le souligne Louault, cette confusion entre « pays » et « régions agricoles » n'apparaît pas générale.

*« Les « agrologues », dès le milieu du XIXème siècle, rejettent un déterminisme absolu et en viennent à délimiter les régions agricoles selon les types de culture dominants. G. Chariot procède de la sorte pour obtenir sa « Carte géologique et agronomique de la Touraine du Nord en 1858. Les contours de ses « régions agronomiques » ne coïncident pas avec ceux des affleurements géologiques. Au début du XXe siècle, avec les agrariens, les « régions agricoles » changent à nouveau de contenu et de limites. Les Ministres de l'Agriculture agrariens (Meline, Ruau) exigèrent un découpage délimitant des espaces homogénéisés par les structures de propriété. Pour l'Indre-et-Loire ce découpage s'affirme comme le plus original ; il débouche sur des régions aux limites totalement nouvelles et sans rapport avec les tentatives précédentes. »*

Louault montre aussi que la prééminence du terroir physique dans les facteurs de délimitation et définition des zonages comme principal déterminisme est progressivement remise en question ; d'autant que les processus de spécialisation agricole liés à la politique agricole et l'économie de marché ont fortement fait évoluer les liens entre régions agricoles effectives et terroirs originels.

*« L'analyse des interrelations terroir-exploitation apparaît particulièrement délicate.*

*« Le terroir est un territoire présentant certains caractères qui le distinguent au point de vue agronomique des territoires voisins » (Commission du Lexique agraire du Comité National de Géographie). Si l'on exclut le cas des exploitations « hors-sol » qui s'affranchissent totalement de leur support pédologique, le terroir constitue un cadre fondamental pour l'exploitation. Le choix du système de production agricole et les projets qu'elle élabore doivent nécessairement prendre en compte les aptitudes agronomiques du (ou des) terroirs supportant les*

parcelles.

1 - *L'influence du terroir sur le choix d'un système de culture varie considérablement dans l'espace. Elle peut être décisive lorsque la localisation d'une production vient s'inscrire dans des cadres préétablis (par exemple le cadastre viticole qui délimite les aires A.O.C.). Elle s'avère également déterminante sur des terroirs à aptitudes culturelles très affirmées ou très limitées (vallées alluviales...). Sur les terroirs à aptitudes culturelles diversifiées cette influence s'efface devant d'autres arguments, humains, structurels, techniques ou économiques. Tantôt les blocs de culture se calquent parfaitement sur les terroirs (plaine de Bourgueil), tantôt ils s'en détachent totalement.*

2 - *Une région agricole recouvre dans la plupart des cas plusieurs terroirs différents qui servent de support spatial commun à un grand nombre de cellules agricoles. Le noyau d'une région agricole s'inscrit généralement sur un type de terroir (ou une association de terroirs) spatialement dominants. La région agricole perd progressivement de son homogénéité lorsque la proportion spatiale du terroir de prédilection diminue. Une très grande variété de terroirs à potentialités culturelles contrastées favorise la constitution de systèmes de polyculture-élevage mal différenciés sur un espace donné.*

3 - *Un même terroir peut servir d'assise à des systèmes de culture changeants. Les terroirs viticoles des coteaux du Loir ont laissé place à l'arboriculture, à son tour menacée par la maïsiculture. Les terroirs constitutifs de la Gâtine de Montrésor connurent une spécialisation vers l'élevage laitier (1950-70) avant d'évoluer vers des systèmes de culture à dominante céréalière sur des sols pourtant peu favorables à ces productions.*

4 - *La spécialisation interne des exploitations agricoles, synchrone d'une spécialisation régionale croissante, modifient les contrastes façonnés par les terroirs. Dans la région de Bourgueil par exemple, chaque exploitation tend à spécialiser son système de culture en fonction de la localisation dominante des parcelles. Ailleurs les terroirs de taille réduite disparaissent en tant qu'unités agricoles ; ils sont progressivement phagocytés par les systèmes de culture dominants d'alentours (ainsi pour les terroirs attenants aux vallées qui traversent les plateaux céréaliers de Champeigne ou du Richelais).*

*Ces observations démontrent qu'**il est vain d'espérer asseoir un découpage en régions agricoles sur les terroirs ou sur les régions naturelles. Les contraintes naturelles ne représentent qu'une composante parmi les éléments constitutifs du système de culture** (cf. fig. 2). Mieux vaut rechercher directement des limites inspirées par la répartition spatiale des exploitations préalablement classées en fonction de leurs systèmes de culture. »*

### **EN SYNTHÈSE**

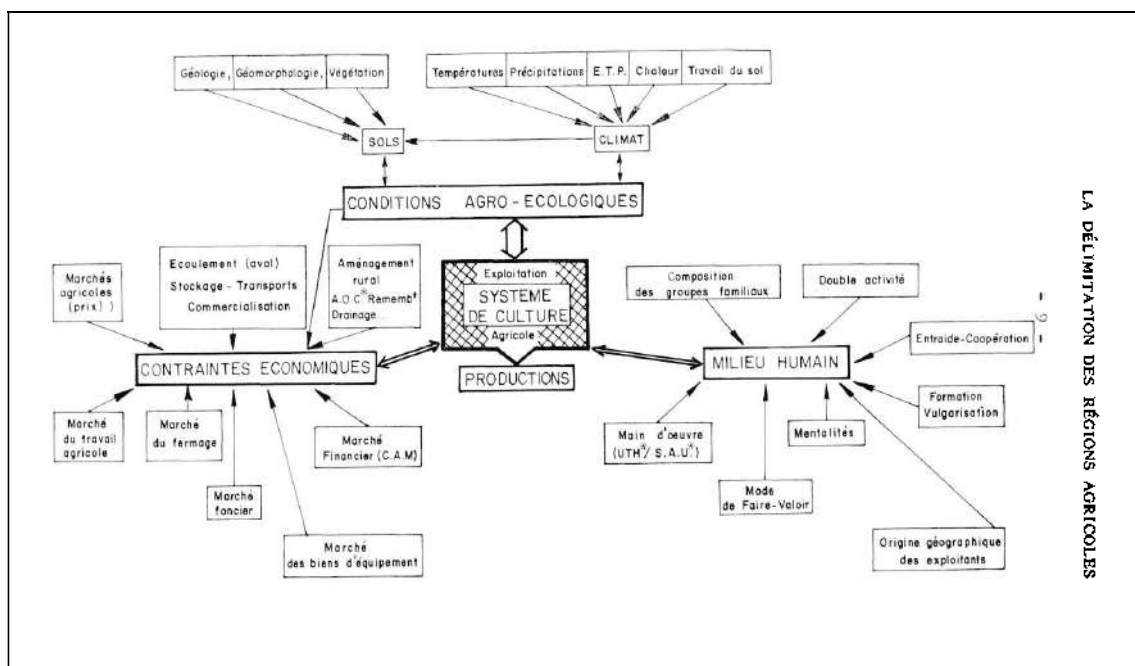
Si les variables physiques sont une dimension centrale des agro-écosystèmes, et façonnent les choix des systèmes de cultures et d'élevage pour les exploitants, elles ont aussi un poids partiel dans les déterminismes des activités agricoles. A la différence du domaine forestier dans lequel la pousse de la végétation est très fortement conditionnée par les caractéristiques biophysiques des stations forestières (bien que non exclusivement), l'activité agricole est une activité

anthropique dans laquelle le poids des facteurs socio-économiques, culturels, structurels<sup>1</sup>... est très important.

Les déterminants explicatifs des pratiques et systèmes /activités sont multiples et relèvent à la fois

- de nature physique – variables géomorphologiques, climatiques, pédologiques ...
- des risques naturels et environnementaux (érosion, inondations, pressions parasitaires
- des structures agricoles (tailles d'exploitations, niveaux de spécialisation, main d'œuvre ...)
- des types de filières en place et exigences de marché, effets des politiques macro-économiques par bassin de production...
- De facteurs sociologiques ou culturels ...

C'est en partie ce que montre le schéma de Louault ci-dessous même si l'objectif n'est pas ici de commenter la place relative de chaque variable ou de vérifier la complétude des variables proposées.



ex. de schéma d'articulation des variables au service de la construction des régions agricoles (François Louault, 1979)

Face aux limites des méthodes précédentes de construction des zonages agricoles l'auteur propose donc de changer d'optique et de baser les approches statistiques sur la réalité constatée des systèmes de cultures et des exploitations agricoles, qui agrègent de facto tous ces facteurs environnementaux et socio-économiques. "La région agricole devient alors une portion d'espace supportant une majorité d'exploitations pratiquant sensiblement le même système de production

<sup>1</sup> Au sens des structures agraires

agricole ». Pour Louault, « la délimitation d'une région agricole consiste à rechercher l'aire d'extension d'un système de production agricole dominant, sans a priori ou préjugé quant aux limites de sa localisation. Cette démarche rompt avec celles adoptées jusqu'ici où la prise en compte des facteurs différenciant (tant dans la recherche d'unités « homogènes » que « polarisées ») postulait un déterminisme ou un « possibilisme » réfutés ici. »

### **QUELLE PLACE DES VARIABLES NATURELLES : COMMENT APPROCHER LA NOTION DE POTENTIALITÉS NATURELLES?**

A défaut d'être déterminantes, les variables physiques liées aux « terroirs » sont sans aucun doute bien présentes et influent sur les pratiques et les systèmes qui se mettent en œuvre dans un territoire donné. Ces effets s'expriment par exemple dans les différences de pousse de l'herbe selon les conditions pédoclimatiques, dans les différences de rendements des cultures, dans les prévalences des maladies fongiques du fait des variables climatiques (humidité ...),...

Rappelons que pour le cahier des charges de la mission, il s'agit de "caractériser des unités ayant des caractéristiques agricoles « potentielles », et non pas d'identifier les déterminants de l'organisation agricole actuelle des territoires". En outre, l'objectif est de capter les caractéristiques intrinsèques du milieu indépendamment des pratiques à l'œuvre ou des transformations apportées par l'activité humaine.

La question n'est donc pas de savoir si un territoire bocager a aujourd'hui un potentiel agro-environnemental (« **potentiel actuel** ») plus fort qu'un territoire sans bocage, mais s'il avait, a priori, le même potentiel que le territoire voisin malgré des évolutions différentes sous la pression anthropique (**cf. logique de potentiel « intrinsèque »** avant la modification du milieu et par les activités humaines<sup>2</sup>). Cette intrication entre le potentiel initial, l'actuel, le possible et le souhaitée est source de certaines difficultés conceptuelles, méthodologiques et opérationnelles, qu'on retrouve également dans les approches sur les services écosystémiques (Thérond, Tichit et Tibi, 2017)

Deux autres dimensions sont aussi à différencier :

- D'une part ce **qui relève et renvoie au « potentiel productif »** des terroirs ou régions agricoles avec des notions de rendement accessible et d'intensité productive.
- De l'autre côté de ce qui renvoie au « **potentiel agro-environnemental** » ou agro-écologique des territoires.

Or, si le potentiel agronomique/productif d'un territoire est relativement facile à approcher au regard de critères normatifs (rendement, chargement maximal en lien avec la productivité du milieu...) comment approcher et caractériser le potentiel agro-environnemental ? De ce point de vue, le risque aurait été de considérer que certains territoires se prêtent par construction à une approche agro-écologique, et d'autres non ; et de tomber ainsi dans une lecture qui associe l'état actuel à un état prédéterminée allant de soi.

Ainsi, il serait vain d'imaginer que la Beauce ou la Brie ont des potentiels agro-environnementaux ou agro-écologiques faibles là où les zones de montagne

<sup>2</sup> à condition qu'il soit accessible conceptuellement et qualifiable avec les données et moyens de calculs actuels.

auraient un potentiel élevé. Rappelons que toutes les petites régions agricoles peuvent potentiellement accueillir des systèmes biologiques et agro-écologiques et pourraient potentiellement intégrer des structures et surfaces d'intérêt écologiques enrichissant ainsi leur diversité. Notons que dans une perspective historique, la Champagne Berrichonne était en grande partie une terre à moutons avant tout couverte d'herbe, alors que les exploitations de montagne étaient bien davantage orientées vers la polyculture-élevage avec une proportion de prairie permanente plus faible qu'aujourd'hui mais aussi une bien plus grande diversité de productions.

A la différence des notions de « potentiel productif » associé à un milieu naturel peu limitant (voir aussi notion de zonage agro-écologique de la FAO ci-dessous), la notion de « potentiel agro-environnemental » ne semble pas a priori limitée par les caractéristiques du milieu lui-même. Sauf à considérer que la densité des habitats ou espèces remarquables (présents aujourd'hui) sont une des variables de ce potentiel et que tous les milieux n'ont pas la même richesse ; d'autant que la richesse d'un milieu vient aussi (voire surtout) de ce qui le différencie des autres milieux. L'enjeu est donc de se positionner au croisement des notions de potentiel intrinsèque, productif et environnemental, en intégrant les systèmes agricoles possiblement intégrables dans cette matrice agro-écologique.

#### **La notion de Zones Agro-Ecologiques et de potentiel productif - FAO**

Pendant les années 1970 la FAO consacre une attention considérable au développement de techniques d'inventaire, d'évaluation et de planification des ressources en terres, à la fois à l'échelon mondial et par le biais de ses programmes de terrain dans des régions ou dans des pays. En 1976, le Cadre pour l'Evaluation des Terres (FAO, 1976) a mis au point une approche conceptuelle et une orientation méthodologique à l'évaluation de l'aptitude des terres. Ce cadre est basé sur une évaluation écologique des conditions des terres définissant des modalités d'utilisation potentielle de ces dernières. Le projet de Zones Agro-écologiques, projet original de la FAO (FAO, 1978), a été l'un des premiers exercices d'application de l'évaluation des terres à l'échelle d'un continent. La méthodologie utilisée était innovante pour l'époque en ce qu'elle caractérise des espaces de terres par des 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.** Dès lors, il est possible de définir des zones agro-écologiques, possédant des caractéristiques homogènes de climat et de sols, ainsi que de potentialité physique de production agricole : « *Zone agro-écologique: unité cartographique de ressources en terres, définie en termes de climat, de géomorphologie et de sols, et/ou du couvert végétal et possédant un éventail spécifique de potentiels et de contraintes pour l'utilisation des terres*<sup>3</sup>. »

Une des nouveautés de l'approche est que « *la méthodologie développée (...) a été conçue et mise en œuvre pour et par l'informatique. La nature de l'analyse, qui implique la combinaison de couches d'informations spatiales pour définir des zones, conduit d'elle-même aux applications des systèmes d'information géographiques (SIG). Les recherches ZAE les plus avancées se servent d'une série de bases de données, liées en SIG et conçues pour la modélisation; elles permettent de multiples applications en gestion des ressources naturelles et en*

<sup>3</sup> <http://www.fao.org/docrep/w2962F/w2962f01>

*planification de l'utilisation des terres.* » L'approche de la FAO, innovante pour l'époque, ressemble en partie aux axes de travail de la présente étude. Elle s'en distingue néanmoins car les ZAE caractérisent avant tout un potentiel productif des territoires sur la base de critères pédoclimatiques. La finalité des recherches est davantage tournée vers la lutte contre la faim dans le monde et la planification du développement dans des régions pauvres : Ethiopie, Mozambique, Nigéria, Bangladesh...

D'autres travaux plus récents en géographie agraire font référence aux notions de ZAE de la FAO. Il s'agit pour la France notamment des travaux de Murielle Mantran sur les Antilles qui cherche à redéfinir de façon plus objectivable les PRA en se basant sur les concepts de de la FAO<sup>4</sup>.

**Si les caractéristiques du milieu ne définissent pas au sens propre un potentiel agro-environnemental des territoires, les contraintes productives de ces milieux peuvent quant à elles déterminer une « prédisposition » agro-environnementale, orienter le profil d'un territoire.** A titre d'exemple, si tous les territoires pourraient dans l'absolu accueillir une forte densité de haies ou bandes enherbées, certains territoires, fortement découpés par la géomorphologie et la densité des cours d'eaux, seront plus contraints, et présenteront a priori une densité de ces éléments plus élevée (car aussi plus difficile à effacer par la mécanisation agricole).

Notons néanmoins que toutes les variables agro-écologiques ne peuvent pas forcément être interprétées sous l'angle des « prédisposition » du milieu. Les questions liées à l'intensité de l'utilisation des intrants ne rentrent pas facilement dans ce cadre. La qualité agroenvironnementale des pratiques en matière de gestion des IFT ou du bilan azote (= la « bonne » gestion du risque dans les pratiques de fertilisation ou de traitement phytosanitaire) ne dépend pas de la nature du milieu lui-même. Les pratiques sont évidemment adaptées au milieu physique, mais « la qualité » de ces pratiques n'est pas corrélée a priori à la nature du milieu<sup>5</sup>. On peut en revanche observer dans ces cas la vulnérabilité et sensibilité du milieu à ces pressions anthropiques (notions de risque).

**La notion de profil agro-environnemental des territoires** associé aux variables physiques du milieu **semble donc plus adaptée que celle de prédisposition**, pour couvrir la diversité des situations. Elle permet en outre d'intégrer de nouvelles préoccupations dans les travaux de zonages, qui n'étaient pas d'actualité lors de la définition des PRA ou même des réflexions de Louault et le FAO : la capacité du milieu à supporter les pressions engendrées par les pratiques agricoles. Dans cette perspective, il faut penser le zonage non seulement en fonction des déterminants des activités mais aussi comme un milieu déterminé en retour par ces activités. **Aux notions de potentiels ou de prédispositions**

<sup>4</sup> Murielle Mantran, Maël Lucien-Brun, Valérie Angeon. Le zonage agroécologique aux Antilles françaises : un outil de définition du potentiel agricole et d'aide à la décision en matière d'amélioration des choix de production. 2017

Murielle Mantran, Valérie Angeon. Le découpage des Antilles françaises en petites régions agricoles : un zonage perfectible. 2017

<sup>5</sup> On pense notamment aux stratégies de traitements phytosanitaires ou de fertilisation, qui ne vont pas nécessairement prendre en compte les services écosystémiques fournies par le milieu. Elles dépendent plutôt des évaluations coût/bénéfice réalisées par les agriculteurs, en situation d'informations incomplètes et en fonction de leur aversion au risque (Thérond, Tichit et Tibi, 2017).

**pour un système de production s'ajoutent ainsi les notions de vulnérabilité, résilience, ..., et place la question du zonage à l'intersection des politiques agricoles et environnementales, dans leur diversité.**

Plutôt que de chercher à qualifier une prédisposition agro-environnementale, l'objectif sera donc d'approcher un profil agro-environnemental en regardant la façon dont les contraintes naturelles orientent (favorisent) les figures et pratiques agro-environnementales. – ex. lien entre la densité des cours d'eau et les éléments figurés du paysage, entre la profondeur du sol/ réserve utile et la présence de pelouses / prairies sèches, sensibilité du milieu ...

### **COMMENT DÉFINIR LA CONTRAINTE PRODUCTIVE AU SEIN DES PROFILS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX ?**

La caractérisation des profils agro-environnementaux des territoires en se basant sur les contraintes productives du milieu (plutôt que comme un potentiel intrinsèque des territoires qui déterminerait à l'avance leur richesse ou pauvreté) est une réelle avancée dans la définition de notre objet. Elle nécessite néanmoins d'être affinée en ce qui concerne la notion de contrainte productive.

En effet, la question de la contrainte productive reste complexe à cerner et ne peut être entendue qu'en relatif. Ainsi, on peut considérer que certains territoires hydromorphes (ex des zones humides potentielles) ont été historiquement très riches en prairies et zones humides, mais ne le sont plus aujourd'hui après les drainages anthropiques. De la même façon, la contrainte productive liée à la sécheresse a longtemps été très pénalisante dans certains territoires – organisant ainsi une économie agro-pastorale sur des prairies sèches -, mais cette dernière a été levée par le biais de l'irrigation en réduisant souvent le caractère agro-environnemental de ces espaces.

A contrario, les territoires agricoles de montagne sous forte pente, cultivés au début du XXème siècle, sont difficilement mécanisables pour l'agriculture « d'aujourd'hui » conduisant ainsi à une fréquence plus grande de l'herbe et des prairies permanentes. Avant la généralisation des systèmes moto-mécanisés, ces terres étaient valorisées par un travail essentiellement manuel et/ou avec traction animale sur des terrasses aménagées dans les pentes...

**La contrainte du milieu est donc elle-même relative et dépend avant tout des systèmes agricoles et des innovations technologiques auxquelles on fait référence.** Elle suppose donc de préciser à la fois :

- à quels types de systèmes agricoles on fait référence.
- comment on prend en compte les modifications structurelles du milieu introduites par l'homme et modifiant de façon fondamentale les contraintes productives de celui-ci.

Dans le cas présent, il est proposé de prendre comme référence d'analyse la contrainte productive au regard :

- **des logiques de travail et des outils de production dominants dans les systèmes agricoles mécanisés modernes.**
- **dans la mesure du possible de considérer la contrainte productive au regard de l'état du milieu, avant qu'il ne subisse des modifications anthropiques profondes (drainage, irrigation, broyage...) post-mise en culture ancestrale.**

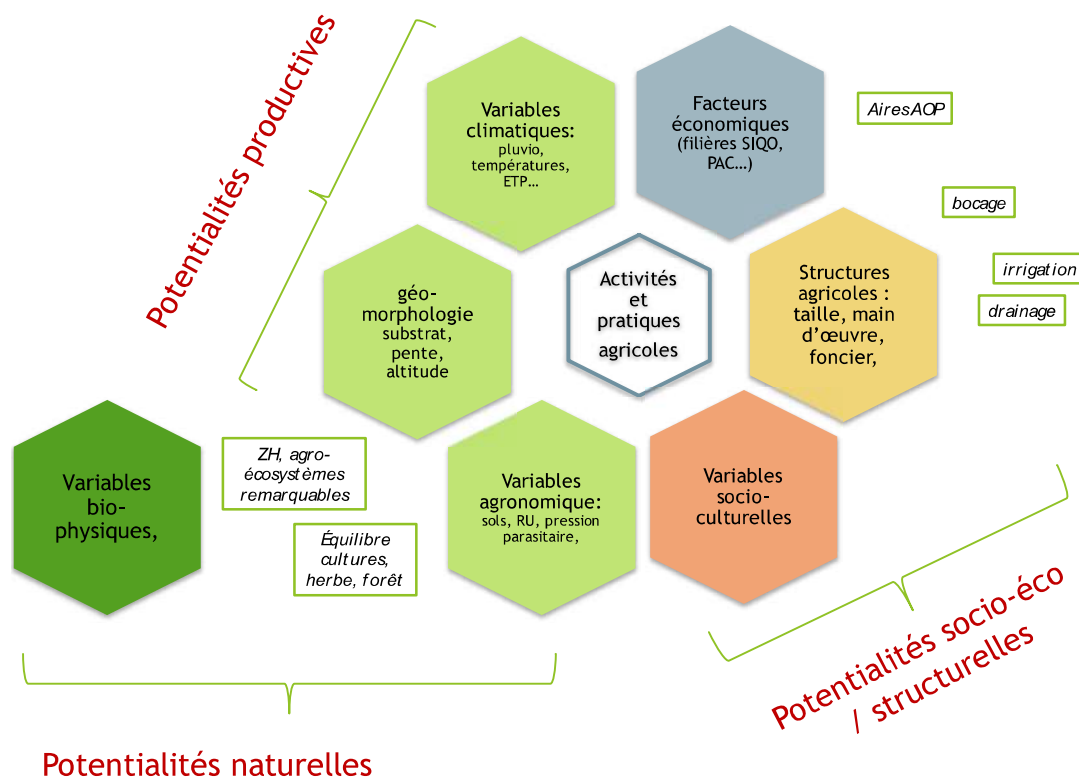


Ce positionnement revient à accepter que les retours vers l'état non modifié (ou du moins la restauration du milieu dans un état considéré comme souhaitable au regard des fonctions écologiques et des services écosystémiques, de la durabilité et de la résilience) reste un horizon accessible voire souhaitable dans une perspective de politique agro-environnementale à l'image des politiques de « bon état » sur l'eau qui fixent aussi des enjeux d'adaptation des masses d'eau fortement modifiées. Il ne s'agit de revenir vers une notion d'écosystème originel, une sorte de « *retour à un supposé âge d'or d'une nature intacte de toute intervention humaine* » pour reprendre la formulation de Maresca et al. (2011), autrement dit à un biome de type forêt mixte tempérée qui couvrirait l'ensemble du territoire<sup>6</sup>. A l'image des travaux sur les services écosystémiques, et notamment du volet agricole de l'étude EFESE (Théron, Tichit et Tibi, 2017), il est question ici de réfléchir à maximiser la valorisation du potentiel d'un milieu pour l'activité agricole, tout en préservant voire en augmentant ce potentiel. Cela implique donc de bien situer les potentialités naturelles par rapport aux systèmes agricoles existants, et donc de penser les interfaces entre éco- et socio-système. Toutefois, à la différence de travaux comme EFESE<sup>7</sup>, le focus sera mis ici sur les facteurs abiotiques (et donc par définition non anthropique) et sur la question des enjeux de préservation environnementale, en amont même des services rendus par le fonctionnement des écosystèmes. Nous privilégierons donc une approche basée sur les potentialités naturelles du milieu, en particulier pédoclimatiques et topologiques, en regard d'un potentiel de production agro-écologique et des grands enjeux environnementaux (préservation des sols, de la qualité de l'eau, des milieux sensibles, etc.).

---

<sup>6</sup> Voir par exemple une présentation de la notion de biomes : <http://accs.ens-lyon.fr/accs/thematiques/paleo/paleobiomes/comprendre/quest-ce-quun-biome>. Ou voir aussi à un niveau plus fin la notion de végétation potentielle et son application à la France dans des travaux du CNRS : <https://journals.openedition.org/cybergeo/24688#quotation>

<sup>7</sup> L'approche par les services écosystémiques, comme celle appliquée dans l'étude EFESE-EA (dans laquelle l'US ODR a été fortement impliquée), se centre autour des fonctionnalités écologiques liés à la biodiversité plus qu'au milieu pédoclimatique en soi. Les déterminants de l'état des écosystèmes agricoles, de son évolution et de sa capacité à fournir des services reposent donc en grande partie sur des facteurs biotiques (biodiversité du sol, paysages, auxiliaires, etc.) et sur une forte composante anthropique (pratiques de travail du sol, de fertilisation...).



## 2.2 Quelles variables et quel usage pour ce zonage : lien aux politiques publiques?

Comme précisé plus haut, la vocation de ce travail reste en grande partie exploratoire et sa finalité n'est pas directement opérationnelle. Pour autant l'initiative de la réflexion vient de la volonté de construire un zonage permettant de mieux orienter l'action publique en apportant à la fois :

- des références plus robustes sur un certain nombre de paramètres agro-environnementaux<sup>8</sup> qu'il s'agit d'objectiver pour mieux les piloter dans les politiques ;
- un regard global sur les combinaisons territoriales des variables agro-environnementales afin de faciliter la réflexion sur la cohérence entre politiques structurées le plus souvent selon des logiques et découpages sectoriels peu lisibles et convergents.

La question de l'utilité du zonage reste donc bien présente malgré le statut exploratoire de ce dernier.

### CHOIX DES VARIABLES À EXPLORER

<sup>8</sup> Les paramètres agro-environnementaux renvoient ici aux composants liés à l'activité agricole considéré depuis le point de vue d'une compatibilité entre exigences de protection de l'environnement, entretien de l'espace naturel et production agricole.

Afin de tenir compte de cet objectif, l'idée retenue a été d'**organiser - dans la mesure du possible - le zonage autour de variables agro-environnementales fréquemment utilisées dans la construction des politiques publiques** ou dans la caractérisation des systèmes agro-écologiques ou agro-environnementaux.

A titre d'exemple, les critères communs pour caractériser l'état agro-écologique dans les référentiels publics renvoie souvent aux dimensions et familles de variables, qui seront donc prises en compte dans la construction du zonage dans la mesure du possible :

- ▶ La présence **d'éléments figurés et zones tampon** dans le milieu (haies, talus, arbres, bandes enherbées, taille parcelles ...)
- ▶ La **présence d'herbe et de prairies permanentes** ;
- ▶ La présence de **surfaces faiblement productives** (landes, estives, parcours, milieux humides ...)
- ▶ La **diversité des assolements et rotations** (longueur des rotations, diversité assolements, polyculture-élevage)
- ▶ La présence de **cultures à fort potentiel agro-écologique ou agro-environnemental** comme les productions de légumineuses, les plantes mellifères, les cultures à Bas Niveau d'Impacts (cf. définitions dans les programmes des agences de l'eau Epices- 2016)<sup>9</sup>
- ▶ **L'autonomie des exploitations** et l'éventuel « potentiel d'autonomie des territoires »
- ▶ La **qualité ou « potentialités intrinsèques » des sols** (matière organique, carbone...)
- ▶ **L'intensité des pratiques culturales** et un recours plus ou moins important aux régulations naturelles vs produits synthèse (intensité IFT, pression azote ...)
- ▶ **La sensibilité et vulnérabilité aux pollutions** azotées ou pesticides
- ▶ ...

De façon schématique, l'état agro-environnemental d'une région pourrait être exprimé comme une combinaison de ces facteurs que l'on retrouve souvent dans le viseur des politiques ou normes agro-environnementales.

Or, l'ensemble de ces variables ne sont pas corrélées de la même façon aux facteurs bioclimatiques ou géomorphologiques du milieu. Si le milieu organise par ses contraintes une partie des variables portant sur les structures paysagères et l'occupation des sols, il est moins facile de trouver une corrélation entre le milieu

<sup>9</sup> "les productions et systèmes à bas niveau d'impacts (BNI) sont potentiellement celles et ceux qui garantissent un impact environnemental limité sur la ressource en eau (en ce qui concerne l'azote et les pesticides) et ce de façon structurelle, du fait de leur faible recours a priori aux intrants de synthèse au cours de leur cycle de production. Leur effet environnemental positif est donc quasi systématique en conditions usuelles de conduite et de production et reste de ce fait moins dépendant de l'itinéraire technique ou des conditions locales de production"

et la présence de légumineuses dans un assolement, ou entre le milieu et l'optimisation des pratiques agroenvironnementales sur blé ou colza (ex. fractionnement, gestion des doses, travail du sol ...).

Ainsi, on voit qu'au sein des différentes familles de variables agro-environnementales :

- Certaines (ex. dimensions paysagères et occupation des sols) sont sans doute plus fortement liées aux caractéristiques du milieu. Il en va de même de la vulnérabilité ou sensibilité du milieu aux différents types de transferts de polluants.
- D'autres variables portant sur la diversité culturelle, la mixité polyculture-élevage... - sont avant tout liées à des choix de systèmes de production en lien avec l'histoire agraire locale et les filières économiques en place. Ces choix semblent de plus en plus réversibles comme en témoigne le fort développement des systèmes agrobiologiques dans de nombreuses régions françaises. Dans certains cas, ex. des cultures BNI -les déterminants semblent peu corrélés au milieu mais plus aux choix de systèmes ou des filières en place (ex chanvre, luzerne...).
- D'autres encore – comme l'intensité d'usage des produits chimiques – dépendent non seulement des systèmes de production, mais aussi des pratiques culturelles adoptées par les exploitants au sein de chaque système de production, selon une multitude de facteurs.

*Notons que l'intensité d'usage des produits de synthèse pourrait être considérée comme corrélée aux potentialités du milieu – ex. rendement cultural accessible vs droit de fertilisation chimique par rapport à un objectif agronomique de rendement. Néanmoins cette façon d'aborder « le potentiel » des territoires relèverait avant tout d'une problématique de « potentiel productif » et non de potentiel agro-environnemental. En outre, elle reviendrait à prendre pour référence le potentiel de rendement d'un système conventionnel hyperspécialisé et basé avant tout sur l'usage intensif des produits chimiques, alors même que l'enjeu agro-écologique renvoie à la limitation de l'usage de ces derniers par la stimulation des régulations naturelles et la valorisation du potentiel de l'écosystème.*

Au final donc, ces différentes variables agro-écologiques visées par les politiques publiques dépendent à la fois de facteurs relevant :

- du milieu naturel et ses variables pédoclimatiques et géomorphologiques,
- des orientations socio-économiques liées aux systèmes et filières,
- aux choix de pratiques culturelles au sein de tel ou tel système de production.

C'est ce qu'essaye d'illustrer le tableau ci-dessous en considérant schématiquement la pondération entre ces différents facteurs. Ainsi, dans certains cas (intensité d'usage des pesticides, fréquence du chanvre ou luzerne dans les assolements) – il semble peu crédible d'interpréter ces variables au regard des variables physiques, alors que ça le sera bien plus pour d'autres éléments.

|                                 | Référentiel potentialités nature  | Référentiel systèmes accessibles                           | Référentiel pratiques accessibles       |
|---------------------------------|---|--|---|
| État AE                         | Prédispositions naturelles (contraintes productives)                              | Orientations socio-économiques liés aux systèmes/ filières | Choix de pratiques à systèmes constants |
| Éléments figurés/paysage        | XXX (nature plus ou moins accidentée milieu, densité chevelu cours d'eau, ...)    |  | (X)                                     |
| Surfaces faiblement productives | XXX (données sol/ altitude, pente...)   |  | (X)                                     |
| Prairie                         | XX zones humides, surfaces d'altitude, pente...                                   | X réf otex historique                                      |   |
| Autres BNI/ légumineuses        |   | XXX (cf. référence syst Bio locaux)                        |   |
| Diversité/rotations             |   | XXX (cf. référence syst Bio locaux, réf otex historiques ) |   |
| Chargement                      | XX  | XX réf otex historique                                     |   |
| Intensité phyto/                | X   | XXX  | (X)                                     |
| Intensité azote                 | X (ex. charge critique: capacité à absorber une charge azote, sensibilité fuites) | XX   | (X)                                     |



### COMMENT APPROCHER LES PROFILS TERRITORIAUX POUR DES VARIABLES PEU SENSIBLES AUX FACTEURS PHYSIQUES ?

Ces constats montrent globalement que certaines variables clé d'un profil agro-environnemental (ex- diversité des productions...) ne peuvent pas être approchées par cette seule approche physique.

Or, au regard des finalités de l'étude, il semble intéressant de pouvoir approcher certaines variables systémiques et caractériser si possible « les systèmes accessibles » d'un point de vue agro-écologique sur un territoire donné. En lien avec les travaux de Louault présentés plus haut, il apparaît que les systèmes en place sont en grande partie intégrateurs de la combinaison des signaux socio-économiques et des contraintes naturelles. De ce fait, il peut sembler intéressant de considérer que les systèmes agro-écologiques en place dans les différentes régions reflètent dans une certaine mesure **des « systèmes effectivement accessibles » dans les territoires** en tenant compte de l'organisation en place des autres facteurs économiques et structurels. Afin d'approcher ces systèmes accessibles deux pistes sont donc retenues :

- La prise en compte **de références historique de moyen terme** (horizon de 30 ans) donnant une image d'un passé « proche » et des évolutions possibles des systèmes sur ce pas de temps. L'idée n'est pas de figer les systèmes dans une vision passéiste, mais d'éclairer le champ des possibles en faisant appel à ce regard historique.
- La prise en compte **des références actuelles en matière de systèmes agro-écologiques** à condition qu'elles soient statistiquement accessibles et comparables. Dans le cas présent la focale a été portée sur l'état et diversité des systèmes biologiques à l'échelle territoriale qui permet d'éclairer des évolutions « accessibles » pour les autres exploitations, à défaut d'en être une image exacte et en prenant en compte la grande diversité agroécologique au sein même des systèmes agrobiologiques.

Ces analyses se situent sur un plan différent des précédentes et ont été introduites comme test sans chercher à systématiser ce travail sur toutes les variables possibles.

### QUEL USAGE POUR CE ZONAGE ?

La question de l'usage de ce zonage serait davantage une question de synthèse à la lumière des résultats de l'étude. Pour autant la méthode de définition de ce zonage et le contexte de la mission, donnent déjà quelques orientations sur son statut et son utilisation potentielle.

Plusieurs éléments importants peuvent être rappelés dans cette perspective :

- Le zonage se structure autour de variables majeures des politiques agro-environnementales afin d'en favoriser la valorisation ultérieure. Il se cale parfois sur des critères déjà à l'œuvre dans certaines de ces politiques ;
- Le zonage est le produit d'un travail exploratoire, sans vocation directement opérationnelle. Il ne s'agit pas à ce stade d'un produit formalisé ou finalisé ;
- Ce zonage a été produit dans le cadre d'un comité « expert » mais n'a pas au sens propre fait l'objet d'un débat ou validation de nature politique ;

=> Au regard de ces points il semble évident que ce zonage doit être considéré comme un outil de réflexion et d'orientation. Il ne s'agit pas en l'état d'un outil prescriptif venant créer de nouvelles normes en matière d'agroenvironnement. Les référentiels proposés doivent être affinés, débattus et validés, mais leur première vocation est de nourrir la réflexion sur la cohérence des politiques à l'œuvre, aider à réfléchir la transition agro-écologique à une échelle territoriale.

- Ce zonage est basé avant tout sur des indicateurs qui qualifient l'état des profils agro-environnementaux sur la base des facteurs physiques.
- Ces variables montrent, le plus souvent 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 par les contraintes de son milieu. Tout territoire pourrait donner lieu à une forte qualité agro-environnementale à condition que les choix anthropiques qui s'y exercent favorisent l'implantation de systèmes et de pratiques favorables – (ex. des systèmes de polyculture-élevage biologiques).

=> Ces profils, ne fixent pas le champ des possibles en matière agro-environnementale, mais peuvent nourrir la réflexion sur les différences entre territoires et la construction d'orientations adaptées à leurs profils spécifiques. L'intérêt de ces indicateurs et du zonage serait avant tout d'observer les décalages entre le profil et ses prédispositions éventuelles et l'état actuel des systèmes et pratiques. A l'image de la réflexion sur le bon état écologique de la directive cadre sur l'eau, ce travail pourrait permettre **de caractériser les territoires dont le profil agro-environnemental a été fortement modifié par l'action humaine (ex. des Masses d'Eau Fortement Modifiées) et réfléchir le chemin à parcourir pour améliorer l'état agro-environnemental.**

## 3. Inventaire des indicateurs disponibles pour la construction du zonage

### 3.1 Méthode d'inventaire des variables mobilisables dans le zonage

A partir de ce cadrage théorique, l'objectif de la mission est de repérer et inventorier les indicateurs et variables qui permettent de nourrir le zonage. Le cahier des charges de la mission prévoit un certain temps d'inventaire des indicateurs disponibles, leur tri et hiérarchisation au service de la problématique.

Afin de mener ce travail deux entrées sont possibles :

- Soit **un inventaire et la combinaison de variables géomorphologiques et climatiques « primaires »** (pente, sol, humidité, pierrosité,... ) autour d'un algorithme de construction inédit. Dans cette optique le zonage multi-enjeux serait plus ou moins une construction ex nihilo à partir de données géographiques de base (logique big data), avec l'appui d'experts thématiques aidant à caler les formules de construction. L'intérêt de cette méthode serait notamment de pouvoir valoriser des jeux de données nouveaux et peu valorisés habituellement autour de formules et méthodes innovantes. En revanche, le risque d'une telle approche, stimulante d'un point de vue scientifique et méthodologique, serait de produire un découpage difficilement interprétable et appropriable par les acteurs aux regards des enjeux ici visés de mises en cohérence des politiques agricoles et environnementales.
- Soit **l'inventaire et valorisation d'indicateurs et cartes « complexes »** résultant de travaux de recherche et permettant de caractériser les liens entre milieu physique et les indicateurs cibles<sup>10</sup> du profil agro-environnemental (ex. travaux de l'Idèle & Inra sur la pousse de l'herbe ; travaux sur le déficit de carbone des sols ...). Dans cette configuration, le zonage est plutôt un croisement cartographique entre cartes existantes avec des enjeux de gestion d'échelles et de couches mais le grand intérêt est de partir d'hypothèses, seuils et expertises thématiques déjà validées par les précédant travaux de recherche.

Dans le cas présent, le choix a été fait de **partir plutôt sur la seconde approche**. En effet, faute d'accès à de nouveaux jeux de données physiques particulièrement structurants, l'enjeu pour la mission est davantage de valoriser l'existant en mettant en perspective autour du référentiel défini plus haut. Cette approche est d'autant plus pertinente que l'image finale du profil agro-environnemental a été fortement affinée par la réflexion qui précède (cf. indicateurs et variables cibles) limitant de ce fait la portée d'une analyse purement inductive venant générer un zonage au gré des seules corrélations mathématiques.

<sup>10</sup> Cf. choix des variables à explorer.

Néanmoins, la formalisation du référentiel a mis en évidence un certain nombre de familles de problématiques peu traitées dans la littérature – ex. lien entre conditions physiques et la présence de l’herbe (prairie permanente) ; lien entre milieu et densité d’éléments paysagers ...- Dans ces cas, l’équipe a travaillé sur un travail de conception d’indicateurs en mobilisant le cas échéant les apports d’un atelier experts pour affiner les méthodes et seuils de conception des nouveaux indicateurs. Ce travail est fait à titre de test et exploration mais nécessitera potentiellement d’être affiné par la suite.

## 3.2 Indicateurs du profil agro-environnemental

### Vision d’ensemble des indicateurs cible du profil agro-environnemental

Dans l’approche déductive retenue ici l’enjeu se résume au besoin d’instruire trois grandes familles d’indicateurs rendant compte des liens entre milieu physique et critère agro-environnementaux usuellement mobilisés par les politiques publiques.

- Une première famille d’indicateurs fait le lien entre milieu naturel et densité des structures paysagères ou sites agro-écologiques remarquables. On cherche notamment à y caractériser les liens entre milieu et intensité des éléments figurés/ zones tampon (bandes enherbées, bocage, haies...). On veut aussi caractériser l’intensité patrimoniale et la fréquence des éléments d’intérêt agro-environnemental remarquables ( quelle part des zones est couverte par des znieff, sites natura ...). Enfin, on veut y approcher le lien entre milieu et présence de l’herbe. En quoi la prairie permanente, objectif majeur de nombreuses politiques est-elle liée aux facteurs du milieu plutôt qu’aux choix humains ? Cette variable a aussi été approchée par un regard historique en référence aux systèmes et occupation des sols lors du RA 1988.
- La seconde famille d’indicateurs essaye d’approcher les liens entre milieu et diversité ou autonomie des systèmes. Ce lien est complexe à caractériser puisque ces variables sont davantage liés aux choix des systèmes qu’aux contraintes du milieu. L’objectif est néanmoins d’approcher l’état des systèmes accessibles en prenant appui sur la diversité des systèmes biologiques (modèle type des systèmes agro-écologiques, pouvant servir de référence et identifiable dans les données disponibles). Un regard historique sur cette question – diversité des productions en 1988, est aussi particulièrement instructif. Le potentiel de pousse de l’herbe est un autre indicateur mobilisé comme “proxy” des enjeux d’autonomie. Il vise à illustrer les possibilités de développement de systèmes d’élevage herbager autonomes (cf. travaux Idele-AgroParisTech). Ce chapitre introduit aussi un indicateur de “qualité intrinsèque des sols” dans les régions agricoles (en lien avec le stockage carbone) comme variable pour réfléchir autour de la dégradation ou préservation des sols de plus en plus questionnée par les directives européennes.
- Le dernier groupe de variables cherche à qualifier les liens entre milieu et sensibilité aux polluants chimiques (pesticides et azote). Il reprend des indicateurs de vulnérabilité intrinsèque phyto et azote ainsi qu’un indice potentiel de “pest control” lié à l’organisation des structures paysagères. Au total, le travail d’inventaire et construction a permis de retenir 15 familles d’indicateurs rappelés dans le tableau ci-dessous et dont l’intérêt



et les modalités de construction sont détaillées autour en annexe (cf. fiches spécifiques par indicateurs et sources données).

| 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>   |

### 3.3 Construction du zonage final

Le terme zonage désigne l'action de partitionner un espace en sous-espaces, en zones constituées par 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 qui forment une partition de ce territoire, construire un zonage peut se traduire par regrouper ces entités, selon leurs similitudes, afin de former de nouvelles classes. À l'intérieur de ces nouvelles classes, les entités initiales doivent présenter de fortes similitudes (du point de vue des indicateurs présentés précédemment). En revanche, des entités situées dans des classes différentes doivent présenter de fortes dissemblances.

La première question est alors celle du choix ces *entités de base* qui devront être classées, regroupées afin de former nos nouvelles zones. De plus, si le territoire

initial à partitionner est bien l'ensemble du territoire français métropolitain, le travail sera effectué par « sous-territoires » que nous nommons *entités de travail*.

## Choix des unités de travail

Il a été décidé de travailler à l'échelle des communes, du référentiel INSEE communal<sup>11</sup>. Ce sont donc les communes qui vont être classées et regroupées afin de créer notre zonage multi enjeux agro-environnemental.

Les communes, en France, aux nombres de 36800, forment un maillage du territoire intéressant pour notre étude. Ces unités sont de tailles convenables malgré une certaine hétérogénéité (notamment les communes de bord de mer ou de montagne sont généralement plus grandes) : surface moyenne de 1490 ha, surface maximale 75 831 ha (Arles, Bouches-du-Rhône) et surface minimale 3 ha (Castelmoron-d'Albret, Gironde). Souvent les limites entre communes sont marquées par des éléments naturels (cours d'eau, colline ou relief).

Parmi les indicateurs sélectionnés pour la création de notre zonage, certains sont calculés à l'échelle communale. Ils peuvent donc être directement utilisés dans les procédures statistiques en vue de la classification (tronçons cours d'eau, pente moyenne, rupture d'altitude, etc.).

D'autres sont calculés à une échelle moins fine (nombre de cultures en 1988, STH dans SAU 88), mais une échelle compatible avec le référentiel communal (les cantons). Le changement d'échelle est immédiat : toutes les communes d'un canton donné reçoivent la même valeur. Un changement d'échelle « moins naïf » (par exemple par co-variables) n'apporterait au final pas un gain de précision certain, surtout dans le contexte exploratoire de cette étude.

Une dernière série d'indicateurs, disponibles à une échelle plus fine que la commune (par exemple les cellules d'une grille) ou sur une échelle non directement compatible avec les communes (unités pédologiques/unités de sol), sont ramenés à l'échelle communale par agrégation pondérée par les surfaces.

## Choix des entités de travail

Le regroupement des communes ne s'effectue pas directement France entière. Plusieurs raisons à cela : d'abord les traitements statistiques que nous utiliserons nécessiteraient, pour l'ensemble des quelques 36000 communes, des capacités informatiques et de calculs largement plus grandes que celles à notre disposition dans le cadre de cette étude ; celles de « simples » ordinateurs de bureau ou serveurs plus faits pour le stockage que pour les calculs complexes.

De plus, étant donné le but final de classification mathématique soumise à une contrainte géographique de voisinage/contiguïté, chacun comprendra qu'il n'y a pas d'inconvénient à ne pas traiter les communes de Perpignan et Lille ensemble. Nous travaillerons donc sur des entités géographiques : « zones », « territoires » dans lesquels les traitements statistiques seront effectués et les communes seront finalement regroupées.

<sup>11</sup> Référentiel communal Insee 2015.

La question du choix de ces entités de travail est importante, car cela influence le zonage final ; il s'agit d'une première classification (ou plus justement : distinction) des communes (des communes de deux entités différentes sont en effet déjà séparées). Pour la création de notre zonage multi enjeux agro-environnemental, l'utilisation d'entités administratives (telles que les régions ou nouvelles régions) n'a pas vraiment de justification dans le sens où les limites administratives n'ont pas vocation à délimiter les zones.

Joly et al., 2010, propose une typologie de distribution probable des types climatiques. Ce découpage affiche des similitudes avec les Grandes Régions Ecologiques (Greco), sur lesquelles s'est porté notre choix. Ces Greco ont été définies et développées par l'inventaire forestier national (IFN, rattaché à l'IGN)<sup>12</sup>, et sont issues du regroupement des sylvoécorégions. Si ces dernières ont clairement une visée « production forestière/habitat forestier », les GRECO ont été établies selon des facteurs biogéographiques : facteurs macroclimatiques, géologiques et topographiques, facteurs pour lesquels elles sont donc « *relativement homogènes* » (IFN, 2011). Les GRECO « *peuvent correspondre à un découpage écologique du territoire métropolitain compatible avec le niveau européen.* » (IFN 2011). Ces Grandes Régions Ecologiques sont au nombre de 11 sur la France métropolitaine.

#### Notes/discussion :

- Ce découpage n'étant pas directement lié aux communes (des communes peuvent-être découpées en 2 zones), nous avons dû attribuer à chaque commune la zone la plus importante (en terme de surface).
- De petits « îlots » d'une région Greco sont parfois isolés dans une autre région Greco (voir carte ci-dessous). Par exemple, des « îlots » de la région classée G « Massif Central » sont situés dans les Deux-Sèvres ou en Bourgogne (cette même particularité est notée sur des cartes de typologie des zones climatiques qui différencie l'espace selon les climats et les aptitudes qui en résultent, voir Joly et al, 2010). De même en Savoie/Haute Savoie entre les régions H « Alpes » et C « Grand Est semi-continental ».  
Dans ce cas, la décision a été prise de rattacher ces « îlots de communes » à la région Greco qui les englobent.

Les traitements statistiques et la classification des communes en vue de créer le zonage agro-environnemental multi-enjeux se feront séparément sur chacune des 11 régions Greco.

---

<sup>12</sup> « L'Inventaire forestier national s'est vu confier, par le ministère chargé des forêts, la tâche de définir un nouveau zonage pour la France métropolitaine prenant en compte les facteurs biogéographiques déterminant la production forestière et la répartition des grands types d'habitat forestier. Ceci a abouti après plusieurs années d'études et de concertation à un maillage du territoire en 11+1 Grandes Régions ECOlogiques (GRECO) et 86+5 sylvoécorégions (SER) Cette couche d'information géographique découpe l'ensemble du territoire métropolitain en 86 sylvoécorégions à l'échelle du 1/ 200 000». (Source : IFN, 2011)

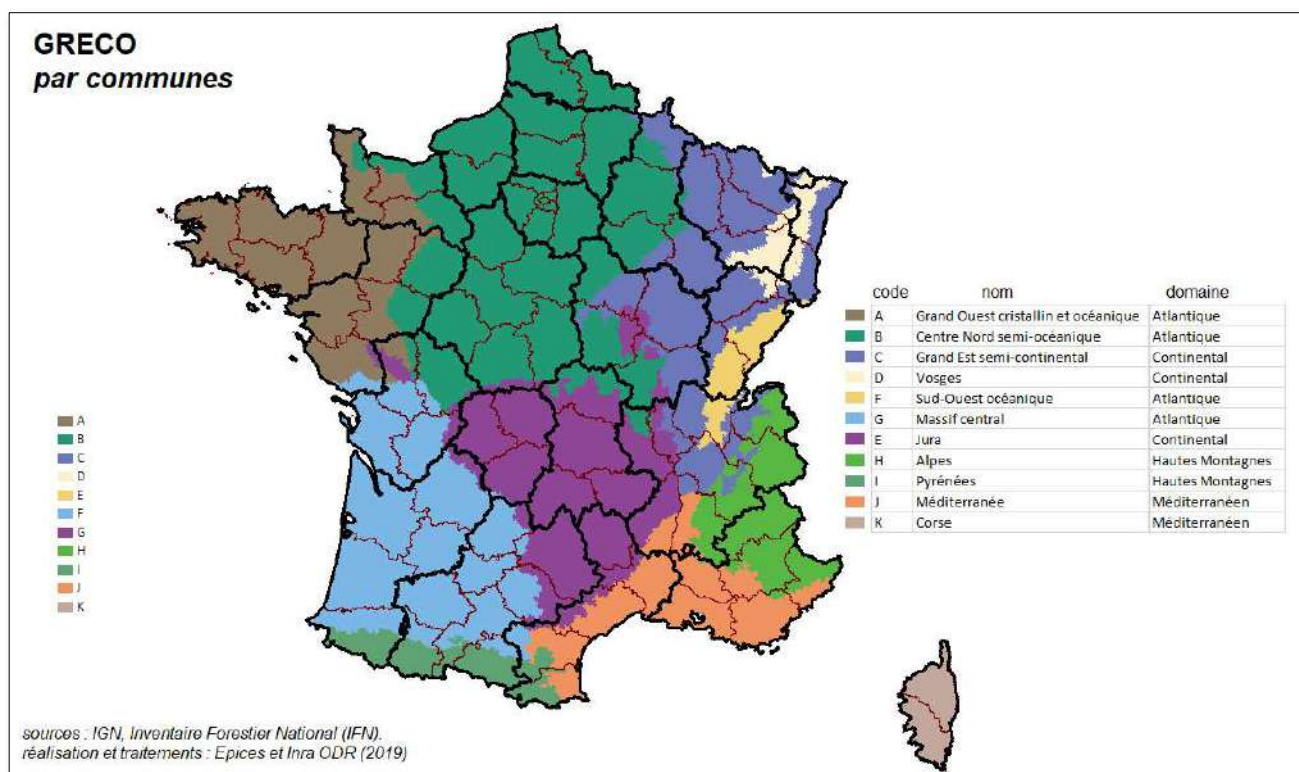


Figure 3-3-1 : GRECO, Communes rattachées aux différentes régions GRECO.

L'utilisation des Greco comme entités de travail détache le dessin des contours de notre futur zonage de limites administratives. L'utilisation des communes comme entités de base à regrouper permet néanmoins de garder un lien avec des zonages administratifs ; ce qui est un avantage pour des travaux autour de la cohérence des politiques agricoles et environnementales.

### Traitements statistiques et classification.

Il s'agit donc de regrouper et classer des communes (unités de travail) par région Greco (emprise de travail) selon des critères liés aux indicateurs sélectionnés pour construire notre zonage.

La classification mathématique a pour objet d'opérer des regroupements en classes homogènes d'un ensemble d'individus (ici donc communes d'une région Greco) ; les classes entre elles devant être les plus distinctes possibles. Ces individus sont décrits par des variables mathématiques (dans le sens « métriques ») ; ici ce sont les indicateurs de caractérisation du profil agro-environnemental.

#### MÉTHODOLOGIE

- Première phase : Travail par famille d'indicateurs

Le travail est d'abord effectué par famille d'indicateurs (3 familles : « caractérisation du milieu, structures paysagères et occupation des sols », « diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles » et

« caractérisation du milieu et résilience aux activités agricoles » ; la 1<sup>ère</sup> étant composée de 3 sous-familles « intensité potentielles des zones tampons et éléments figurés », « milieux agro-environnementaux remarquables » et « caractéristiques physiques du milieu et présence de l'herbe ». Pour ces 5 familles/sous-familles, le but est de créer une classification (dans le sens « former des classes », « regrouper ») des communes.

Pour cela, les indicateurs font d'abord l'objet d'une **analyse en composante principale** (ACP), méthode statistique (partie de la branche statistique des *analyses factorielles multivariées*) de décomposition de l'inertie<sup>13</sup> d'un tableau de données et de sa variance. En quelques mots l'ACP est un découpage de l'information selon un nouveau système d'axes associés à une décomposition cohérente de la variabilité (Jolliffe 1986, Gabriel 1971).

L'ACP permettra d'étudier les corrélations entre les indicateurs, de repérer d'éventuelles « valeurs aberrantes<sup>14</sup> » et de normaliser les différents indicateurs en vue d'une classification plus efficace. En effet, utiliser des variables trop fortement corrélées reviendrait à donner plus de poids à l'information qu'elles représentent, tandis que normaliser les variables permet de les ramener à des échelles comparables sans les standardiser (ce qui entraînerait une perte d'information, notamment sur les moyennes et écarts types).

Les composantes principales obtenues résument ainsi l'information fournie par les indicateurs en préservant leur variabilité (globale) et en réduisant le nombre de variables pour le processus de classification ; les composantes principales remplacent les indicateurs initiaux. Chaque composante possède la propriété intrinsèque de n'avoir de lien qu'avec elle-même.

---

<sup>13</sup> L'inertie d'un nuage de points est définie comme la somme des distances au carré entre chaque point et le centre de gravité du nuage de points. L'inertie mesure la quantité d'information contenue dans un tableau de donnée. Plus l'inertie est faible, plus les individus (points) dans un groupe (le nuage de points) sont identiques.

<sup>14</sup> L'indicateur prend, sur une ou quelques communes, des valeurs exceptionnelles dues à des particularités topographiques, une superficie communale particulièrement grande ou au contraire très petite, ou encore à cause de problèmes dans la valeur initiale de l'indicateur avant changement d'échelle ou bien à cause de problèmes dans le changement d'échelle.

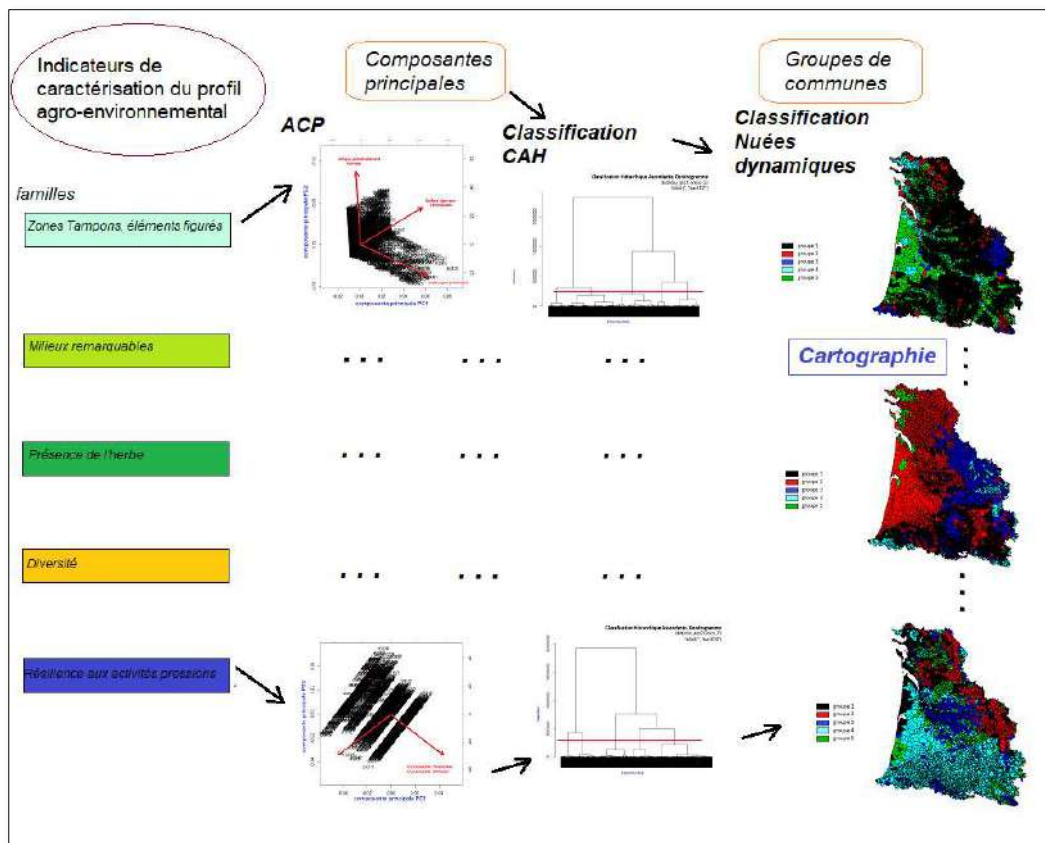


Figure 3-3-2 : Méthode (1 sur 2): schématisation de la méthode proposée pour classer les communes en zones et créer le zonage agro-environnemental multi-enjeux : phase 1.

Ces composantes font ensuite l'objet d'une analyse statistique de classification. Les individus (c'est-à-dire les communes) sont classés suivant 2 étapes :

- D'abord une **classification hiérarchique ascendante** (CAH, Johnson 1967) qui regroupe une à une les communes selon leur proximité mathématique (distance : mesure euclidienne, règle d'agrégation : critère du saut de Ward) en partant des communes individuelles (1 groupe = 1 commune) pour aboutir à un seul groupe qui contient l'ensemble des communes. Entre ces deux extrêmes, des outils graphiques (dendrogrammes<sup>15</sup>) permettent de déterminer le nombre de groupes à retenir.
- Une fois établi ce nombre de groupes à retenir, une seconde classification est réalisée : classification de type « **nuées dynamiques** » (« k-means », MacQueen 1967). Cette fois, le nombre de groupes est choisi initialement via des « noyaux » (pôles d'attraction) et les communes sont regroupées par proximité mathématique avec ces différents noyaux. Les noyaux sont ici, initialement, les valeurs médianes des composantes dans les groupes

<sup>15</sup> Le dendrogramme est un graphique/diagramme qui représente l'arrangement des individus à regrouper et les groupes générés par la classification hiérarchique, et qui montre clairement la hauteur (mathématique) de fusion des groupes. Il facilite ainsi le choix du nombre de groupes à retenir pour que ces derniers présentent du mieux possible une variabilité intra-groupe « minimale » et une variabilité entre les groupes « maximale ».

préalablement établis par la 1<sup>ère</sup> classification CAH. (Les noyaux sont mobiles, dans le sens qu'ils évoluent à chaque rapprochement d'une nouvelle commune à un groupe).

Enchaîner ces 2 méthodes de classification mathématique (on parle parfois de **classification mixte**) permet de déterminer un nombre de groupes à retenir cohérent (les communes qui composent différents groupes sont statistiquement différentes du point de vue des indicateurs étudiés et la CAH nous permet de déterminer la meilleure partition de la population) tout en effectuant un regroupement plus robuste que si nous omettions la 2<sup>ème</sup> étape. Celle-ci correspond en effet à une nouvelle procédure d'agrégation autour des pôles d'attraction mobiles initiaux bien définis avec un sens mathématique certain ; c'est une procédure dite « de consolidation », l'homogénéité des classes est renforcée, notamment car la 2<sup>nde</sup> étape autorise des réaffectations individuelles (comparé à la CAH seule).

Au final, le résultat consiste en des groupes de communes similaires entre elles (mathématiquement, selon les indicateurs initiaux) et les plus distinctes possibles de celles des autres groupes.

A la fin de cette étape, un regroupement des communes a été effectué pour chacune des 5 familles/sous-familles et ces 5 regroupements peuvent être cartographiés.

#### ► Deuxième phase : Travail sur l'ensemble des indicateurs

Jusqu'à présent, aucune contrainte géographique (contiguïté, voisinage) n'a été introduite dans le processus de classification des communes. Or, pour créer un zonage, prendre en considération la disposition spatiale des individus à regrouper est obligatoire : la méthodologie de classification doit inclure cette contrainte géographique afin de créer non plus de « groupes de communes », mais des « zones » de communes similaires.

La dernière partie de notre méthode vise donc 2 objectifs : réunir les 5 familles/sous-familles et ajouter cette contrainte de contiguïté des communes à regrouper.

Cette tâche s'effectue suivant deux étapes.

La 1<sup>ère</sup> étape consiste à **repérer les groupes de communes issues des 1<sup>ères</sup> classifications qui forment déjà des îlots géographiques**. En effet, même sans contrainte géographique, les classifications exposées ci-dessus sur les composantes principales des indicateurs initiaux à l'échelle communale aboutissent à ce type d'îlots de communes contigües. Ceci est dû à la nature de ces indicateurs : ce sont des caractéristiques du milieu qui par définition présentent une certaine continuité géographique (par exemple : surfaces agricoles remarquables, milieux humides, pentes, typologie des zones vulnérables aux pesticides, etc.).

Pour repérer de tels groupes de communes, nous pouvons étudier les voisinages des communes regroupées pour déterminer les groupes ou les parties de groupes

constitués de communes contiguës<sup>16</sup>. Dans ces groupes, la variabilité entre les différentes familles est analysée, permettant de retenir soit le groupe dans son ensemble si la variabilité est faible, soit une ou des divisions du groupe si une ou plusieurs familles présentent des variabilités élevées. Pour cela nous utilisons des tests statistiques sur les moyennes par groupes des différents indicateurs (plus exactement : des composantes principales des familles d'indicateurs).

Par exemple : un groupe de communes voisines se forme lors de l'analyse de la famille « *milieux agro-environnementaux remarquables* ». Si pour l'ensemble des autres familles, ces communes ont des profils similaires (même *caractéristiques et présence historique de l'herbe*, même *classe de vulnérabilité aux pesticides et nitrates*, nombre de cultures en 1988 semblable, etc.), alors ce groupe est retenu comme une zone finale. Dans le cas contraire : (a) si pour une famille, ce groupe est scindé en plusieurs parties géographiquement regroupées, le groupe est divisé pour former deux (ou plusieurs) zones finales. Par exemple : la part de la STH dans la SAU 1988 clairement distincte entre le nord et le sud d'un groupe de communes conduit à le subdiviser dans une logique nord-sud en 2 nouveaux groupes. (b) Si pour une famille, ce groupe présente des valeurs hétérogènes mais sans motif géographique clair (dans l'exemple : si la part de la STH dans la SAU est significativement différente mais éparpillée géographiquement), la zone est retenue dans son ensemble - comme *milieu agro-environnemental remarquable* - et présentera en revanche une hétérogénéité pour cette famille sur la présence de l'herbe. Enfin, si dans ce groupe la variabilité de plusieurs ou de l'ensemble des familles est forte, le groupe n'est pas retenu et les communes seront traitées lors de la 2<sup>nd</sup>e étape.

Cette 2<sup>nd</sup>e étape concerne donc les communes pour lesquelles un regroupement immédiat après les analyses par famille n'est pas possible ou satisfaisant. Dans ce cas, nous proposons d'utiliser une méthode de **classification hiérarchique incluant une contrainte géographique**.

Chavent *et al.* (2018) proposent une fonction qui répond à nos attentes. Il s'agit d'un algorithme qui associe aux méthodes de classifications présentées ci-dessus une contrainte de voisinage entre les individus à regrouper. En d'autres termes, les communes sont regroupées uniquement si elles sont voisines. Il y a 2 distances entre les individus : la distance mathématique (voir ci-dessus) et une distance géographique<sup>17</sup> entre ces individus. La fonction proposée par Chavent *et al.* (2018) permet de nuancer l'influence de ces 2 distances lors du processus de classification : si la distance géographique est nulle, alors nous obtenons une classification classique, mais si la distance mathématique est faible alors la classification s'effectue presque uniquement par voisinage (ce qui évidemment ne répond pas à nos objectifs). Ceci autorise la création de plusieurs groupes de communes semblables mais disjoints spatialement.

Cette étape de classification sous contrainte géographique est effectuée sur un nombre restreint de communes (car certaines ont déjà été regroupées à l'étape précédente), ce qui facilite ce travail. Néanmoins, le nombre de groupe à créer est assez élevé et de telles fonctions ne sont généralement pas utilisées pour créer

<sup>16</sup> Une matrice carrée de l'ensemble des communes d'une région Greco contient cette information sous la forme de valeur binaire : 1 si 2 communes sont voisines (ont une frontière commune) 0 dans le cas contraire.

<sup>17</sup> Dans notre cas, notre distance est en fait un critère de contiguïté, exprimé mathématiquement par la matrice carrée décrite ci-dessus dans la note de bas de page précédente.



plus d'une dizaine de groupes. De plus, il est impossible d'en avoir une idée a priori du nombre de zones à créer, Or, le nombre de classe à retenir est un argument nécessaire fixé en entrée d'une fonction de classification CAH contrainte géographiquement. Ainsi, nous avons choisi d'enchaîner ces classifications sous contrainte géographique, en visant d'abord la création d'un nombre restreint de groupes à créer. Pour 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 créée. C'est un processus itératif qui s'arrête donc lorsque sont obtenus des groupes significativement homogènes (variabilité intra) et distants les uns des autres (variabilité inter). A chaque itération, le nombre d'individus à classer est restreint, ainsi que l'espace géographique occupé par ces individus.

Il est à noter que la contrainte de contiguïté des communes est une contrainte très forte. Elle peut obliger à inclure des communes « isolées » (des groupes de communes qui les entourent) au groupe avec lequel elles présentent « le moins de différence plutôt que le plus de similarité ».

La méthode est résumée dans les figures 3-3-1 ci-dessus et 3-3-2 ci-dessous.

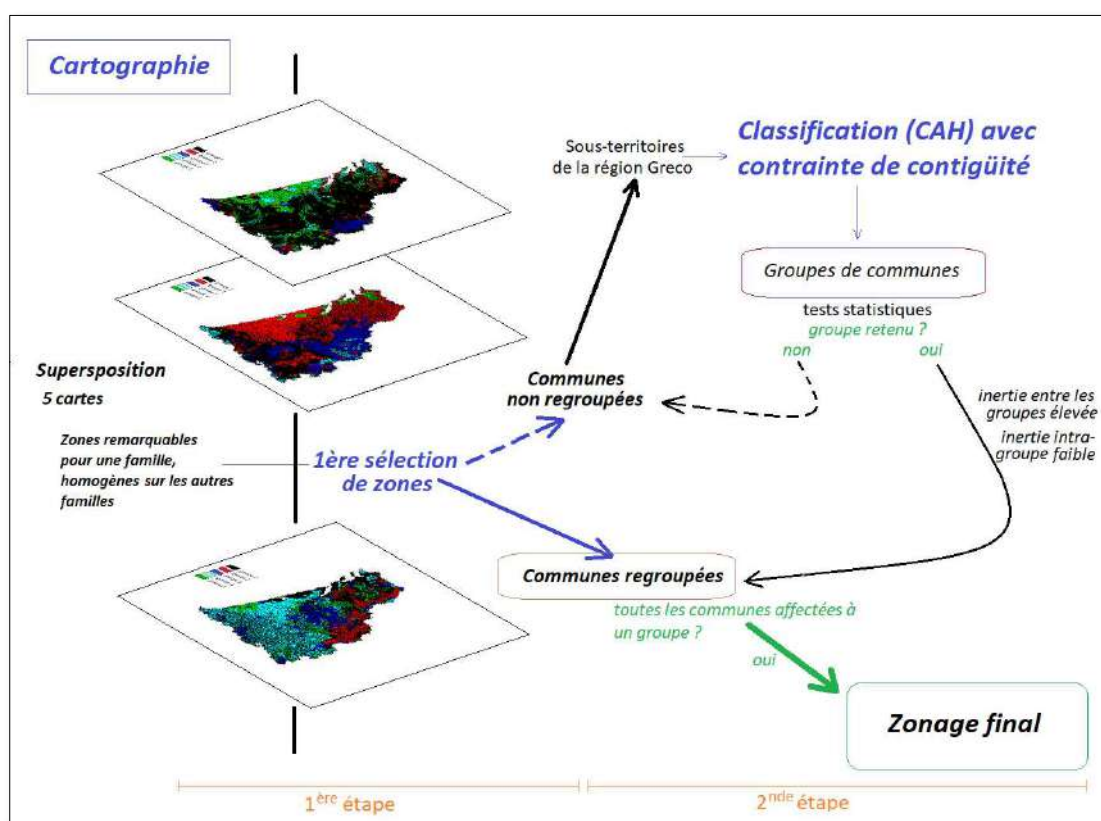
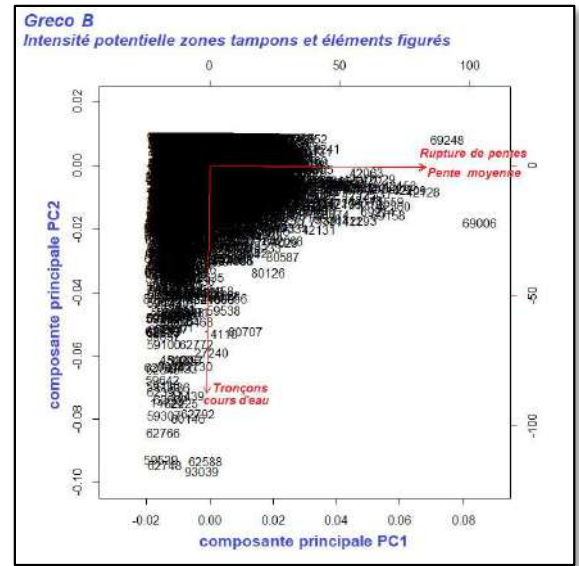
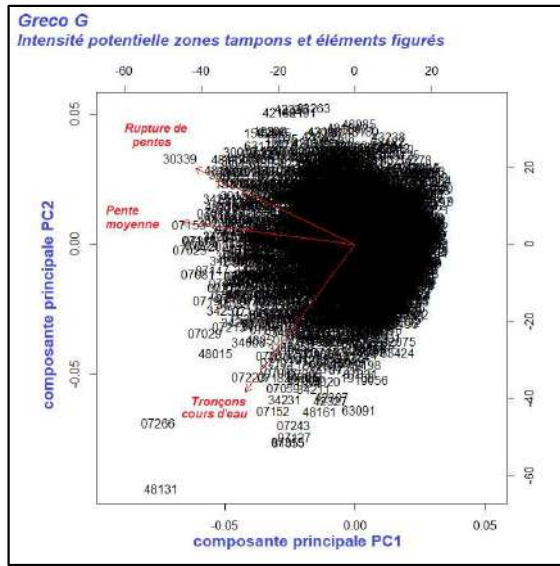


Figure 3-3-3 : Méthode (2 sur 2): schématisation de la méthode proposée pour classer les communes en zones et créer le zonage agro-environnemental multi-enjeux : phase 2.

**ILLUSTRATIONS ET EXEMPLES**

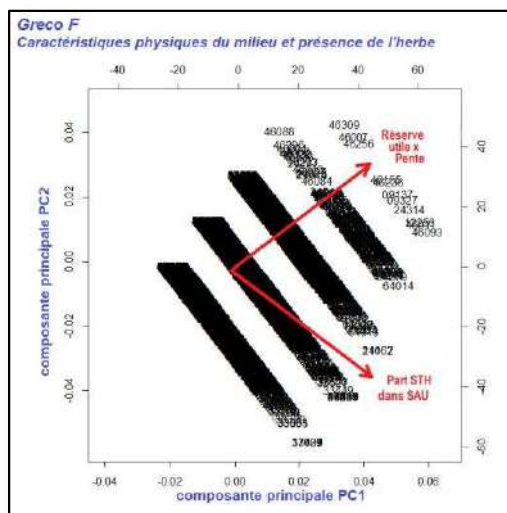
Nous présentons, par des graphiques, des résultats des différentes étapes décrites ci-dessus, dans un but d'illustration et d'explication.



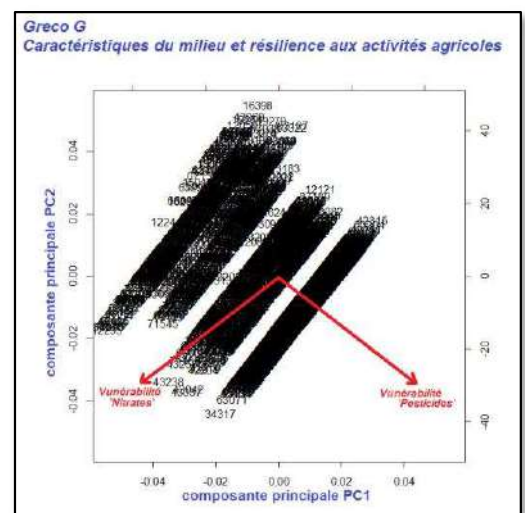
|                | PC1    | PC2    | PC3    |
|----------------|--------|--------|--------|
| Prop. variance | 0.6621 | 0.2747 | 0.0632 |
| Varia. cumulée | 66.21% | 93.68% | 100%   |

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

Figure 3-3-4 : exemples de résultats d'ACP sur la 1<sup>ère</sup> famille d'indicateurs pour 2 régions Greco, sous la forme d'un « biplot » (Gabriel, 1971). Pour cette famille, les 2 premières composantes principales expliquent 93% de l'inertie des communes de cette région.



|                | PC1    | PC2   |
|----------------|--------|-------|
| Prop. variance | 0.6269 | 0.371 |
| Varia. cumulée | 62.69% | 100%  |



|                | PC1    | PC2    |
|----------------|--------|--------|
| Prop. variance | 0.6192 | 0.3808 |
| Varia. cumulée | 61.92% | 100%   |

Figure 3-3-5 : deux exemples de résultats d'ACP sur 2 indicateurs dont 1 (« combinaison Réserve Utile et Pente » sur la figure de gauche et « Vulnérabilité Pesticides » sur la figure de droite), initialement variable qualitative, a été transformé en variable quantitative.

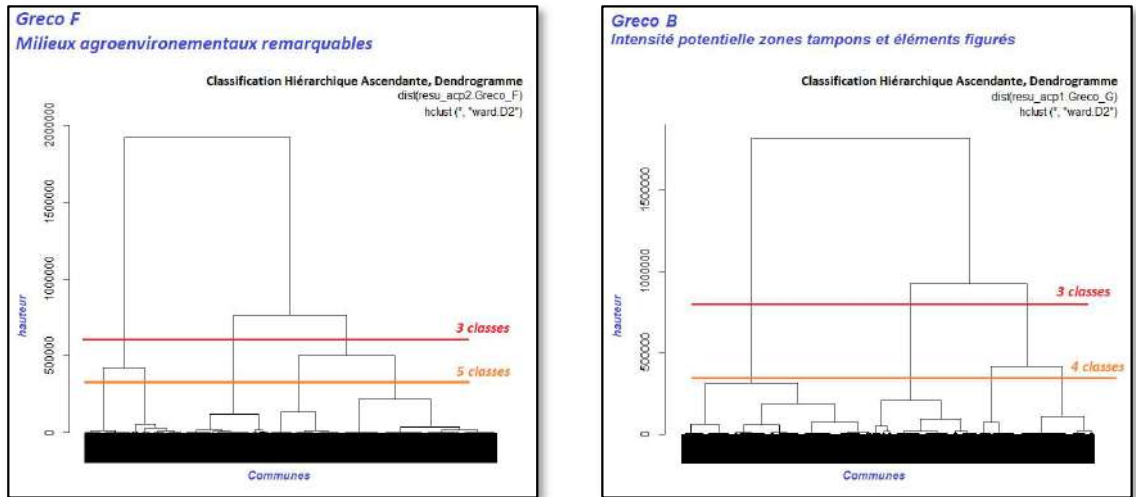
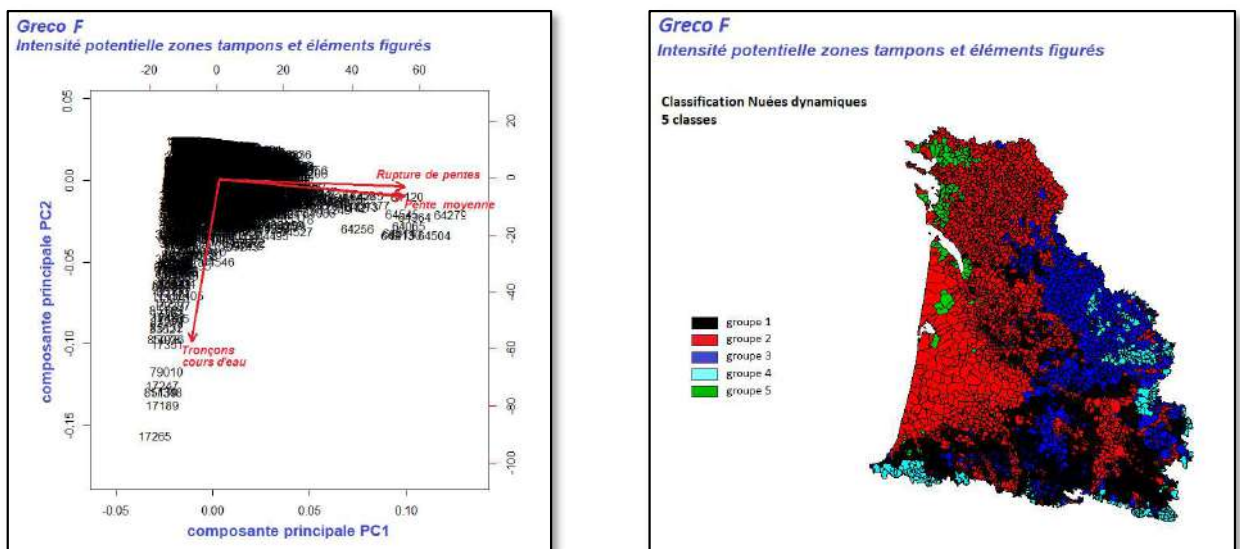
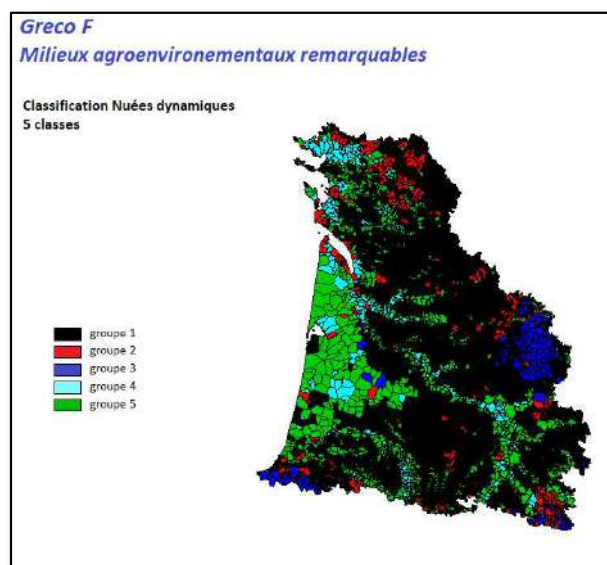
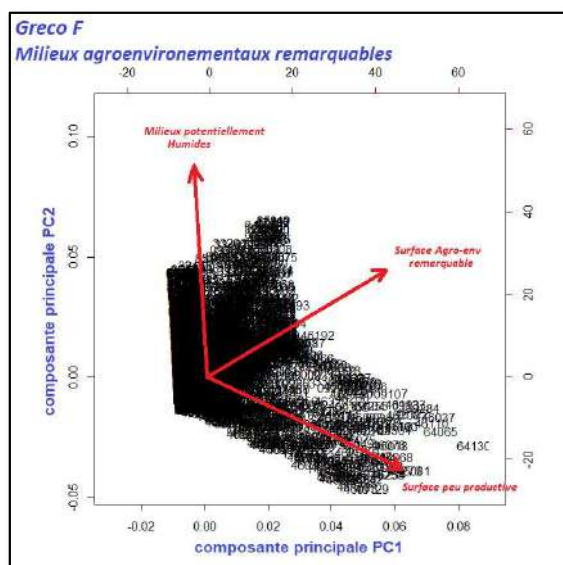


Figure 3-3-6 : exemples de classification hiérarchique ascendante des communes pour 2 régions Greco et 2 familles d'indicateurs. Représentation graphique sous la forme d'un dendrogramme, qui permet de choisir un nombre de classes opportun ; via la « hauteur » (axe des ordonnées) à laquelle on désire « couper » (horizontalement) le dendrogramme (3 ou 5 classes par exemple sur le graphe de gauche, 3 ou 4 classes par exemple sur le graphe de droite ; même si dans les deux cas 2 grands groupes distincts apparaissent). Ces classes fourniront les centres d'intérêt pour la classification via les « nuées dynamiques » (regroupement des communes autour de ces centres, « noyaux »).



|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| PC1 | PC2 | PC3 |
|-----|-----|-----|

|                |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|
| Prop. variance | 0.6007 | 0.3308 | 0.0658 |
| Varia. cumulée | 60.07% | 93.15% | 100%   |



|                | PC1   | PC2    | PC3    |
|----------------|-------|--------|--------|
| Prop. variance | 0.495 | 0.3776 | 0.1274 |
| Varia. cumulée | 49.5% | 87.26% | 100%   |

Figure 3-3-7 : deux exemples de résultats d’ACP et de cartographie des résultats de la classification de type *nuées dynamiques* (en 5 classes) pour 2 familles d’indicateurs dans la région Greco F. Comme décrit ci-dessus (paragraphe « Méthodologie » précédent), des « îlots » de communes d’un même groupe apparaissent alors qu’aucune contrainte géographique n’a encore été introduite dans le processus de classification. Figure en bas à droite, groupe 5 en vert : vallées de la Garonne, de l’Ariège, de la Dordogne, de l’Adour, etc. mais à ce stade ces communes sont encore regroupées avec celles des Landes, par exemple. Ou encore, sur la même carte : groupe 3 en bleu foncé sur le département du Lot ; groupe 4 en bleu clair sur le marais Poitevin.

**NOTES ET DISCUSSIONS SUR LA MÉTHODOLOGIE DE CLASSIFICATION**

- ACP sur variables quantitatives : Pour l’analyse en composante principale, les variables catégorielles ont été transformées en variables continues en suivant un gradient correspondant à la contrainte engendrée par ces catégories. Par exemple pour l’indicateur en 5 classes qui combine *Réserve Utile* et *Pente*, la classe « peu de pente et réserve utile importante » devient 1 et la classe « beaucoup de pente et peu de réserve utile » prend la valeur 5.
- Finalement la famille « *diversité et autonomie des systèmes dans les territoires agricoles* » est constituée du seul indicateur « *nombre de cultures en 1988* ». Par conséquent nous ne faisons pas d’ACP ni de classification : cet indicateur est mis

en classe en observant la distribution des valeurs rencontrées par région Greco. De plus, les valeurs communales sont lissées de la manière suivante : la valeur retenue sur une commune est la moyenne pondérée de la valeur initiale sur cette commune (associé à un poids de 2) et des valeurs notées sur les communes contiguës (associées à un poids de 1).

- Dès la 1<sup>ère</sup> phase, la méthode induit le regroupement de communes où un indicateur présente des valeurs très différentes comparées à celles de l'ensemble de la région Greco : c'est particulièrement vrai pour les *milieux humides* et les *sites remarquables* sur la région Centre-Nord (Greco B) ou encore pour l'indicateur de *vulnérabilité intrinsèque aux pesticides* sur la région Grand Ouest (Greco A). Les zones ZAME créés se visualisent aisément sur les représentations géographiques communales de ces indicateurs.

- Les dernières itérations de la phase 2 de la méthode proposée ci-dessus amènent forcément au regroupement des communes les moins similaires. Une réévaluation de la proximité (mathématique) de ces dernières communes avec les zones déjà constituées qui leurs sont contiguës est alors envisageable (pour les rattacher ces communes restantes aux zones déjà créées). Pour le zonage présenté ici, se travail de « réaffectation » a été effectué uniquement sur les communes qui sont isolées lors des dernières itérations (groupe de moins de 5 communes contiguës). Nous abordons ici la question de l'arrêt des itérations, arrêt qui à ce jour reste « manuel ».

## Le zonage final retenu

### PRÉSENTATION

Le zonage final retenu est constitué de 686 zones. Ce zonage est représenté sur la carte ci-dessus, les couleurs correspondant aux régions Greco (adaptées, selon la méthode décrite dans le paragraphe « *Choix des entités de travail* »).

Ces zones sont de tailles hétérogènes, de 3 642 hectares pour la plus petite, à 677 974 ha pour la plus grande (taille moyenne de 80 000 ha).

Le zonage est présenté plus en détail, par région Greco, en annexe.

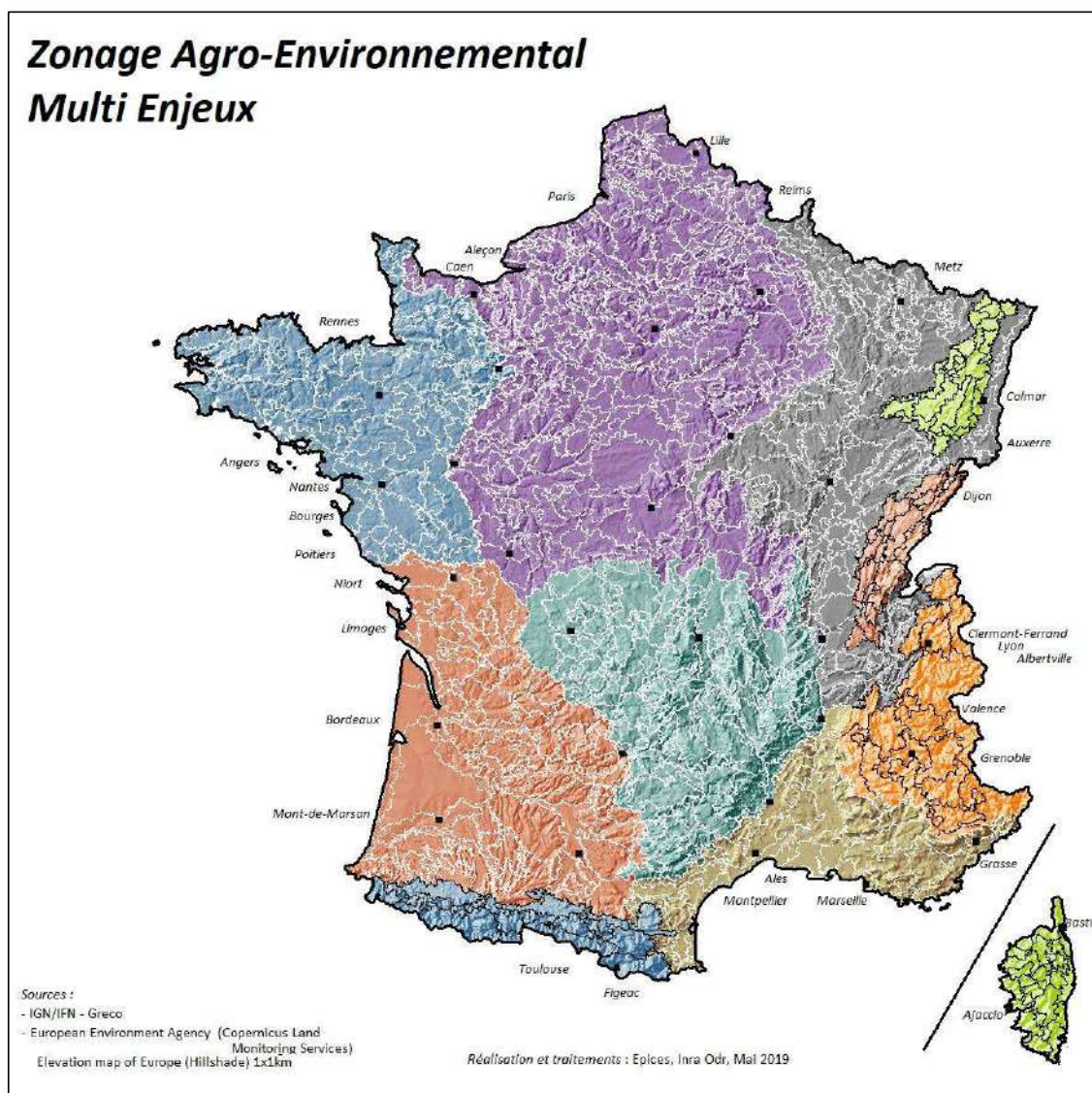


Figure 3-3-7 : Zonage Agro-Environnemental Multi-Enjeux (ZAME), première version proposée en Mai 2019 (Les couleurs correspondent aux différentes régions Greco).

### **ANALYSE DES RÉSULTATS**

Nous présentons ici des cartes de représentation de nos indicateurs initiaux agrégés sur les zones du zonage agro-environnemental multi-enjeux (Zame) (figures de gauche). Les indicateurs ayant été construits à l'échelle communale, l'agrégation des indicateurs à l'échelle de la zone Zame se fait par moyenne des valeurs prises par commune pondérée par les surfaces des communes qui constituent la zone Zame. L'écart-type des valeurs communales de l'indicateur initial sur chaque zone Zame est cartographié sur les figures de droite. L'écart-type (moyenne quadratique des écarts à la moyenne) mesure la dispersion des valeurs dans la zone. Plus l'écart-type est élevé, plus la zone est hétérogène du point de vue de l'indicateur considéré. L'unité de l'écart-type est la même que celle de l'indicateur pour lequel il est calculé.

Quelques exemples sont présentés ci-dessous, les figures pour l'ensemble des indicateurs sont présentées en annexe.

Un écart-type élevé se rencontre dans une zone Zame où des valeurs communales hétérogènes sont présentes, soit regroupées géographiquement à l'intérieur de la zone – auquel cas la classification « a montré des limites » et est améliorable ; soit éparpillées - auquel cas le processus de classification a abouti à un regroupement des communes reposant sur d'autres critères et cette hétérogénéité est une caractéristique de la zone pour l'indicateur concerné. D'après nos observations et évaluations, c'est ce second cas qui est rencontrés<sup>18</sup>. Il faut noter cependant que la contrainte géographique lors du rapprochement des communes peut entraîner le regroupement de communes à un groupe « par défaut », notamment sur le littoral ou aux limites des régions Greco (voir figures pour le *linéaire des tronçons cours d'eau* ci-dessous).

De plus, un écart-type élevé dans des zones où l'indicateur prend des valeurs élevées n'est pas non plus synonyme de « mauvais résultat » : l'hétérogénéité peut être due à un « éventail de valeurs élevés ».

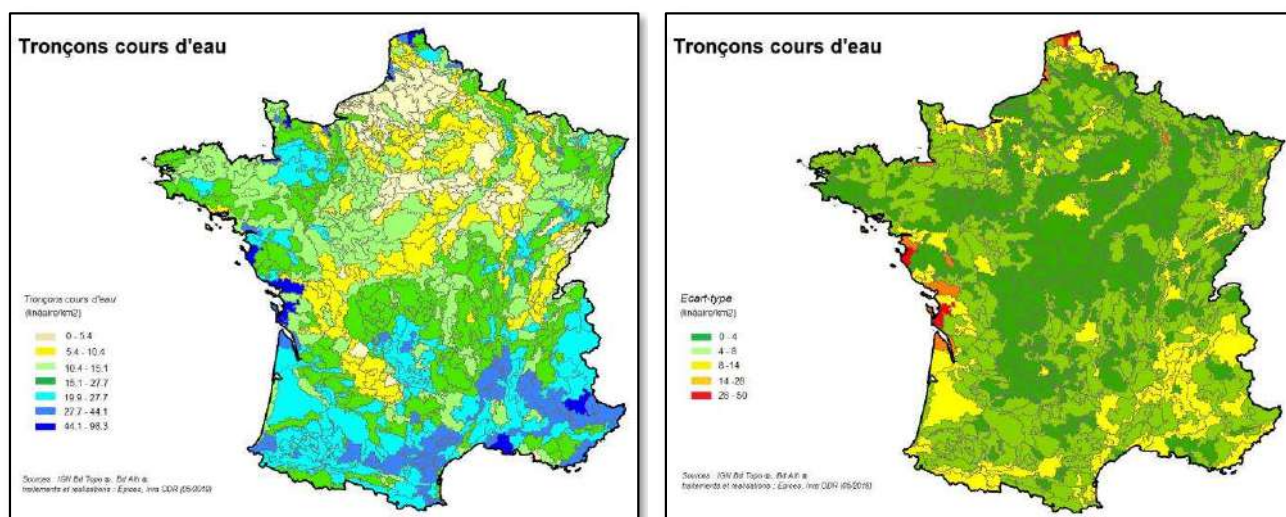


Figure 3-3-8 : Indicateur de linéaire des tronçons cours d'eau : agrégation sur les zones Zame (gauche), écart-type (droite)

Les figures ci-dessus montrent que l'indicateur de *linéaire des tronçons cours d'eau* est bien représenté des zones ZAME. Dans l'ensemble les écart-types sont faibles, excepté pour les zones où l'indicateur agrégé est très élevé sur l'ouest (Charente, Vendée) et le Nord. Sur le Sud-Ouest et le Sud-Est (Camargue, montagnes de Haute-Provence), la prise en compte de cet indicateur dans le processus de classification des communes est très satisfaisant (l'écart type ne dépasse pas 14m/km<sup>2</sup> sur des zones où l'indicateur agrégé est toujours supérieur à 19.9m/km<sup>2</sup>)

A noter, pour une zone Zame en Charente-Maritime entre Rochefort et Royan, une valeur agrégée élevée (bleu foncé, sur la carte de gauche) et un écart type élevé

<sup>18</sup> Utiliser des indices de répartition, de diversité (des valeurs prises par les différents indicateurs) à l'intérieur des zones ZAME est une solution pour évaluer globalement ce sujet et confirmer que le 1<sup>er</sup> cas ne se rencontre que rarement. Néanmoins à ce jour nous ne l'avons pas fait.

(rouge, carte de droite). Sur cette zone, il semble que 2 communes du littoral - où les valeurs de l'indicateur sont plus basses - aient été rattachées « par défaut » à ce groupe, car « coincées » entre l'océan et les autres communes où l'indicateur prend des valeurs élevées (« coincées » car sans possibilité de rattachement à un autre groupe).

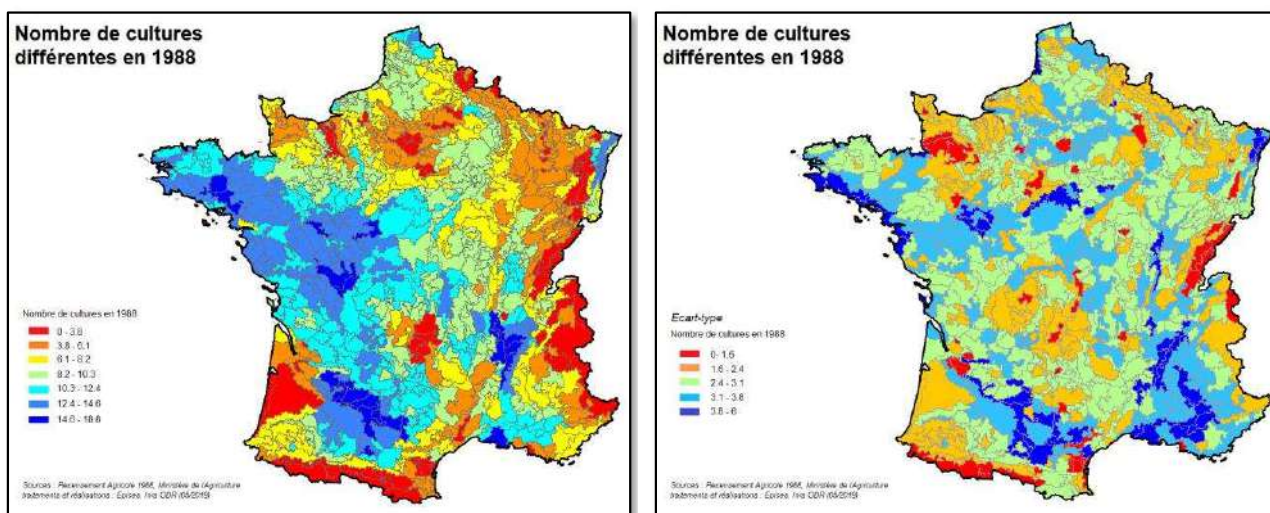


Figure 3-3-9 : Indicateur nombre de cultures en 1988 : agrégation sur les zones ZAME (gauche), écart-type (droite)

L'indicateur de diversité culturelle *nombre de cultures en 1988* est lui aussi bien représenté dans les zones ZAME. L'écart-type est toujours inférieur à 6 cultures. Les écart-types les plus élevés se rencontrent dans des zones ZAME où ce nombre de cultures est élevé (deux dernières classes en bleu sur la carte de gauche, nombre de cultures > 12.4). Dans quelques zones cependant l'hétérogénéité des valeurs prises par cet indicateur est importante ; par exemple dans la baie de Somme/parc du Marquenterre, en Bourgogne (zones ZAME étroites, la plus au sud étant située entre le « Beaujolais-Macon » et la Bresse), dans le Bas Vivarais (sud de l'Ardèche) ou encore au sud de la Drôme.

A remarquer : 2 sites où des communes contigües ont un *nombre de culture en 1988* égal à zéro : ces communes ont été regroupées lors de la classification pour former 2 zones ZAME (l'une autour de Paris et l'autre sur la forêt de Fontainebleau ; la création de 2 zones ZAME dépend uniquement de cet indicateur).



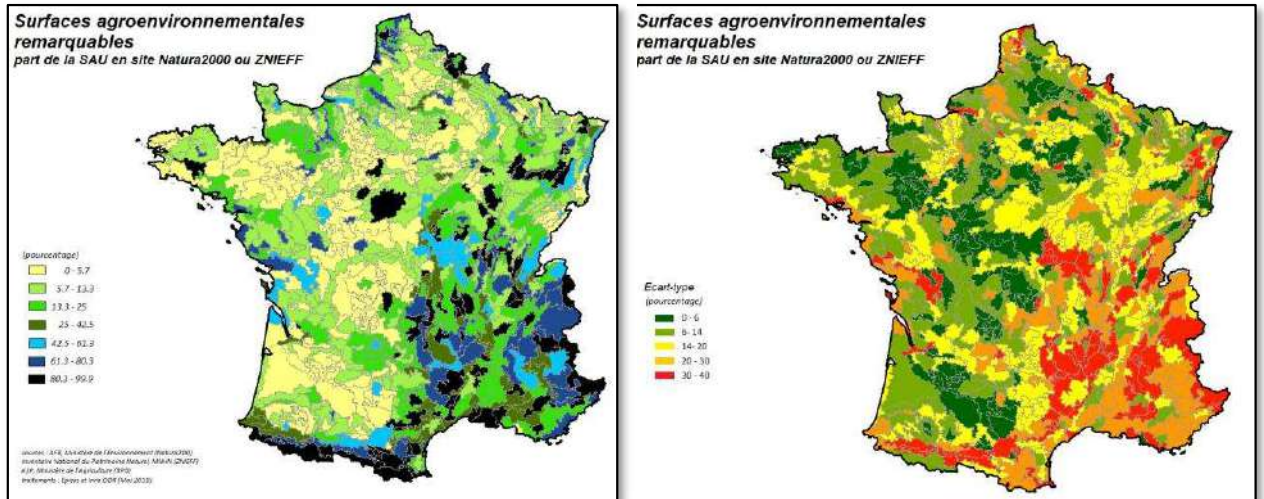


Figure 3-3-10 : Indicateur part surface agricole dans les sites Natura2000 et ZNIEFF : agrégation sur les zones ZAME (gauche), écart-type (droite)

Les zones ZAME où la valeur agrégée est élevée et l'écart-type plutôt faible ou moyen (typiquement, par exemple, la Sologne, la Petite Beauce ou le plateau de Millevaches) correspondent à des zones où cet indicateur a eu un rôle prépondérant dans leur création (sites remarquables assez grands et isolés, regroupés sur des communes contigües) : le contour de notre zonage est calé sur de tels sites. Sur les alpes ou le piémont pyrénéen, les sites remarquables sont nombreux mais de plus petites tailles et éparpillées ; la procédure de classification a « utilisé » cette information conjointement à d'autres indicateurs. Globalement sur le sud-est, l'indicateur prend des valeurs hétérogènes sur des communes proches, d'où plus de difficultés pour intégrer cette information pour lors de la création de notre zonage.

Les zones en jaune sur la figure de gauche et en vert foncé sur celle de droite correspondent aux zones où il n'y a pas ou très (très) peu de surfaces agricoles dans ces sites remarquables.

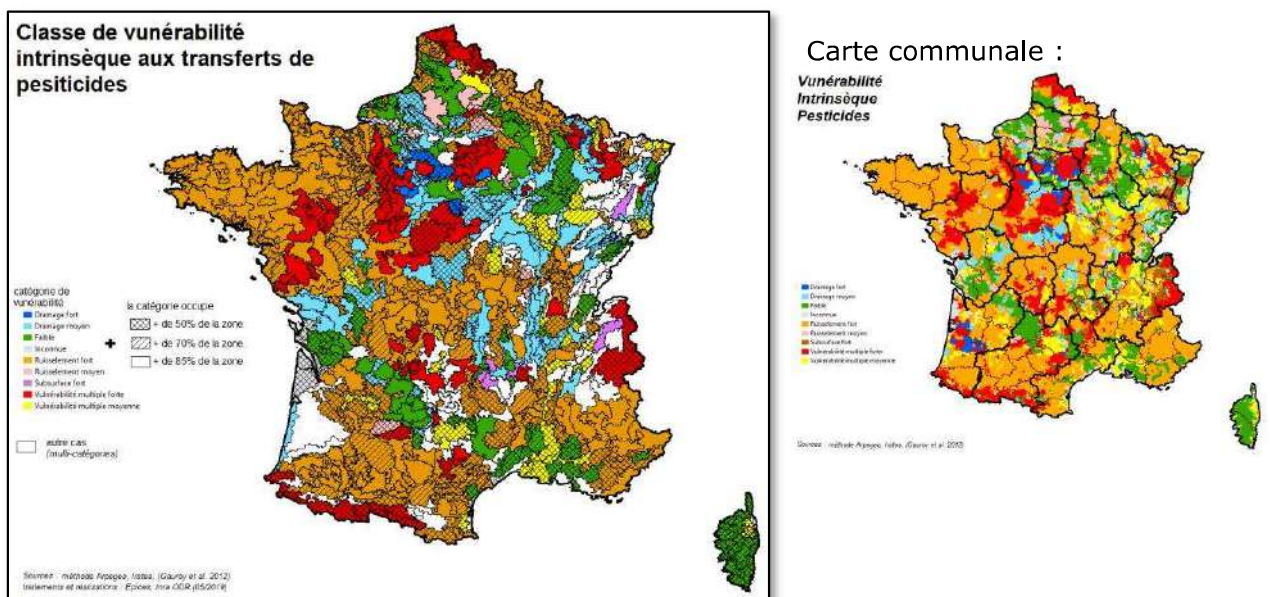


Figure 3-3-11 : Indicateur de vulnérabilité aux transferts de pesticides sur les zones ZAME : part de la surface occupée par la catégorie la plus représentées.

Cet indicateur étant qualitatif, nous ne pouvons effectuer une agrégation des valeurs communales pour caractériser les zones Zame. L'écart-type n'est pas calculable (variable discrète). Nous représentons donc la classe la plus présente dans les zones ZAME en termes de surface : une couleur sans hachure indique que la classe correspondante à cette couleur occupe plus de 85% de la zone.

C'est le cas, par exemple, dans le nord des Flandres ou sur la Bretagne. Dans ce dernier cas, cet indicateur a directement conduit aux regroupements des communes classées « Vulnérabilité multiple forte » (couleur rouge) par contraste avec la classe observée très majoritairement sur l'ensemble des communes de la région Greco (« Ruissellement fort », couleur orange) (voir remarque à ce sujet dans le paragraphe « Notes et discussions sur la méthodologie de classification » ci-dessus).

A contrario, la Zame créée sur les Landes montre une grande diversité de classe de vulnérabilité aux transferts de pesticides (plus généralement sur les zones en blanc sur la carte de gauche).

Comme indiqué plus haut, pour la classification, l'indicateur qualitatif a été transformé en variable quantitative suivant un gradient qui hiérarchise les différentes classes de vulnérabilité. Cette « hiérarchisation » a bien sûr une influence majeure sur le regroupement des communes, et fait partie des points sujets à discussion.

## DISCUSSION

Les étapes de la méthode de classification ne sont pas entièrement automatisées et le choix du moment d'arrêt des dernières d'étapes (et donc du nombre de classes) reste à l'appréciation des auteurs. Ceci peut engendrer des différences entre régions Greco (pour le nombre et la taille des zones ZAME finales). La classification faite sur la Corse a ainsi abouti à un nombre élevé de zones compte-tenu des enjeux et de la diversité agricole de l'île. Des essais ont été faits lors des traitements statistiques sur cette région, et une révision ultérieure de ces zones pourrait être envisagée.

Pour les communes en bordures des régions Greco, la question suivante peut se poser : devrait-on les rattacher à une zone ZAME de la région Greco voisine ? Pour les communes encore isolées (non regroupées) lors des dernières itérations du processus de classification, leur proximité mathématique (du point de vue des indicateurs initiaux) peut effectivement être évaluée afin d'envisager un tel changement de région Greco (particulièrement pour les « petites » régions Greco D et F et la « grande » région C qui les entoure). Cela n'a pas été fait à ce jour dans cette étude.

Le zonage final apparaît globalement satisfaisant du point de vue mathématique pour les indicateurs initiaux de caractérisation du profil agro-environnemental (ressemblance des communes regroupées, dissimilarité avec les communes regroupées dans des zones voisines). Il est néanmoins améliorable. Certaines zones peuvent définir un territoire qui ne présente pas d'enjeu agro-environnemental de première importance (exemple : partie sud de la côte atlantique détachée de la Zame englobant les Landes) ou encore d'enjeux agro-environnemental similaires (exemple : zones montagneuses en Corse) et pourraient sans doute être fusionnées entre elles. Inversement, peut-être

n'avons-nous pas assez découpé finement certaines zones (par exemple dans les Alpes du sud).

Cette étude visant la création d'un zonage agro-environnemental multi-enjeux reste exploratoire (par définition dans le cahier des charges), et pose les bases d'un premier zonage qui répond à la problématique telle que nous l'avons identifié et décidé d'y répondre.

La méthodologie de classification repose d'abord sur le choix de travail à l'échelle communales (choix ouvert à discussions mais qui semble tout de même cohérent), puis sur le choix des techniques de classifications mathématiques utilisées. La question des indicateurs initiaux mobilisés est également de première importance. A ce sujet, nous pouvons certainement revoir certains (telle que la *combinaison des contraintes naturelles pour la présence de l'herbe*, ou encore la *part des surfaces peu productives dans la SAU* par exemple) ou en inclure de nouveaux.

## 4. Comparaison du zonage multi-enjeux avec les zonages existants

### 4.1 Comparaison des contours du zonage avec les autres zonages existants

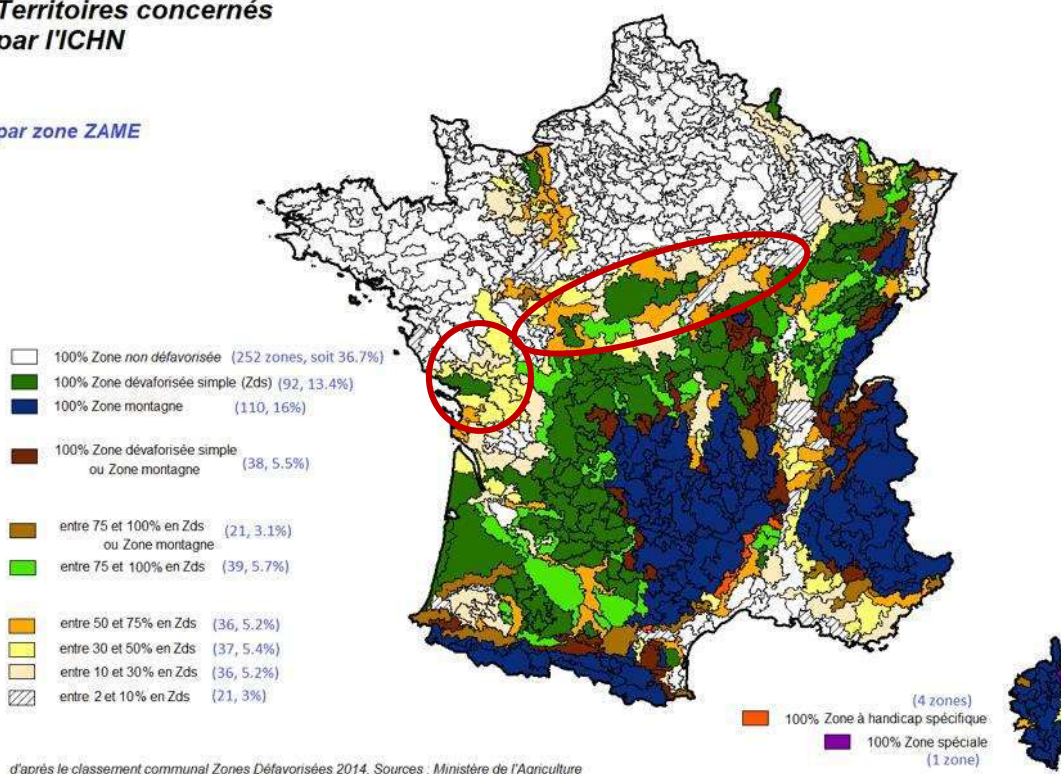
Ce chapitre examine les correspondances entre le zonage ZAME et les autres zonages agricoles de référence. Il observe tout particulièrement quelle est la correspondance avec les régions agricoles (= PRA sans découpages administratifs), et la correspondance obtenue avec le zonage de l'ICHN.

#### COMPARAISON AVEC L'ICHN ( INDEMNITE COMPENSATOIRE D'HANDICAP NATUREL)

La comparaison des contours des ZAME avec les zones ICHN (2014) montre que les correspondances sont variables selon les zones défavorisées/ montagne considérées. Au sein de l'ICHN montagne, les zones Zame en bleu foncé (100% d'inclusion) sont très présentes, complétées par quelques zones frontière (à 100% en ICHN montagne ou zone défavorisée simple- cf. régions en marron foncé). Il n'y a quasiment aucune zone ZAME qui soit partiellement en ICHN et partiellement hors ICHN (cf. zones en marron clair).

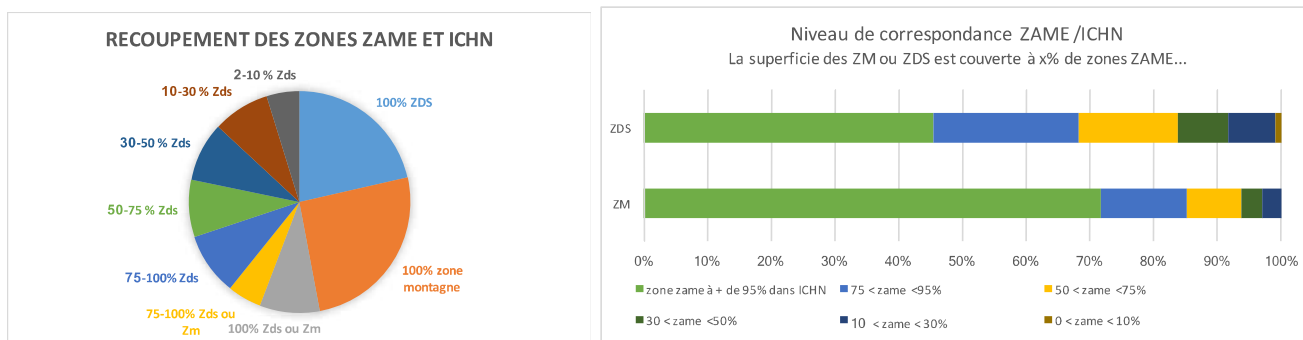
#### Territoires concernés par l'ICHN

par zone ZAME



A l'inverse les zones défavorisées simples se retrouvent dans des situations très variables avec une proportion significative de Zame qui recoupe entièrement les Zones Défavorisées Simples, mais aussi beaucoup de régions qui ne recourent qu'à 10, 30, 50, ou 75%. Parmi les zones avec les différences les plus marquées,

on voit apparaître le nord du massif central, l’axe de la Loire, et certaines régions de l’ouest (Maine et Loire, Deux Sèvres...<sup>19</sup>). On voit aussi l’axe de la Garonne et de l’Adour, une partie de la Normandie ou des Ardennes. Dans certaines régions périphériques (cf. cercle rouge dans les Deux Sèvres/sud Vendée), le recouplement est inférieur à 10%. Ces zones ont d’ailleurs fait l’objet d’une évolution forte des contours de l’ICHN à partir de 2018.



### COMPARAISON AVEC LES RÉGIONS AGRICOLES HISTORIQUES

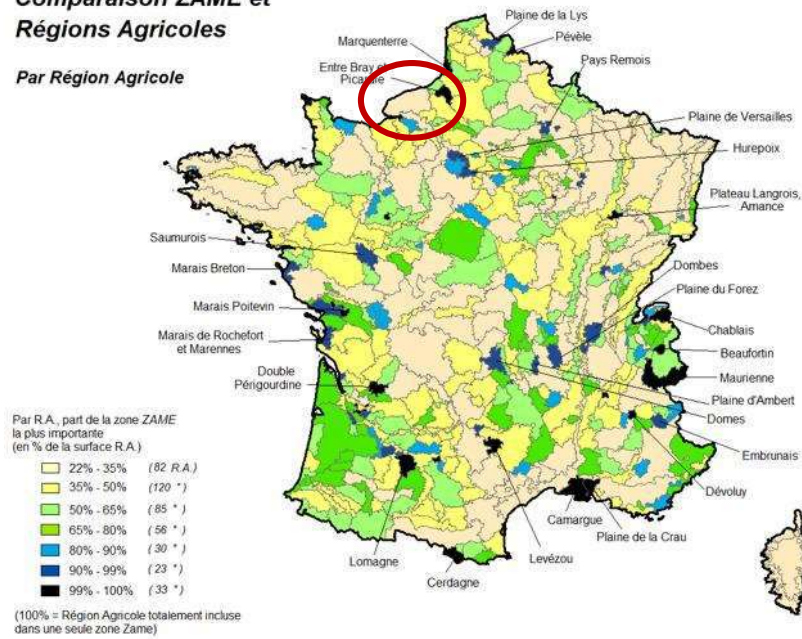
Concernant le recouplement entre régions agricoles et Zame, les cartes disponibles montrent une adéquation partielle. Cette différence s’explique par les différences de méthode de construction les NPRA intègrent les facteurs pédologiques de façon indirecte (lien avec l’herbe contrainte, des zones humides potentielles, les vulnérabilités intrinsèques N/Phy...), mais ne regardent pas au sens propre la géologie ou pédologie des territoires. Elles ne se fondent pas non plus sur le potentiel productif des territoires à la différence des régions agricoles historiques.

D’autres différences tiennent aussi au nombre de zones (429 régions agricole/ 687 Zame). Une partie des régions agricoles étant assez grandes il est normal qu’elles recouparent souvent avec plusieurs Zame. Les territoires avec un profil très spécifique – pente, humidité, vulnérabilité... se retrouvent parfois bien isolés avec un niveau de recouplement important (marais, coteaux, vallées, massifs montagneux).

<sup>19</sup> Alors que le marais poitevin ressort de façon très nette ou le Pays d’Auge en Normandie.

**Comparaison ZAME et Régions Agricoles**

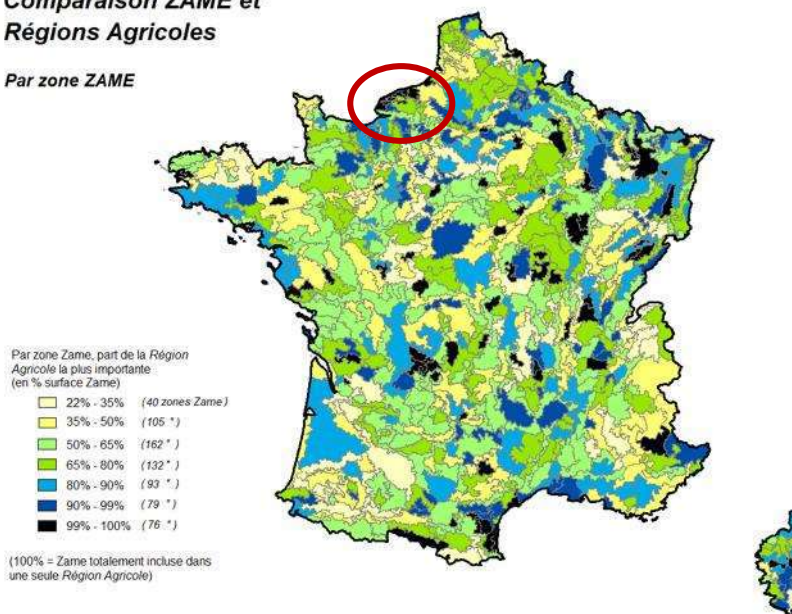
**Par Région Agricole**



Les zones Zame, plus petites que les RA, sont plus souvent incluses dans ces dernières. L'exemple du Pays de Caux (cf. cercle rouge) illustre bien cette articulation. La PRA du Pays de Caux apparaît en jaune sur la carte du haut car elle est globalement beaucoup plus grande que les Zame locales qui semblent tenir compte des vallées et plateaux du terroir agricole. A l'inverse les Zame apparaissent en bleue sur la carte du bas puisqu'elles sont plus découpées et incluses dans la PRA). La seconde carte ci-dessous (dominante des couleurs vertes et bleues et une proportion plus limitée de Zame en jaune) semble illustrer l'emboîtement relatif des Zame dans les PRA, même si des effets de bordure existent partout (ex. PRA qui débordent sur les Zame voisines) et expliquant la répartition relativement homogène des couleurs jaunes un peu partout sur le territoire. Seules les zones littorales et quelques territoires du nord/nord-est ou zones remarquables (Sologne) ressortent en bleu avec un emboîtement fort.

**Comparaison ZAME et Régions Agricoles**

**Par zone ZAME**

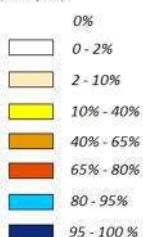


**COMPARAISON DES CONTOURS DU ZONAGE AVEC LES ZONES VULNÉRABLES**

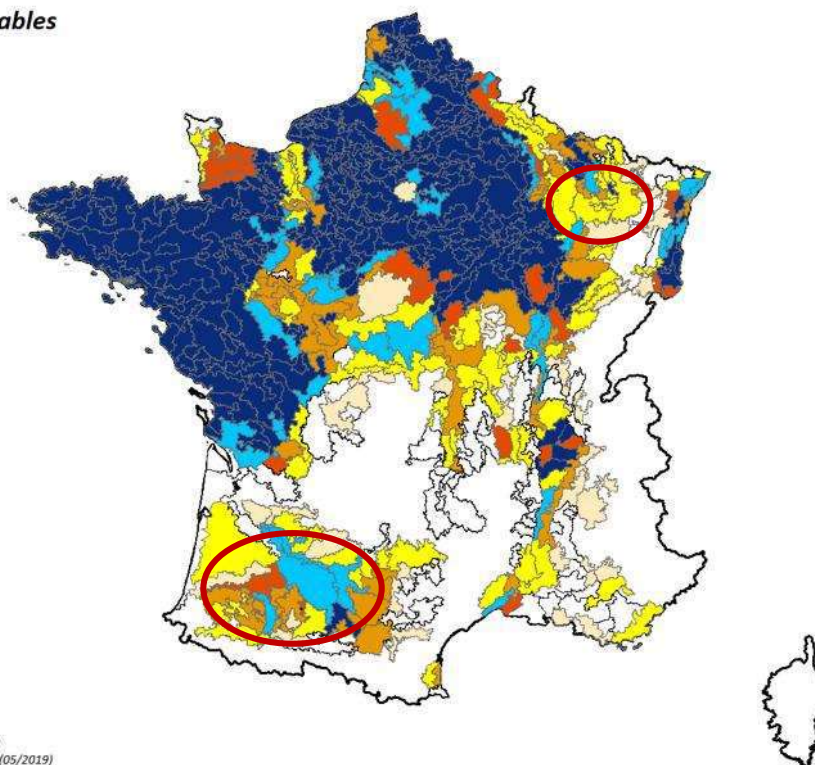
- La carte suivante rend compte du niveau d’emboîtement des Zame dans les zones vulnérables actuelles de 2012. On y voit globalement une correspondance partielle en dehors de quelques zone cœur. Les zones vulnérables construites sur des critères de pression ne semblent donc pas réellement découpées selon les paramètres de vulnérabilité intrinsèque qui structurent en partie les Zame (cf. cercles rouges avec taux de correspondance particulièrement faibles dans l’Est et dans le Sud-Ouest).

**ZAME et Zones Vulnérables**

Part de la zone ZAME située en Zone Vulnérable (en surface)



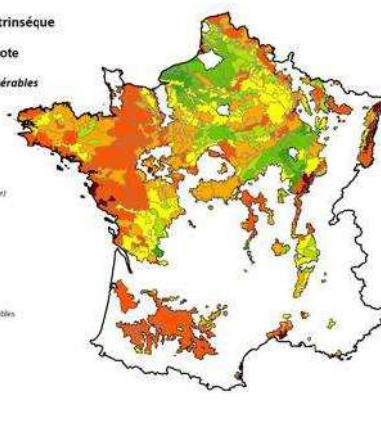
Délimitations 2012 (par communes)



Sources: Ministère de l'Environnement, 2012  
traitements et réalisation : Epices, Inra ODR (05/2019)

La seconde carte montre quant à elle le niveau de vulnérabilité intrinsèque nitrates des Zame contenues (entièrement ou en partie) dans le zonage des ZV. On y voit apparaître la très grande hétérogénéité des territoires en ZV sur le plan de la vulnérabilité intrinsèque.

Vulnérabilité Intrinsèque des eaux vis-à-vis de l'azote dans les zones vulnérables



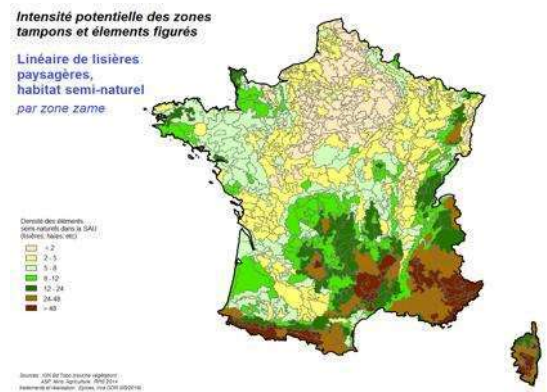
## 4.2 Comparaison des profils agro-environnementaux avec l'état des structures paysagères, des pratiques et systèmes agricoles

Cette partie vise à comparer les référentiels ou profils thématiques ainsi construits à l'état actuel de ces mêmes variables à l'échelle des zones Zame ainsi construites. Il s'agit ainsi non pas de porter un jugement sur le potentiel a priori de telle ou telle zone (cf. chapitre méthodologique), mais de réfléchir aux décalages entre les indications du profil et l'état actuel observé. À l'image des masses d'eau fortement modifiées (directive cadre sur l'eau), il s'agit de qualifier les régions agricoles dont l'état semble plus ou moins marquées par l'activité anthropique.

### Structures paysagères

#### ÉTAT ACTUEL DES STRUCTURES PAYSAGERES

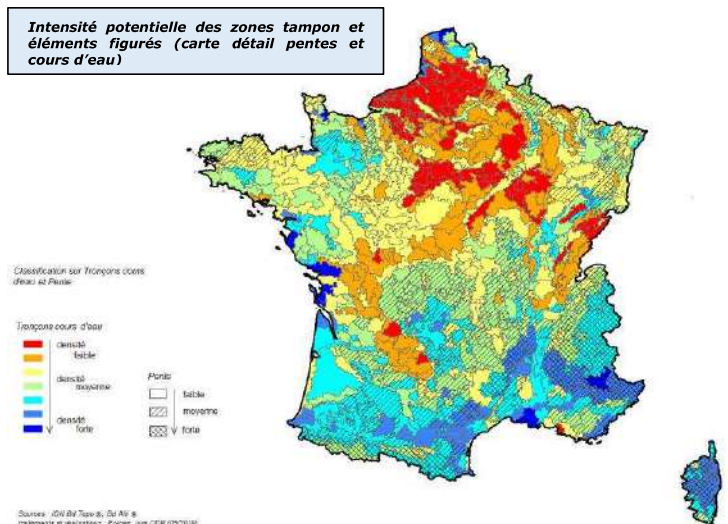
Ce premier indicateur illustre l'état actuel de densité des structures paysagères à l'échelle des territoires. La fiche sur l'indicateur 4 en annexe, décrit la construction de cet indicateur « d'état » décliné ici à l'échelle des Zame



#### RÉFÉRENTIEL DE SYNTHÈSE

L'analyse statistique décrite au chapitre précédent permet de construire des cartes de référence sur les « potentialités du milieu » ou prédispositions à accueillir des éléments figurés et structures paysagères en lien avec les facteurs de pente ou de densité de cours d'eau.

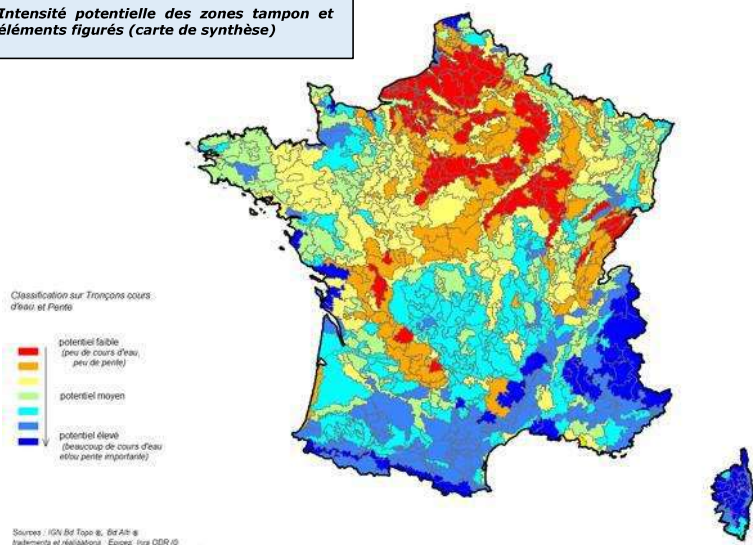
Une première carte de synthèse fait apparaître les facteurs favorables aux zones tampon et éléments figurés du paysage projetés à l'échelle du zonage Zame. Les codes couleurs (rouge et orange) montrent la prédominance de zones avec une très faible densité de cours d'eau dans le bassin parisien et dans une partie des "zones intermédiaires" aux pourtours du massif





central. Les Zame en jaune / vert clair sont avec une densité moyenne – Bretagne, Lorraine, Limousin, une partie de l’Auvergne –Bourgogne, certaines régions des pré-Alpes ou Pyrénées. Les zones en bleu figurent les territoires avec une densité exceptionnelle dont certaines régions humides et le Sud du massif central/ Alpes principalement.

**Intensité potentielle des zones tampon et éléments figurés (carte de synthèse)**



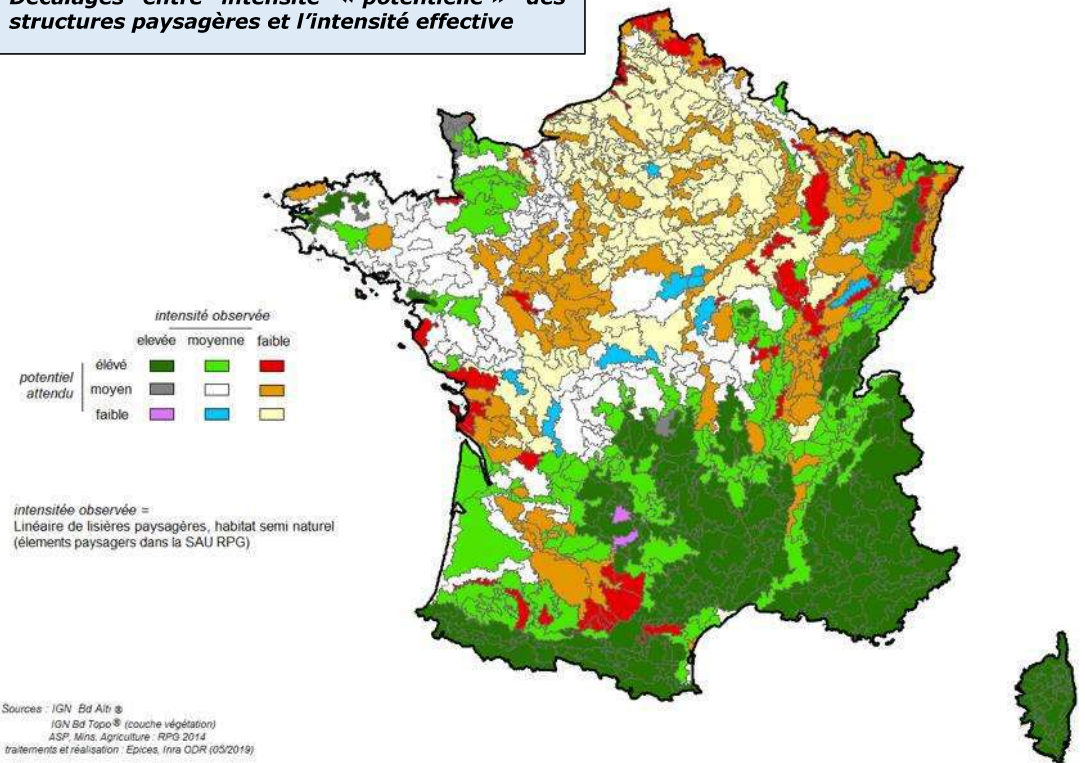
Sur la seconde carte ci-contre, les deux facteurs naturels (pente et densité de cours d’eau) ont été unifiés dans un seul gradient unique. La combinaison de cette densité de cours d’eau avec les zones de pente fait apparaître une carte légèrement différente, dans laquelle les zones de montagne se détachent nettement, mais aussi plus largement une grande moitié sud de la France et quelques poches de “densité potentielle” dans l’ouest et, dans une moindre mesure, dans

les bordures nord-est.

**DÉCALAGES :**

L’analyse des différences entre les cartes de « potentiel » et celle sur l’état actuel des structures paysagères montre une première série de décalages illustrés sur la carte ci-dessous. En effet, le référentiel des structures paysagères “potentielles” est confronté à la densité actuelle des bordures et lisières dans le paysage (cf. indicateur N4). La comparaison fait apparaître des “décalages” importants à très importants dans l’Est de la France (axe Champagne, Lorraine, Côte d’Or, Val de Saône) mais aussi dans le Nord, ou dans une grande partie des régions Centre, Poitou Charente Midi Pyrénées (axe de la Garonne). Certaines régions se retrouvent avec des “décalages” positifs - Cotentin, bords Sologne, Morvan, Dordogne en raison parfois de l’histoire agraire (bocage normand) ou de phénomènes de fermeture des paysages...

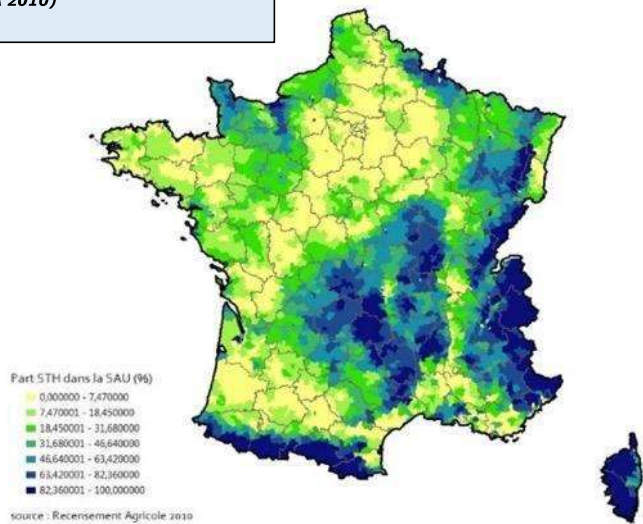
**Décalages entre intensité « potentielle » des structures paysagères et l'intensité effective**



**Profil herbager des territoires**

**ÉTAT ACTUEL DES SUPERFICIES EN HERBE**

Part de la STH dans la SAU en 2010  
- (RA 2010)



La carte ci-contre donne un aperçu de l'état « actuel » des surfaces en herbe (STH) à partir des données déjà relativement vieillissantes du RA 2010.

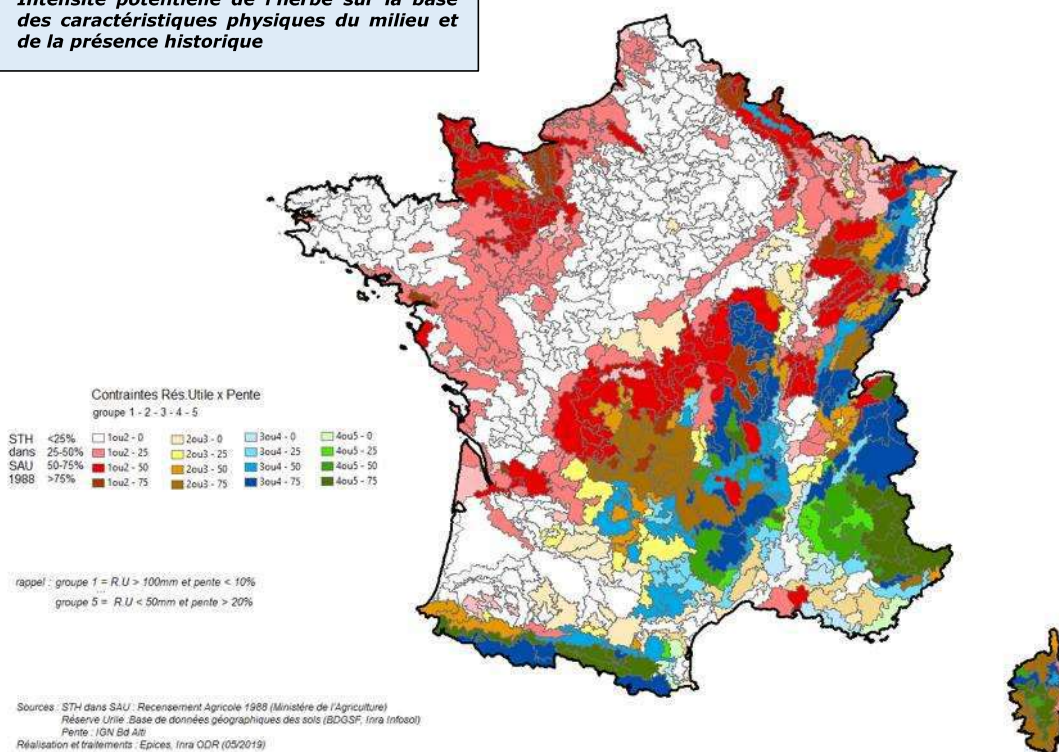
Concernant cet indicateur central des politiques publiques, il est intéressant de voir la façon dont l'état semble corrélé aux potentialités approchées sur la base des facteurs naturels ou historiques.

## RÉFÉRENTIEL THÉMATIQUE

Concernant la présence de l'herbe, le référentiel thématique a été construit autour de deux familles de variables dont l'herbe historique et l'herbe contrainte (cf. indicateurs N° 8 et 9 en annexe). La carte suivante propose quatre gammes de chromatiques pour les quatre niveau de contrainte par les facteurs naturels (herbe de plus en plus contrainte du rouge au vert), et des gradients d'intensité (couleur plus ou moins intense) liés au % d'herbe historique dans chaque famille de contrainte potentielle. A titre d'exemple la présence de l'herbe en Normandie ne semble pas lié à des contraintes productives du milieu et des facteurs naturels<sup>20</sup> mais avant tout liée aux systèmes et contexte climatique favorable (couleurs à dominante rouge) alors qu'elle est bien davantage liée aux contraintes naturelles dans les régions montagneuses en bleu ou vert. Au sein d'un même bassin de production – ex grand Ouest ou grand Est – les gradients de rouge plus ou moins intenses indiquent des % de STH historique différents sur des territoires globalement peu contraints sur le plan des facteurs naturels.

Dans les zones moyennement contraintes (Limousin, Jura), on voit globalement peu de gradients se dégager. C'est en revanche davantage le cas dans les zones contraintes (bleues) au sud du massif central et sud Alpes (en vert), avec des gradients qui apparaissent par exemple entre culture herbagère et présence de productions pérennes.

**Intensité potentielle de l'herbe sur la base des caractéristiques physiques du milieu et de la présence historique**

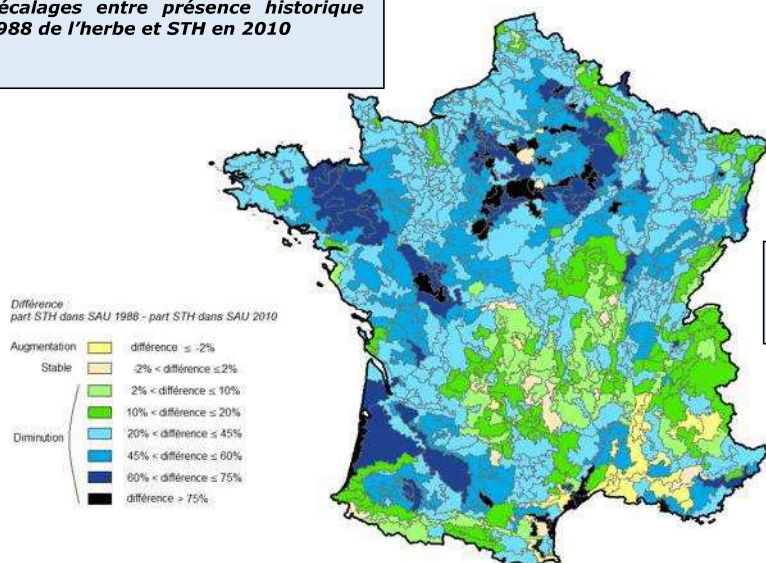


<sup>20</sup> Au regard des proxis disponibles et retenus dans le cadre de l'étude – cf annexe.

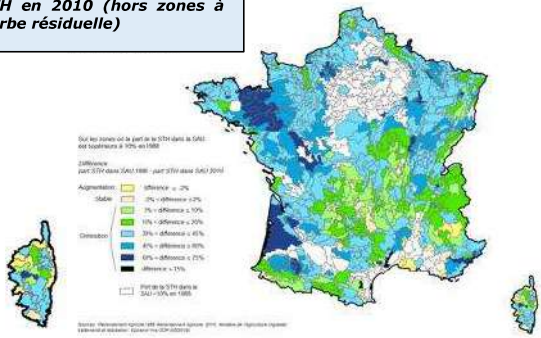
**DÉCALAGES**

Au regard de ce référentiel, deux types de décalages ont été analysés. Le premier ne concerne que l'évolution historique de la prairie permanente, projetée sur les zones Zame. Sur cette analyse, la proportion d'herbe est en baisse de façon quasi généralisée à l'exception de quelques territoires des Hautes Alpes (en jaune) et territoires du Massif Central. Si les zones de montagne perdent peu d'herbe la plupart de temps (elles perdent par contre de la SAU), cette perte est en revanche très importante dans le bassin parisien (sur des territoires avec un pourcentage initial déjà faible). C'est aussi le cas dans l'est breton, dans la vallée de la Vienne (au croisement du Maine et Loire, deux Sèvres, Indre et Loire...), dans le sud-ouest avec encore une fois l'axe de la Garonne/ Landes.

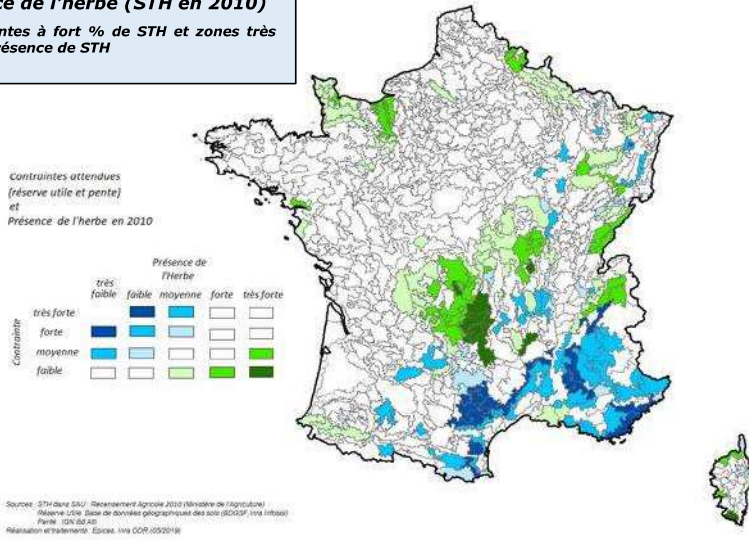
**Décalages entre présence historique 1988 de l'herbe et STH en 2010**



**Décalages entre présence historique 1988 de l'herbe et STH en 2010 (hors zones à herbe résiduelle)**



**Décalages entre contraintes physiques du milieu et présence de l'herbe (STH en 2010)**  
=>Zones peu contraintes à fort % de STH et zones très contraintes à faible présence de STH



Une analyse ciblée sur les zones à herbe contrainte, fait ressortir les zones difficilement cultivables mais avec une proportion d'herbe limitée. Seules certaines

zones méditerranéennes et les pourtours Sud des Alpes ou massif central semblent ressortir dans cette configuration avec probablement une proportion élevée de cultures pérennes ou irriguées. On y voit aussi apparaître les zones de montagne sèches (Causse, Var, Vaucluse, Alpes de Haute Provence), avec une densité moins importante de l'herbe.

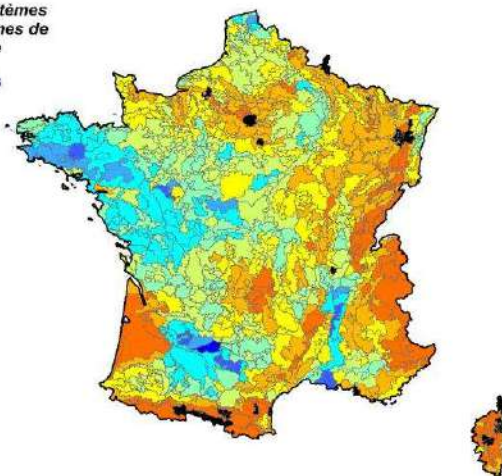
## La diversité culturelle

### ÉTAT DE LA DIVERSITÉ CULTURALE

Référentiel des systèmes  
accessibles en termes de  
diversité territoriale

Nombre de cultures  
dans le RA 2010  
par zone zame

Nombre de cultures en 2010

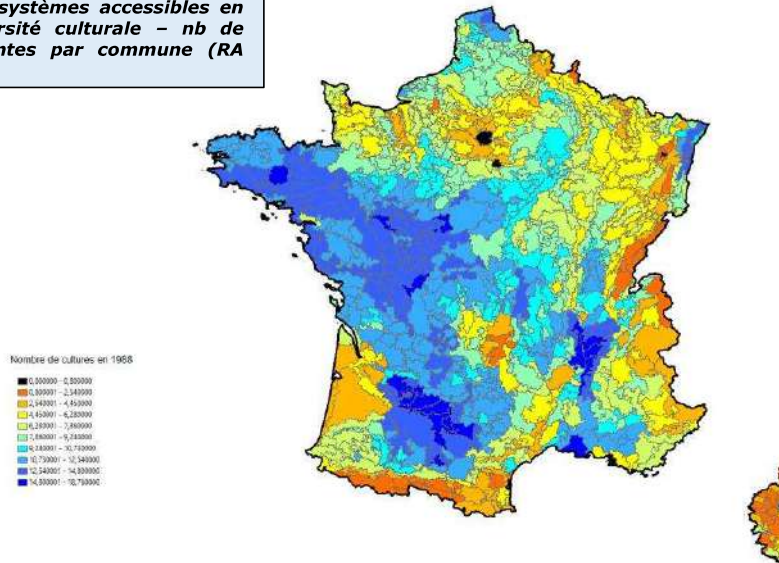


Cet indicateur « d'état » rend compte de la diversité culturelle en 2010 à partir des données du RA.

### RÉFÉRENTIEL

Concernant la diversité culturelle, le référentiel construit n'intègre qu'une famille de variables correspondant au nombre de cultures différentes en 1988, projetées à l'échelle des territoires ZAME (cf. indicateur N°10b en annexe). L'indicateur N°10 portant sur la diversité culturelle au sein des exploitations en agriculture biologiques, n'a pas été repris ici parce que les données disponibles ne permettaient pas de bien couvrir l'ensemble du territoire national. Sur la carte ci-dessous on voit apparaître une très forte diversité des cultures dans une grande partie des zones qui viennent d'être décrites comme ayant perdu le plus de prairies permanentes (Bretagne, Pays de la Loire, Vienne, Indre et Loire, Loir et Cher, ... Sud-Ouest). La Vallée du Rhône apparaît aussi comme particulièrement propice à la diversité culturelle. 20 ans plus tard, on voit cette diversité fortement réduite mis à part dans quelques zones résiduelles.

Référentiel des systèmes accessibles en termes de diversité culturale – nb de cultures différentes par commune (RA 1988)

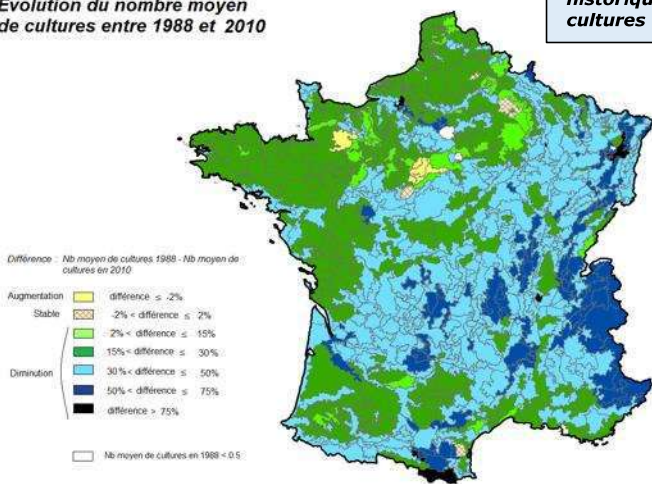


DÉCALAGES

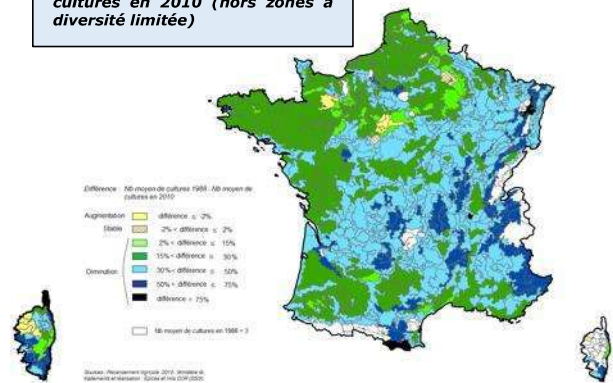
Une analyse en nombre de productions montre que la perte la plus significative de diversité concerne, sans surprise les zones les plus riches. Une analyse en proportion (cf. cartes ci-dessous - nb de cultures 2010/ Nb de cultures 1988) montre un paysage différent, avec une baisse plus marquée de cette proportion dans les zones de montagne (spécialisation accrue dans les élevages herbivores, perte des cultures résiduelles fourragères ou vivrières dans ces zones) et dans les territoires avec une diversité intermédiaire. La proportion relative du nord, nord-ouest, sud-ouest et Méditerranée se maintient un peu mieux. Au-delà de cet indicateur, il serait pertinent d’approfondir cette notion de diversité en la pondérant par les surfaces<sup>21</sup>, car si diversification il y a, elle peut être limitée en termes d’expansion.

Evolution du nombre moyen de cultures entre 1988 et 2010

Décalages entre diversité historique 1988 et diversité des cultures en 2010



Décalages entre diversité historique 1988 et diversité des cultures en 2010 (hors zones à diversité limitée)



Source: Recensement Agricole 2010 - Ministère de l'Agriculture (Agreste) traitement et réalisation: Epices et Inra ODR (052019)

Source: Recensement Agricole 2010 - Ministère de l'Agriculture (Agreste) traitement et réalisation: Epices et Inra ODR (052019)

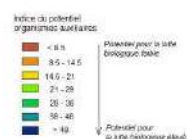
<sup>21</sup> Par exemple en calculant un indice de Shannon, indicateur courant pour qualifier la richesse en biodiversité d’un écosystème.

## Vulnérabilité aux polluants et résilience des territoires

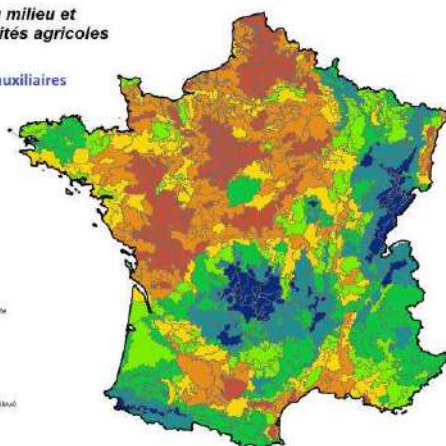
### POTENTIEL DE LUTTE BIOLOGIQUE DES TERRITOIRES

Caractéristiques du milieu et résilience aux activités agricoles

Potentiel organismes auxiliaires lutte biologique par zone zame



Source : ITC - ITC (2016) et ITC (2018) National Panel Control (NAPC) Index (NAPC) - Agriculture (2018) (2018)



L'état des pressions agricoles actuelles n'a pas directement été abordé par la présente étude pour les raisons développées dans le chapitre de cadrage.

La résilience des territoires aux polluants a en revanche été approchée par un des **indicateurs d'état** développé en correspondant au potentiel de lutte biologique lié à l'état actuel des structures /mosaïques paysagères (cf. annexes ind n°15).

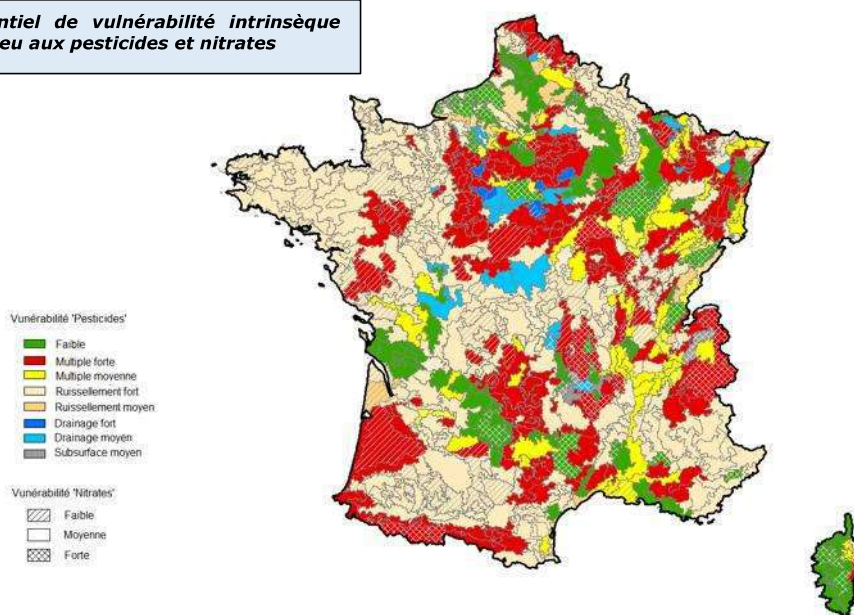
Cet indicateur « d'état » peut être comparé à l'état de vulnérabilité intrinsèque de la ressource lié aux facteurs naturels et considéré ici comme un « référentiel » (voir ci-dessous)

### RÉFÉRENTIEL

Le référentiel construit par l'analyse statistique combine les cartes de la vulnérabilité intrinsèque aux pesticides et nitrates (indicateurs n° 13 et 14 de l'annexe). Le volet nitrates n'est pas directement exploité ici.

**Concernant les pesticides**, cette carte montre globalement une trame dominante des zones de vulnérabilité forte au ruissellement, qui se combine sur une grande partie centrale de la France avec les territoires à vulnérabilité multiple forte (en rouge) ou moyenne (en jaune). Les zones très vulnérables sont intercalées avec les zones peu vulnérables en vert, correspondant à certaines couches géologiques crétacées. Les zones à forte vulnérabilité pour les nitrates semblent s'organiser dans bien des cas autour de zones différentes de celles des pesticides, notamment en ce qui concerne le quart nord-est de la France.

**Référentiel de vulnérabilité intrinsèque du milieu aux pesticides et nitrates**

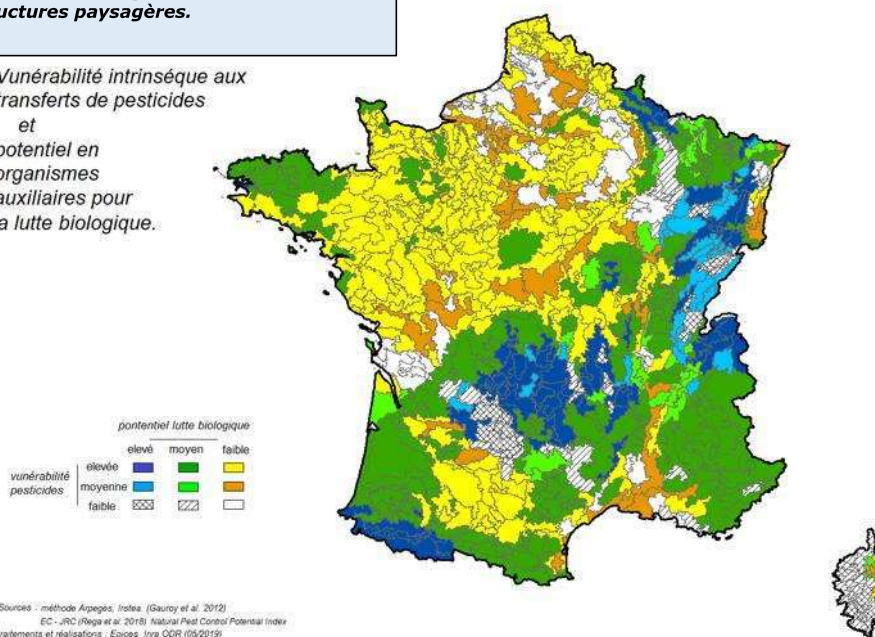


**LES DÉCALAGES**

Les décalages observés sont ici avant tout analysés autour de la thématique des pesticides. Il s’agit de voir en quoi la carte de vulnérabilité est corrélée ou non à celle du potentiel d’auxiliaires et de lutte biologique des territoires (cf. indicateur 15 sur le potentiel de « pest control » lié aux structures paysagères). Après avoir projeté ce potentiel de contrôle par les auxiliaires sur la carte du zonage ZAME, une analyse des “décalages” est proposée. Les zones à risques majeurs apparaissent sur le cœur et les pourtours du bassin parisien en dehors de certaines zones peu vulnérables. On y voit apparaître aussi le bassin de l’Adour, mais aussi une partie importante de la Bretagne, Pays de la Loire, Normandie ... D’autres grande vallées alluviales ressortent aussi – Rhône, plaine d’Alsace.

**Décalages entre la vulnérabilité intrinsèque du milieu aux pesticides et le potentiel de « pest control » lié aux structures paysagères.**

Vulnérabilité intrinsèque aux transferts de pesticides et potentiel en organismes auxiliaires pour la lutte biologique.



Sources : méthode Arpegis, Inra (Gaurcy et al. 2012)  
EC - JRC (Repa et al. 2018) Natural Pest Control Potential index  
traitements et réalisations : Epices, Inra ODR (05/2019)



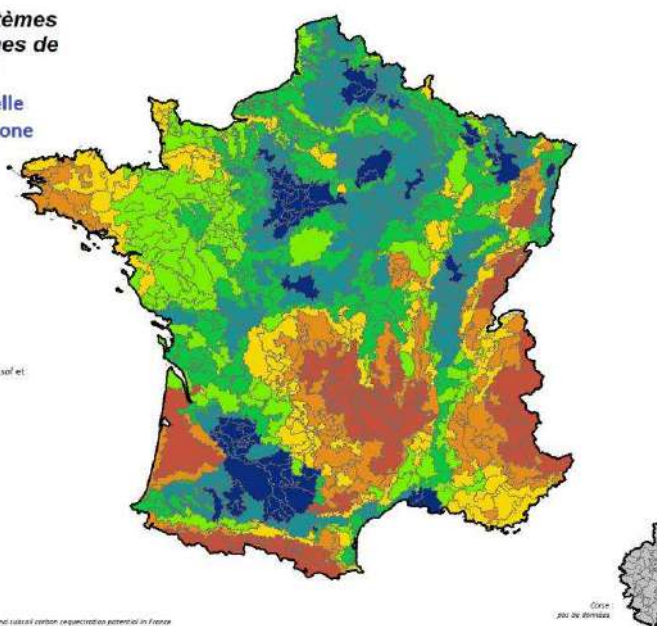
## Séquestration carbone

Sur la thématique de la séquestration de carbone les travaux de Chen & all 2018 proposent une carte de séquestration potentielle de carbone rappelée ici et présentée en annexe (indicateur 12). Cette carte constitue illustre à elle seule les décalages entre un « potentiel » qualifié avant tout sur la base de variables physiques, et l'état actuel de stockage du carbone. Elle montre la différence entre la saturation possible en carbone des sols et le stock déjà présent projetée ici à l'échelle du zonage ZAME. La carte fait apparaître un très fort différentiel dans certaines zones de grandes cultures – Beauce, Brie, Aisne, Meurthe et Moselle,... et surtout dans les vallées du sud-ouest. A l'inverse, le différentiel (potentiel de séquestration complémentaire) est faible dans les zones de montagne et les zones d'élevage denses comme la Bretagne.

### Référentiel des systèmes accessibles en termes de diversité territoriale

Séquestration potentielle (additionnelle) du carbone organique des sols par zone zame

Séquestration additionnelle potentielle du carbone organique des sols  
(Différence entre la saturation du carbone du sol et les stocks de carbone présents dans les sols)



Source : Chen et al. (2018) Fine resolution map of top- and total carbon sequestration potential in France  
Balemeix : Epices et US ODR (2021)

## En synthèse

Après ces différentes analyses thématiques, une carte de synthèse des différences et décalages est proposée ci-dessous. Cette carte comptabilise pour chaque zone Zame le nombre et type de "décalages" majeurs observés par rapport aux référentiels établis. Il s'agit de retenir uniquement les situations de dégradations sévères observées pour chaque famille de variables (ex. baisse de la STH > à 50% de l'état observé en 1988, ...). Elle doit être interprétée avec précaution en raison des différentes limites méthodologiques explicités au fil du texte et du fait du statut exploratoire de l'approche.

Les décalages les plus nombreux (4 décalages majeurs par territoire) apparaissent globalement en rouge dans la vallée de la Garonne qui semble concentrer un nombre important de dérégulations (déficit de prairies permanentes, d'éléments paysagers, de lutte biologique sur des zones sensibles avec en complément de baisse de diversité ou un déficit carbone). Ils apparaissent aussi dans certaines zones du bassin parisien, de la plaine d'Alsace, du Val de Saône... mais souvent

intercalés avec des Zame un peu moins impactées (avec 2 à 3 décalages – en jaune ou vert sur la carte).

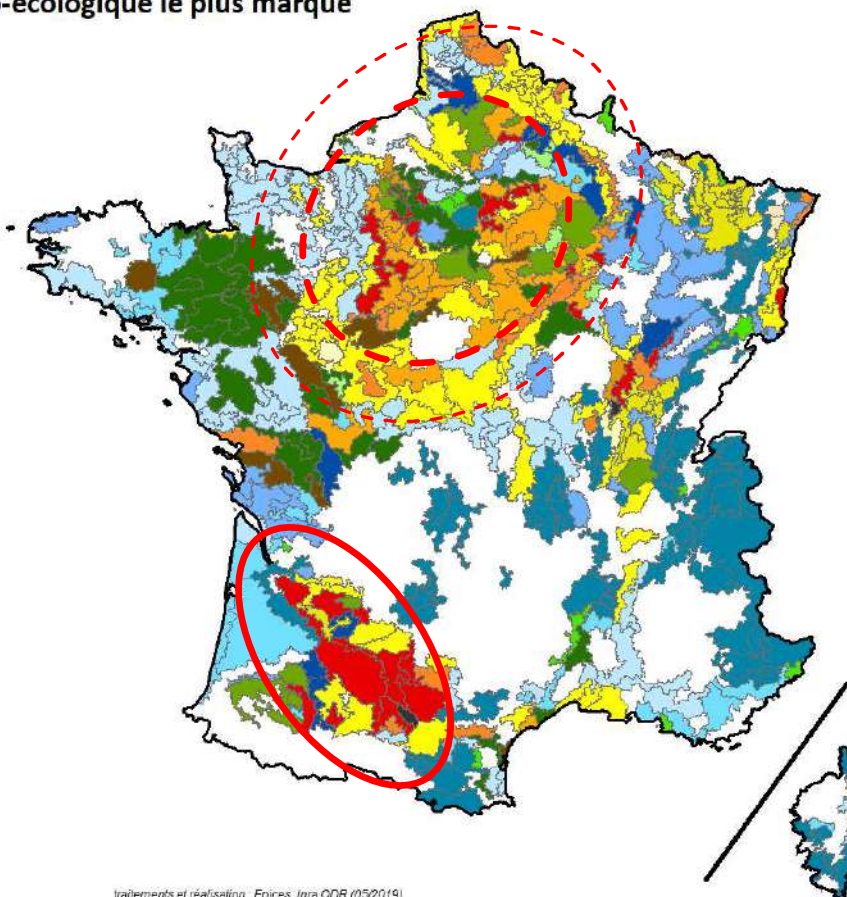
En dehors de ces cas, la plupart des territoires ressortent comme marqués par une famille dominante de "décalages": La Lorraine-Est et sud Garonne plutôt par la perte d'herbe; la Normandie, Nord massif central, vallée du Rhône, par le déficit de potentiel en matière de lutte biologique par les auxiliaires présents dans les paysages agricoles; les montagnes, par une certaine perte de diversité.

Les zones en blanc correspondent à des zones sans « décalage majeur » par rapport aux critères analysés, mais sans préjuger de l'intensité des pratiques en place. Ces zones « blanches » regroupent à la fois 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 intensives (ex. Nord Bretagne), avec parfois des pratiques humaines impactantes pouvant être liées à l'intensité des apports d'azote ou de pesticides ... mais liées principalement à des choix anthropiques sans que l'on puisse qualifier sur ce critère une « prédisposition » du milieu).

### Territoires à différentiel agro-écologique le plus marqué

dénombrement, sur 5 critères, d'apparition des classes "extrêmes"

- Dégradation diversité (>50% vs 1988) ,
- Perte 5TH (>50% vs 1988)
- Potentiel zones tampons élevé ou moyenne et Intensité éléments paysagers observée faible
- Vulnérabilité pesticides élevée ou moyenne et peu de potentiel pour la lutte biologique
- Potentiel élevé de stockage additionnel du Carbone organique des sols



traitements et réalisation Epices, Inra ODR (05/2019)

## Conclusion

En conclusion de ce travail exploratoire plusieurs points peuvent être mis en avant :

- Malgré des difficultés méthodologiques fortes, sur le concept et la structuration de l'objet, la mission a permis de construire un cadre de travail relativement robuste, permettant d'approcher la notion de potentiel ou de prédisposition, facilitant ainsi la construction de profil agro-environnementaux des territoires
- La jonction de ce cadre avec les principales variables agro-environnementales utilisées usuellement dans les politiques agricoles permet d'inventorier en annexe une multitude d'indicateurs se rapprochant de l'objet d'étude ou de construire de nouveaux indicateurs et proxi pour approcher certaines dimensions.
- A partir de ces indicateurs regroupés en 5 familles, les méthodes statistiques et géomatiques mobilisées permettent de construire un zonage ZAME global décliné en des zonages thématiques – appelés référentiels thématiques et zonages transversaux.
- Les référentiels thématiques ainsi constitués permettent quant à eux d'observer les décalages (ou différentiels) entre les prédispositions d'un territoire et l'état actuel de ses caractéristiques. On y voit donc apparaître des Zame plus ou moins en décalage par rapport à un « potentiel » estimé.
- La combinaison de ces différentes analyses thématiques met en évidence une carte de France multi-enjeux venant représenter les territoires les plus « préservés » ou « dégradés » au regard des prédispositions identifiées et pouvant servir au pilotage ou orientation des politiques publiques. Sont ciblés ainsi les zones qui cumulent des enjeux (et donc potentiellement des problématiques agroenvironnementales), mais aussi celles où le décalage entre le potentiel et l'état actuel laisse entrevoir un fort potentiel de progrès et de valorisation des prédispositions du milieu d'un point de vue agro-environnemental.

Malgré ces nombreuses avancées, un grand nombre de marges de progression subsistent pour consolider et valoriser pleinement ce chantier exploratoire :

- Sur le plan conceptuel, le délicat passage de la commande initiale, centrée sur des facteurs physiques, à la définition d'un périmètre d'étude rappelle la difficulté de penser les questions agricoles et agroenvironnementales depuis le seul terroir physique, comme déjà montré par Louault (1982). S'il est important de pouvoir penser la dynamique des relations entre agriculture et environnement au-delà de l'existant et d'ouvrir ainsi la réflexion à d'autres champs (des) possibles, il est difficile de s'abstraire totalement des aspects anthropiques (techniques, socioculturels, économiques...).
- Sur le plan méthodologique tout d'abord, des marges existent pour renforcer le cadrage conceptuel de façon à mieux intégrer au zonage de nouvelles familles de variables portant sur les pressions agricoles. Des marges existent aussi pour construire des indicateurs plus robustes sur certains thèmes très importants (ex. comme « l'herbe contrainte » (diversité accessible des systèmes agro-écologiques ...) ou pour améliorer les approches statistiques de construction (ex. limites entre zones greco, pondérations des variables...).

- Sur le plan de la valorisation, là aussi de nombreuses perspectives pourraient être envisagées sur la base d'une consolidation méthodologique. Le zonage pourrait être reproduit à des échelles administratives pertinentes pour l'orientation des politiques agricoles (ex. conception régionale permettant de faire ressortir davantage de nuance au sein des zones ZAME). Il pourrait être utilisé pour tester de nouveaux « décalages » ou faire le lien avec les travaux sur les zones HVN ou les services écosystémiques. Enfin, il pourrait être réutiliser pour objectiver ou améliorer certains zonages comme l'ICHN ou repenser les contours et fonctionnalités des petites régions agricoles nées il y a plus de 70 ans !

## Annexes

### Bibliographie

Bagli S., Terres JM, Gallego J., Annoni A., Dallemand JF, JRC, 2003, Agro-Pedo-Climatological Zoning of Italy, Definition of homogeneous suitable agro-pedo-climatic zones

Balestrat M., Barbe E., Chery JP, Lagacherie P. et Tonneau JP, 2011, Reconnaissance du patrimoine agronomique des sols : une démarche novatrice en Languedoc-Roussillon, Norois 211

BIOTOPE | GREET Ingenierie, 2008, Analyse des potentialités écologiques du territoire régional

Chavent, M., Kuentz-Simonet, V., Labenne, A. et al. Comput Stat, 2018, ClustGeo: an R package for hierarchical clustering with spatial constraints. Computational Statistics, December 2018, Volume 33, Issue 4, pp 1799–1822. <https://doi.org/10.1007/s00180-018-0791-1>

CNPF, 2009-2012, L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) Comment mesurer et améliorer la biodiversité forestière

DRAAF Languedoc Roussillon, INRA, 2015, Le potentiel agronomique des Sols en Languedoc Roussillon.

FAO, 1997, « Zonage Agro-écologique – Directives ». Bulletin Pédologique de la FAO, No.73. <http://www.fao.org/docrep/w2962f/w2962f00.htm>

Gabriel K.F., 1971, The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Psychometrika, 46 : 93-105.

Hilal M. et Desbois D., 1996, « Définition de formes régionales particulières : les zonages agricoles », Etudes des phénomènes spatiaux en agriculture, pp. 135-142, Inra Editions, Paris.

IFN, 2011, Une nouvelle partition écologique et forestière du territoire métropolitain : les sylvoécorégions (SER), l'IF, numéro 26, 1er trimestre 2011 [https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/IF\\_SER\\_web.pdf](https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/IF_SER_web.pdf)

INSEE et Ministère de l'agriculture, Nomenclature et code des petites régions agricoles de la France, 1956

Johnson S.C., 1967, Hierarchical clustering schemes. Psychometrika, 32 :241–245.

Jolliffe I., 1986, Principal Component Analysis. Springer-Verlag. New-York.

Joly D., Brossard T., Cardot H., Cavailhes J., Hilal M. and Wavresky P., 2010, « Les types de climats en France, une construction spatiale », Cybergeog : European Journal of Geography [Online], Cartography, Images, GIS, document 501.

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

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

Louault F. La délimitation des régions agricoles. L'exemple de l'Indre-et-Loire . In: Norois, n°115, Juillet-Septembre 1982. pp. 345-364;

LOUAULT F. (1981). « Définition et délimitation des régions agricoles ». Economie Rurale. n°142, p. 48.

Maresca B., Mordret X., Ughetto AL et P. Blancher, 2011. Évaluation des services rendus par les écosystèmes en France , In : Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 2, n° 3 | Décembre 2011, mis en ligne le 03 décembre 2011. URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/9053> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.9053

MacQueen J., 1967, Some methods for classification and analysis of multivariate observations, Proc. Fifth Berkeley Symp. on Math. Statist. and Prob., Vol. 1 (Univ. of Calif. Press, 281-297.

Mantran M., Angeon V., 2017, Le découpage des Antilles françaises en petites régions agricoles : un zonage perfectible.

Sanz Sanz E., 2013, Caractérisation spatiale et mesure des paysages agricoles Recensement des méthodologies existantes à plusieurs échelles

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

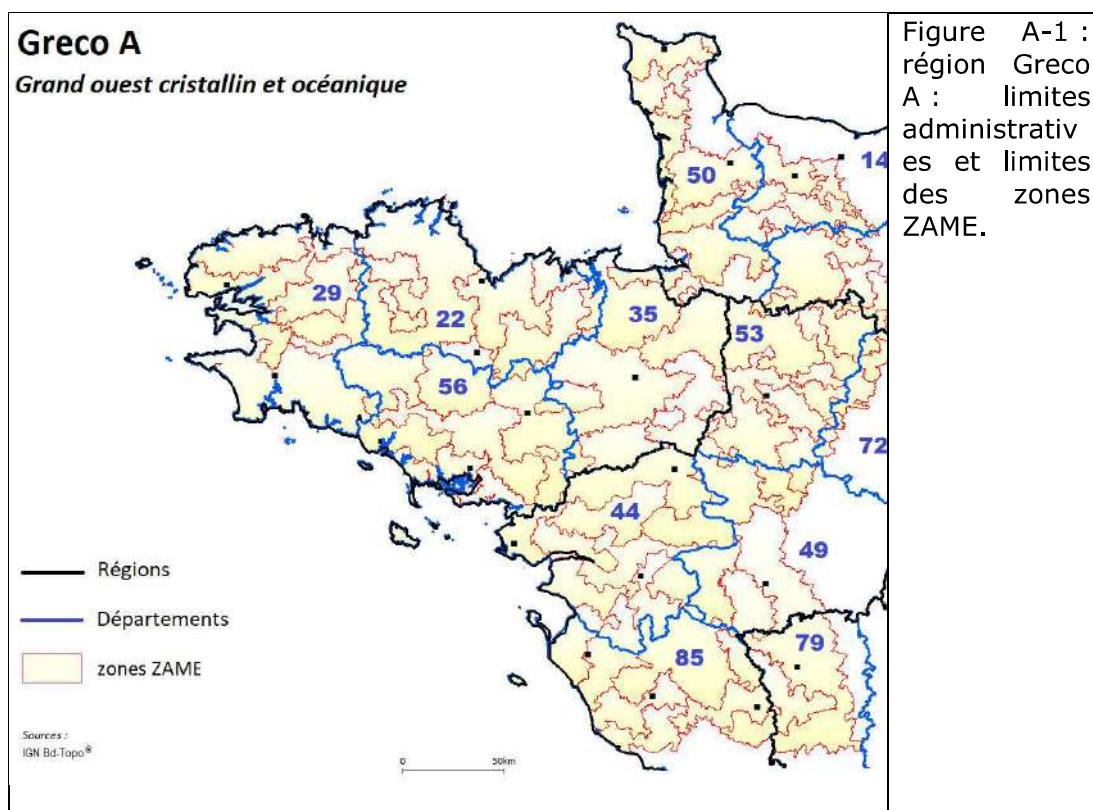
Wikipédia, page interne consultée en mars 2018, Écopotentialité

ZAHM F., 2012, Fiche outils IDEA – Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles.

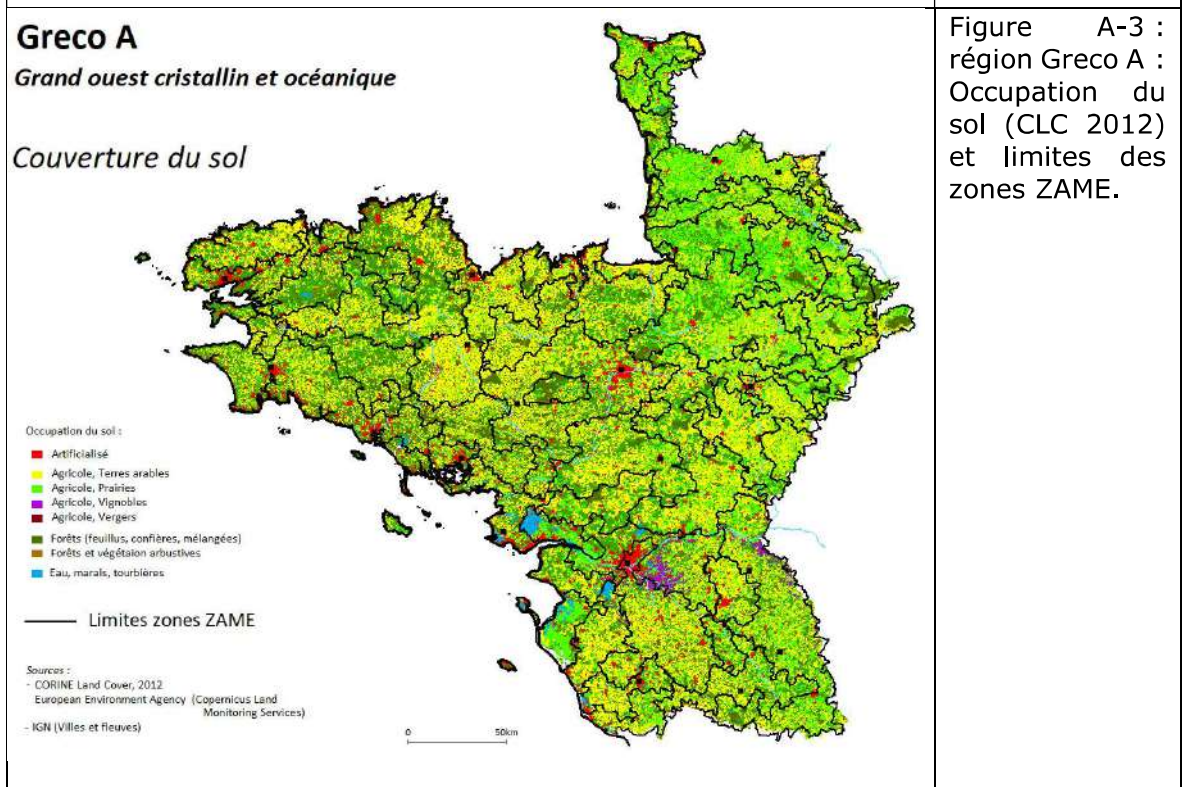
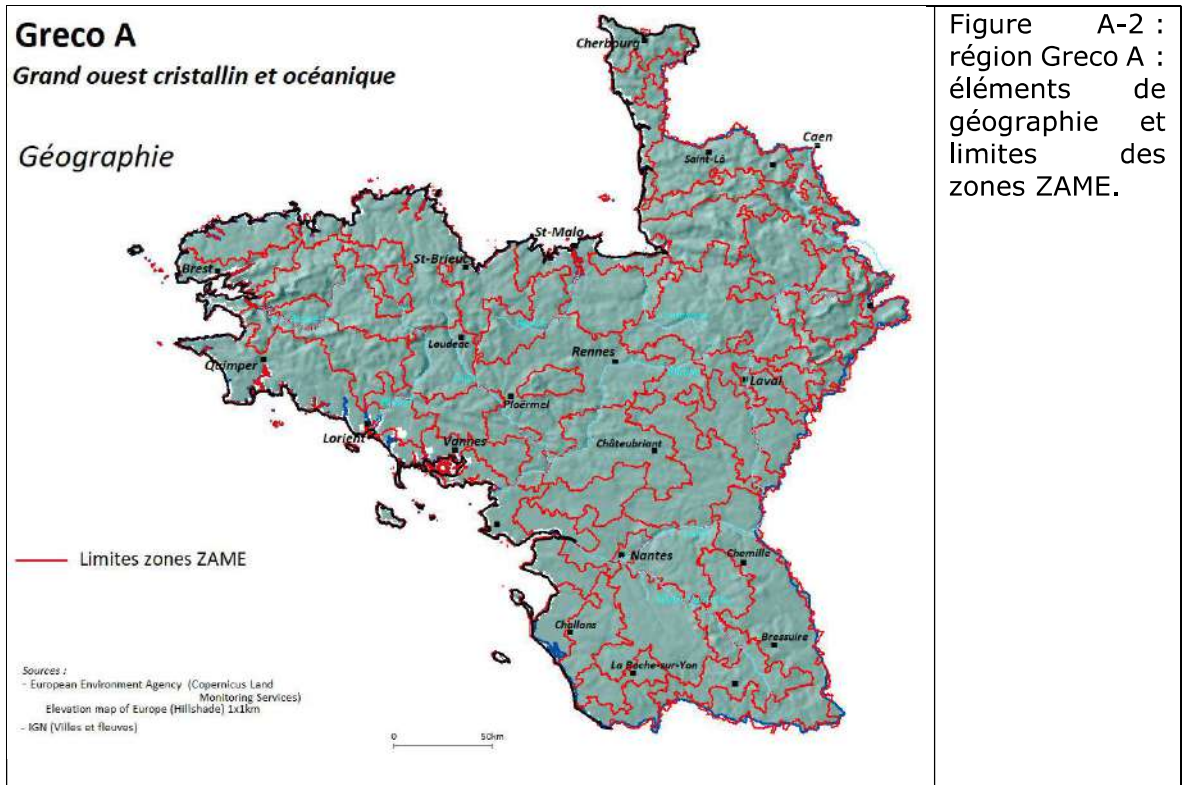
## Annexe 2 : Présentation du zonage ZAME par Grande Région Ecologique

### Greco A Grand Ouest Cristallin et Océanique

Cette région Greco « *Grand Ouest cristallin et océanique* » correspond au Massif armoricain, recouvrant la région Bretagne et une partie de la Normandie et des Pays de la Loire, ainsi que le nord de Poitou-Charentes. A l'est, elle s'étend jusqu'aux reliefs de la Mayenne et de l'Orne. Au Sud, elle contient le bocage Vendéen<sup>22</sup>.



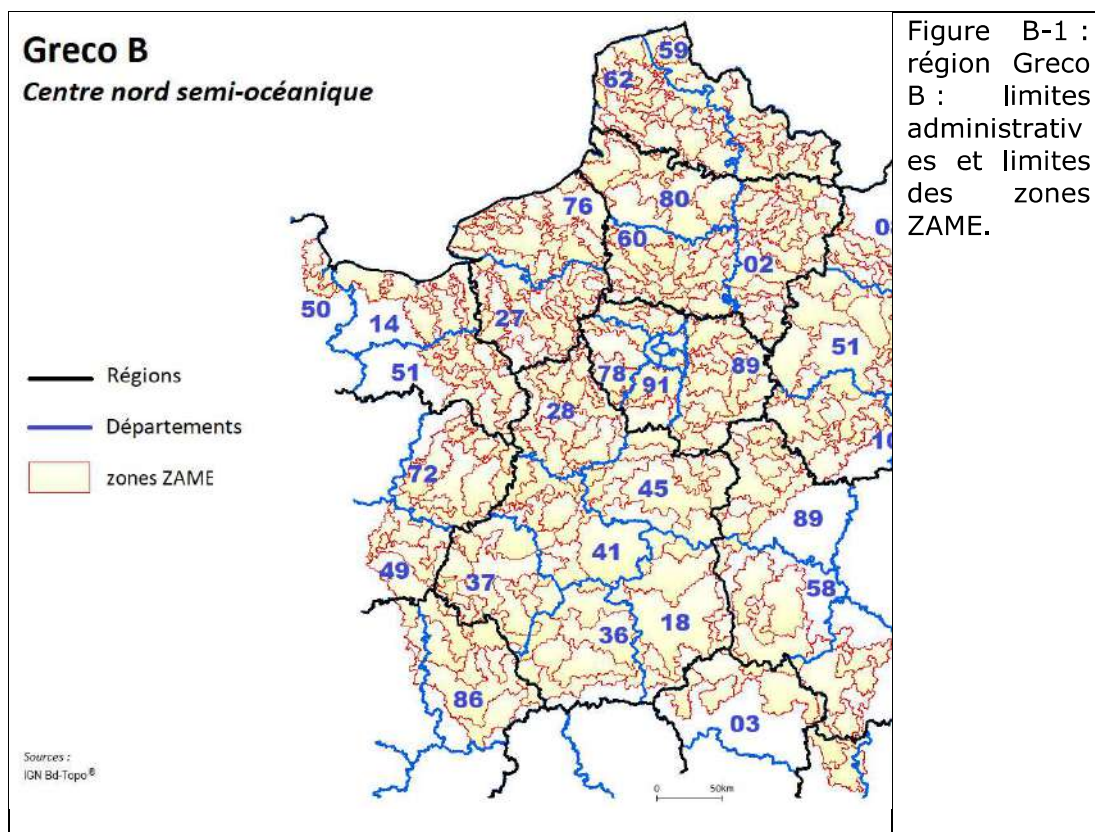
<sup>22</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article773>  
<https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-A.pdf>





## Greco B Centre Nord Semi-Océanique

La région Greco « *Centre Nord semi-océanique* » est limitée au nord par la Manche et la mer du Nord, et au sud par le Massif central. Elle s'étend du Cotentin et des Pays de la Loire à la côte des Bars (au Nord-Est). Cette région englobe tout le Bassin parisien et la Champagne, les Flandres, l'Artois et la Picardie, la Haute-Normandie, une partie de la Basse-Normandie, le Perche ainsi qu'une grande partie du bassin de la Loire, dont la Touraine, le Maine, la Sologne et le Berry<sup>23</sup>.



<sup>23</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-B.pdf>

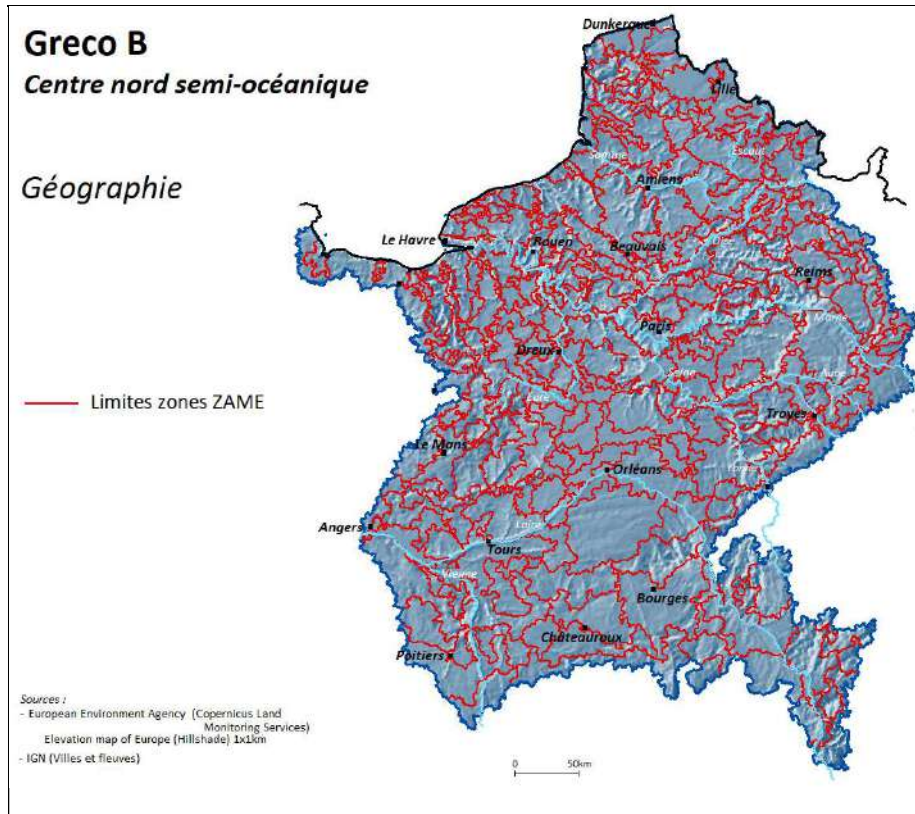


Figure B-2 : région Greco B : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

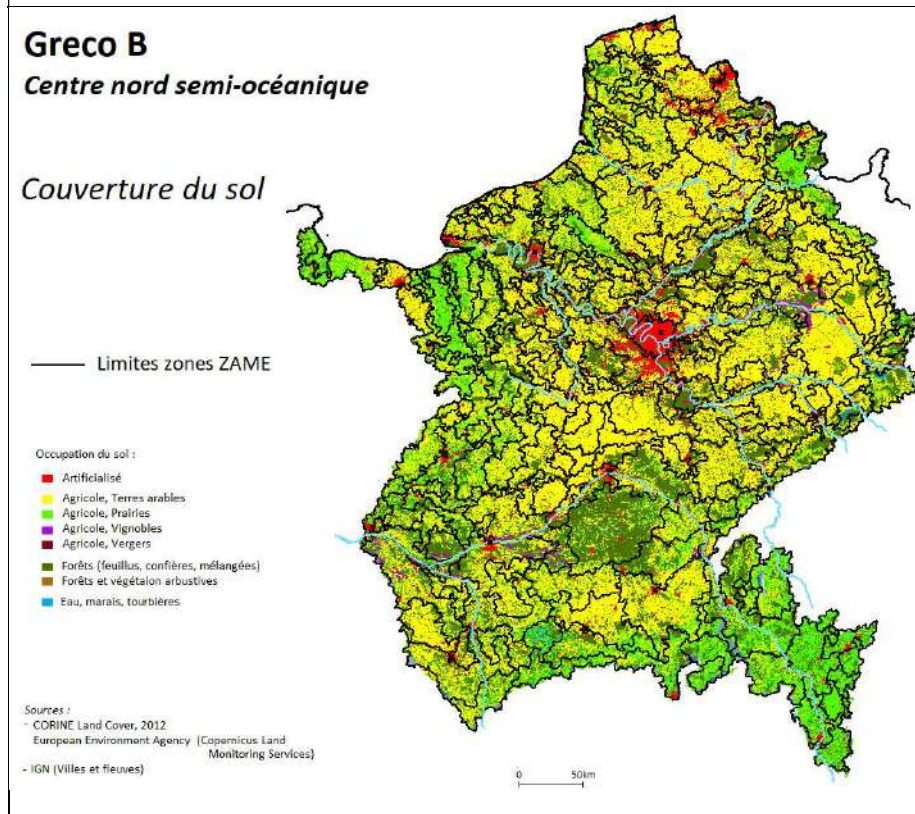
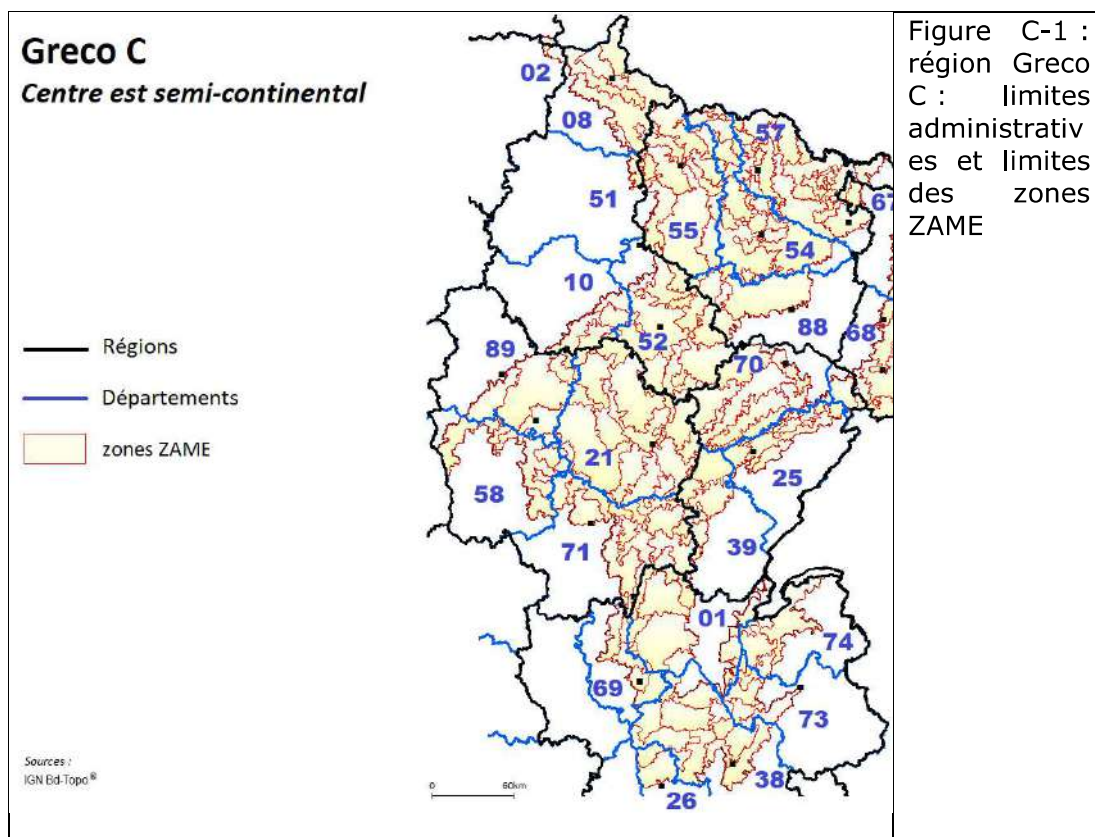


Figure B-3 : région Greco B : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.

## Greco C Centre Est Semi-Océanique

La région Greco « *Grand Est semi-continental* » contient les territoires situés au Nord-Est (hormis les massifs vosgien – Greco D - et jurassien - Greco E - mais Ardenne primaire et Argonne comprises, de la Côte des Bars jusqu'aux frontières nord et est) ; l'Auxois et les plateaux calcaires jurassiques bourguignons ; la Bresse, la Dombes et la plaine de la Saône ; le Bas-Dauphiné et les zones basses entre Jura et Savoie entourant les massifs des Préalpes du Nord<sup>24</sup>.



<sup>24</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-C.pdf>

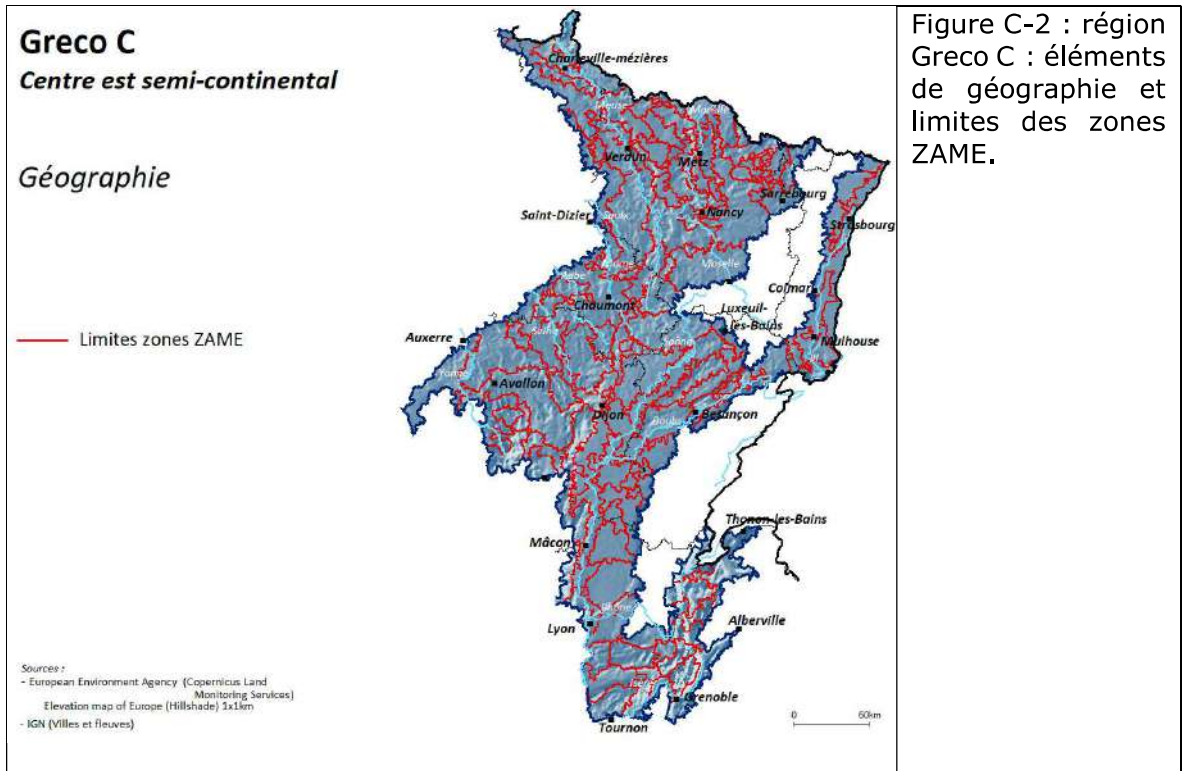


Figure C-2 : région Greco C : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

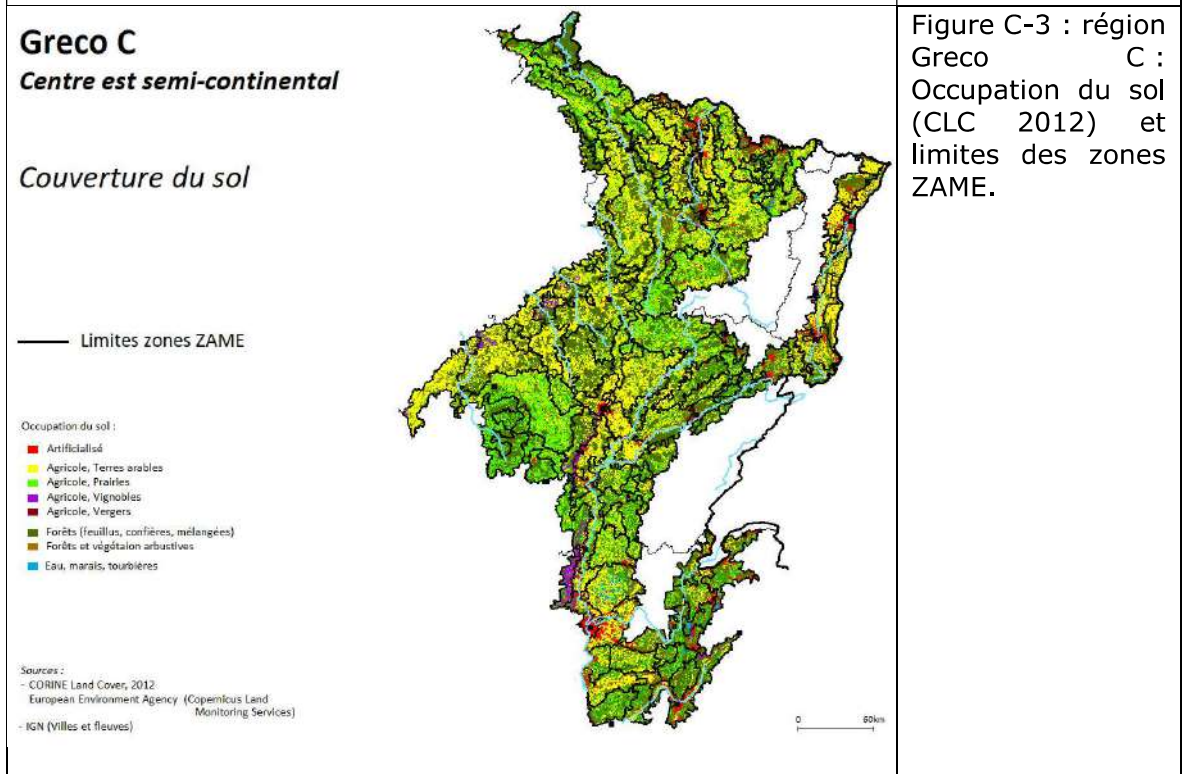


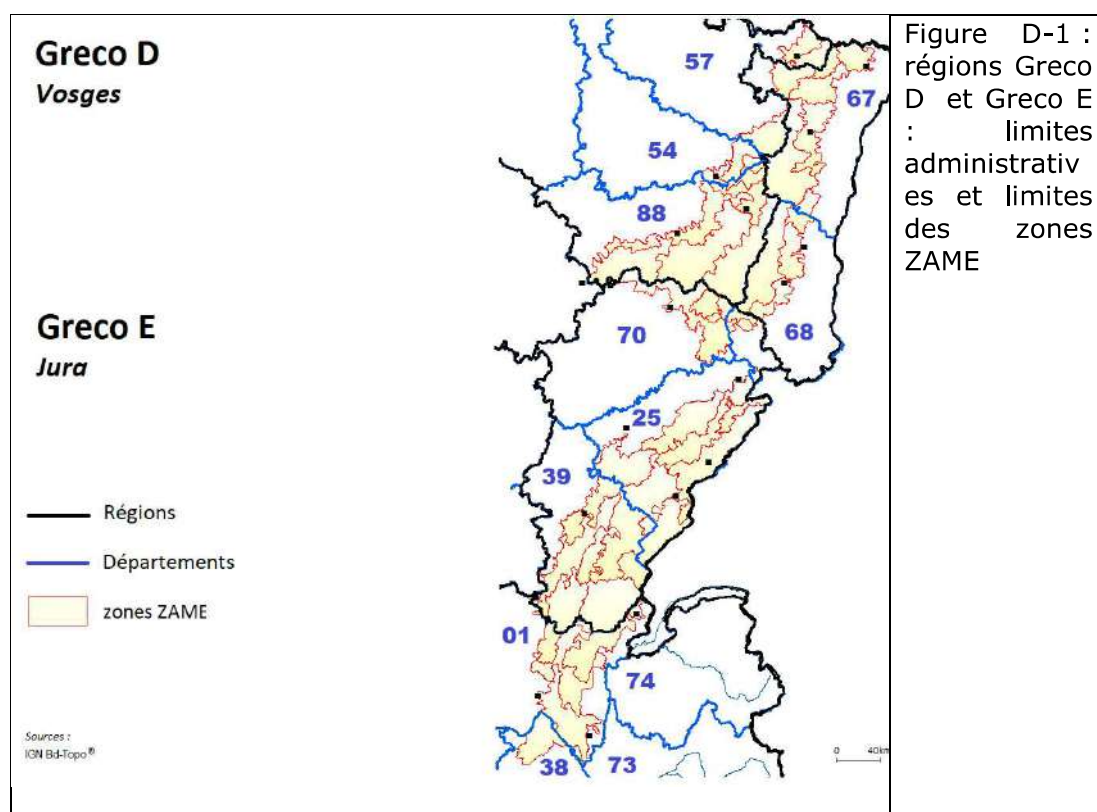
Figure C-3 : région Greco C : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.

## Greco D Vosges et Greco E Jura

Ces 2 régions Greco<sup>25</sup> constituent des « saillies » dans la région Greco C « *Grand Est semi-continentale* ».

La région Greco D correspondant au massif des Vosges. Elle s'étend de la frontière allemande au nord à la trouée de Belfort au sud, soit sur trois régions administratives : Lorraine, Alsace et Franche-Comté. Avec les collines périvosgienne et le plateau gréseux de la Vôge, formant une sorte de ceinture de transition à l'intérieur de la région Greco C qui l'entoure sur les côtés ouest (Plateau lorrain), est (plaine d'Alsace) et sud (Sundgau, la vallée de la Saône et Plateaux calcaires).

La région Greco E correspondant au massif jurassien. Elle est limitée à l'est par la frontière suisse, au nord-ouest par les avant monts jurassiens et, à l'ouest par la vallée de la Saône, la Bresse et la Dombes, régions naturelles appartenant toutes à la région Greco C.



<sup>25</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-D.pdf> et <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-E.pdf>

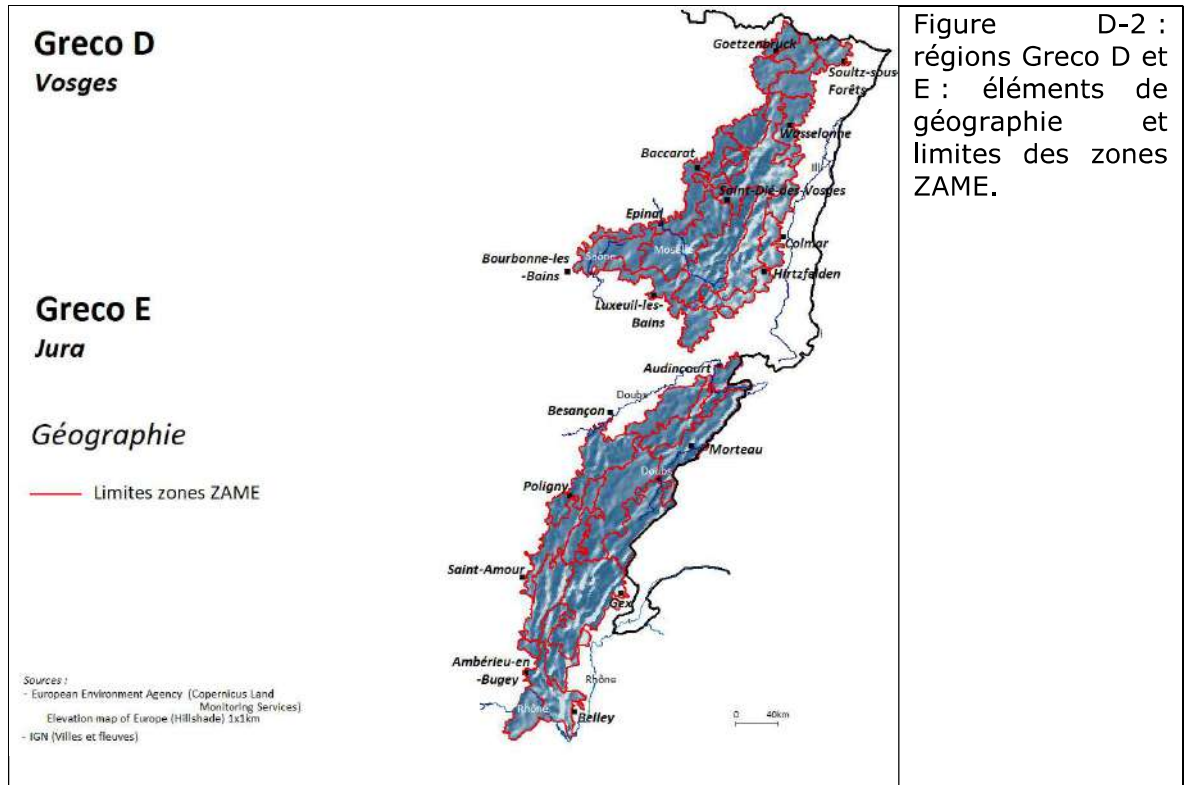


Figure D-2 : régions Greco D et E : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

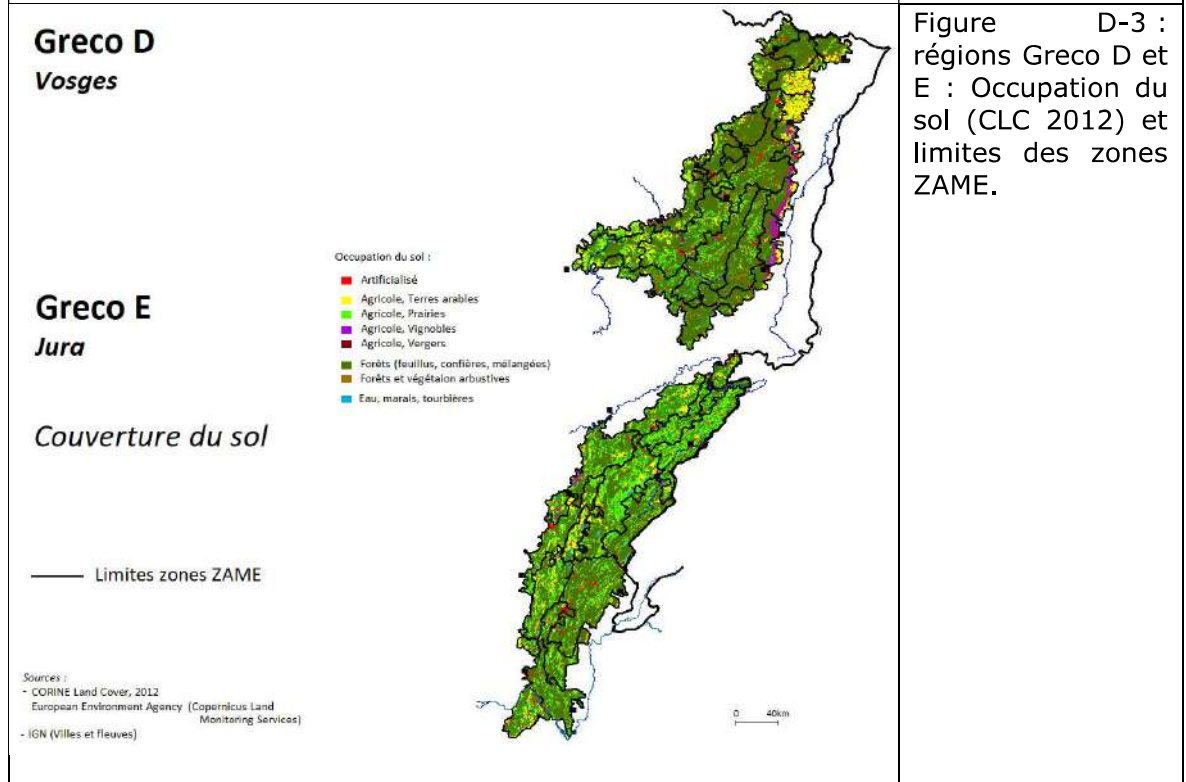
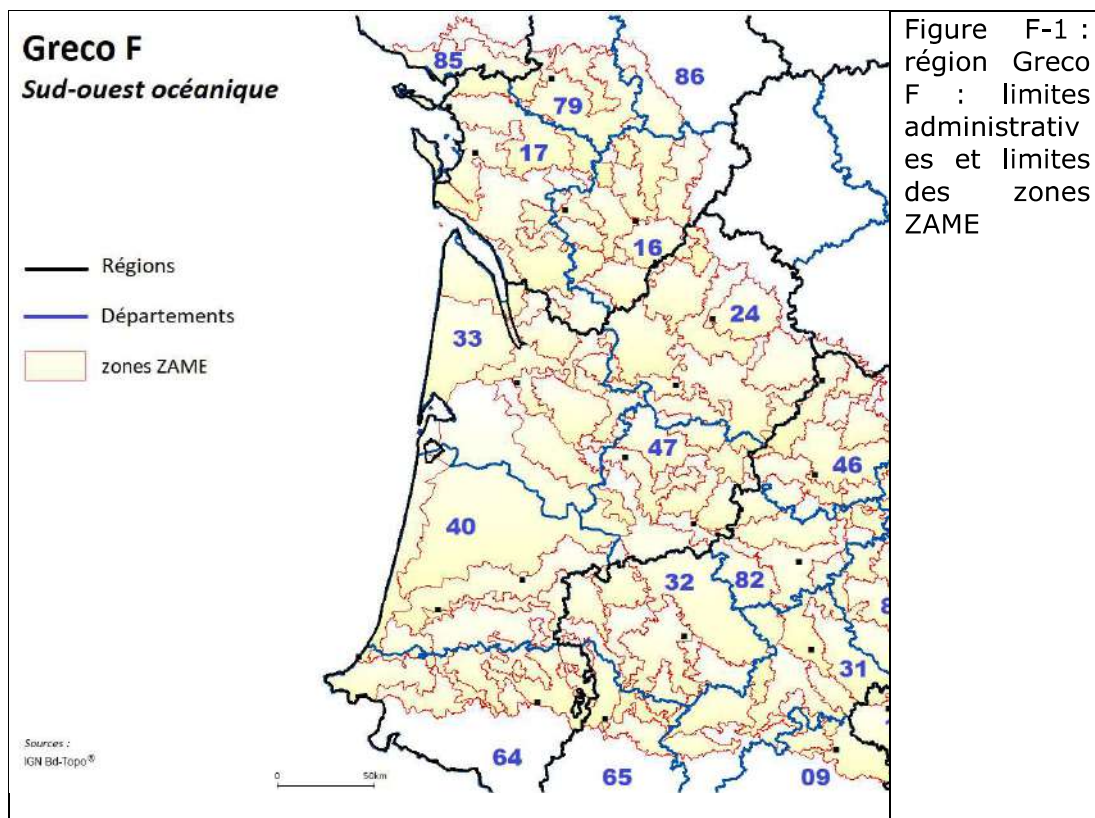


Figure D-3 : régions Greco D et E : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.

## Greco F Sud-Ouest Océanique

La région Greco F « *Sud-Ouest océanique* » correspond à l'entité géographique du Bassin aquitain. Elle recouvre en grande partie les (anciennes) régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et Poitou-Charente. Ses plaines et collines s'étendent du marais Poitevin au nord au pied des Pyrénées au sud et, à l'ouest, de l'océan Atlantique jusqu'à la bordure du Massif central et au Lauragais. Elle est reliée au Bassin parisien par le seuil du Poitou. Les marais littoraux de Vendée et de Loire Atlantique sont également situés dans cette région Greco<sup>26</sup>.



<sup>26</sup> Source : les Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER), IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-F.pdf>

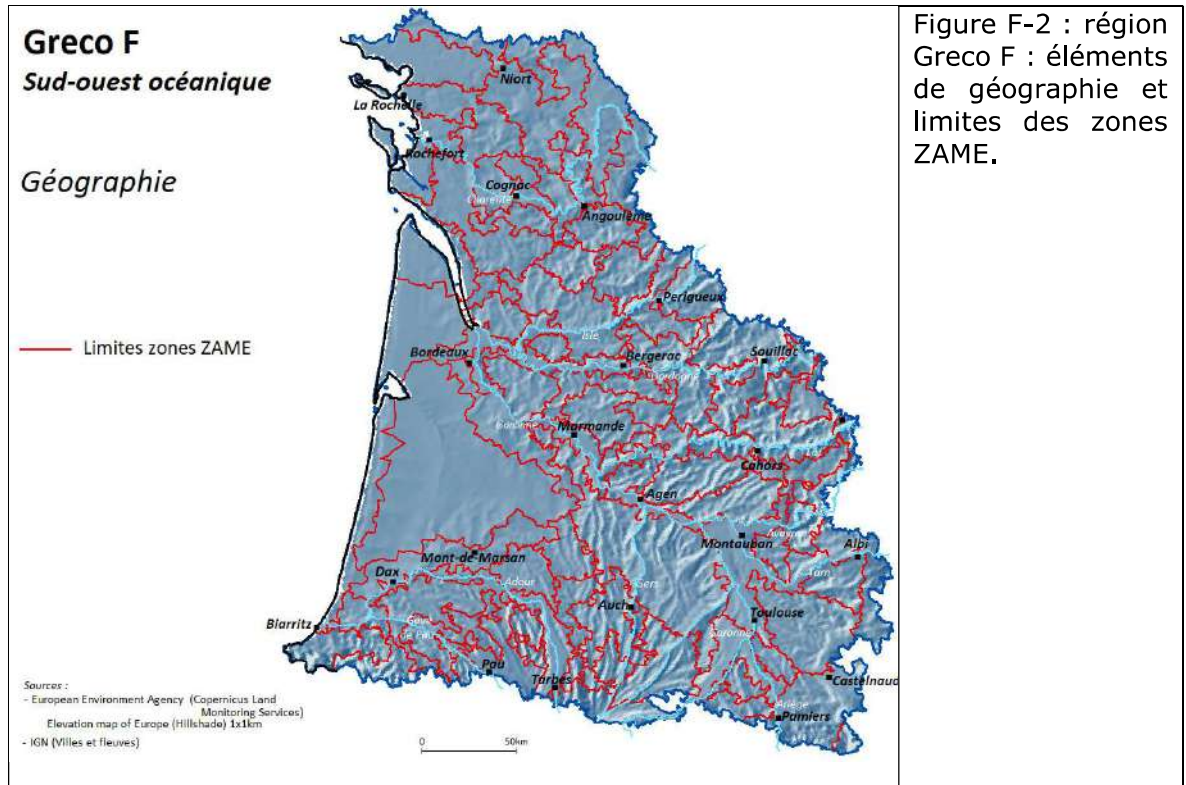


Figure F-2 : région Greco F : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

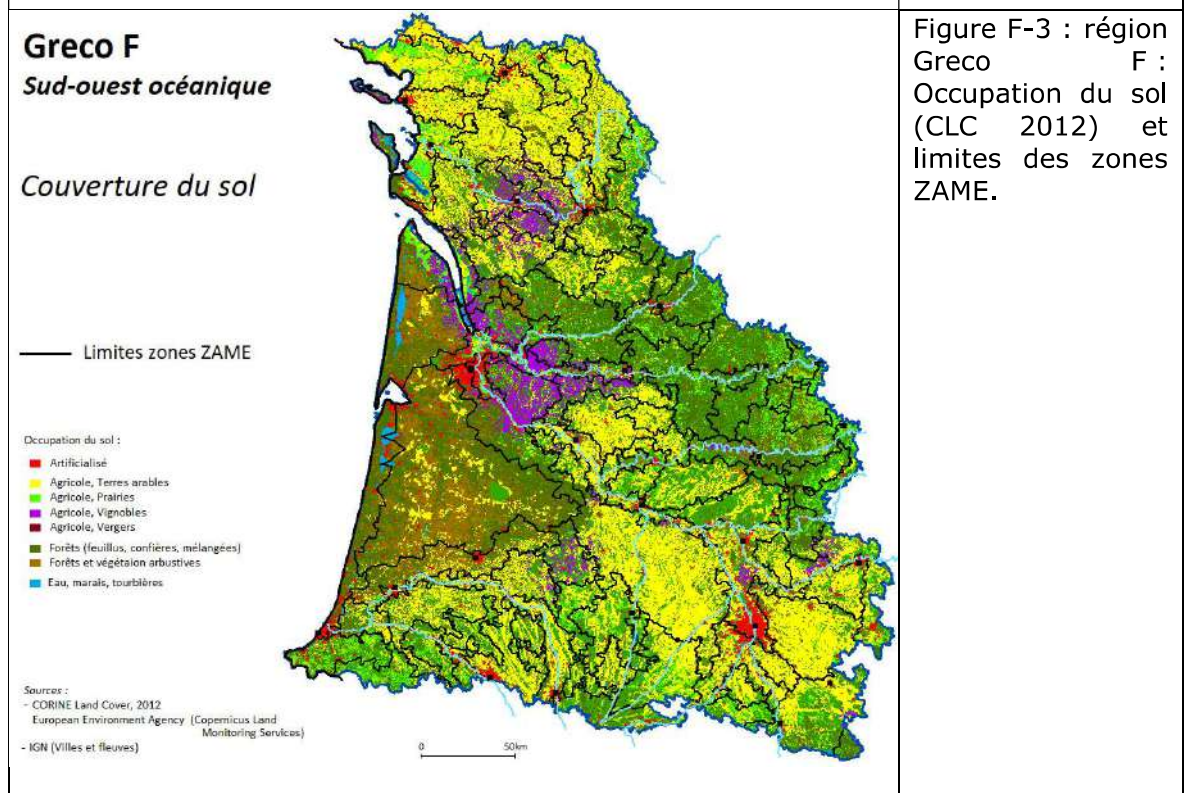


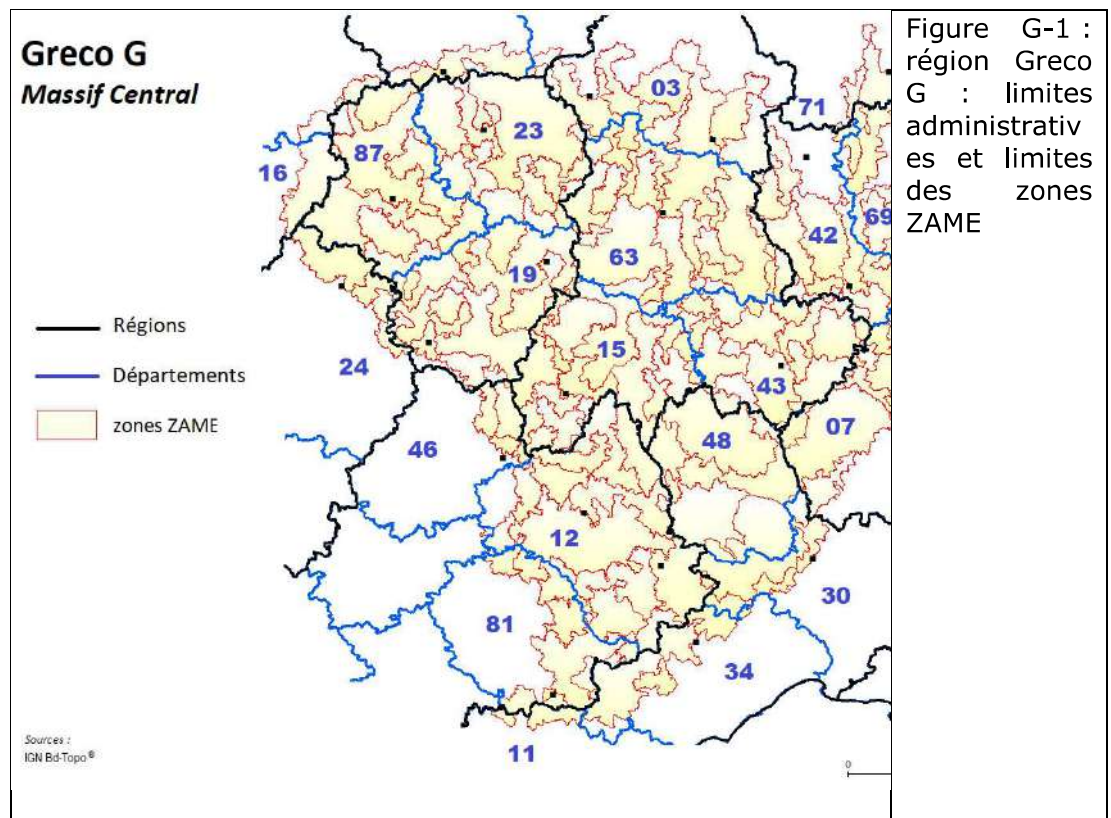
Figure F-3 : région Greco F : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.



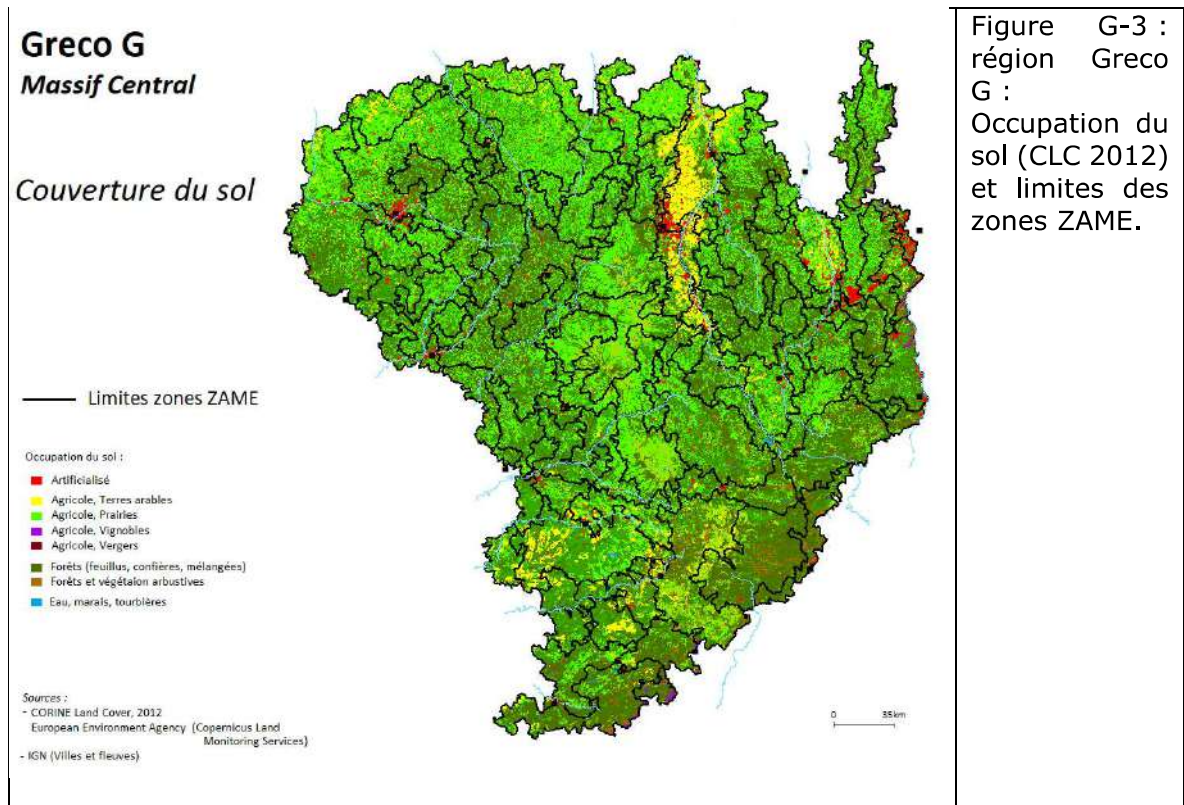
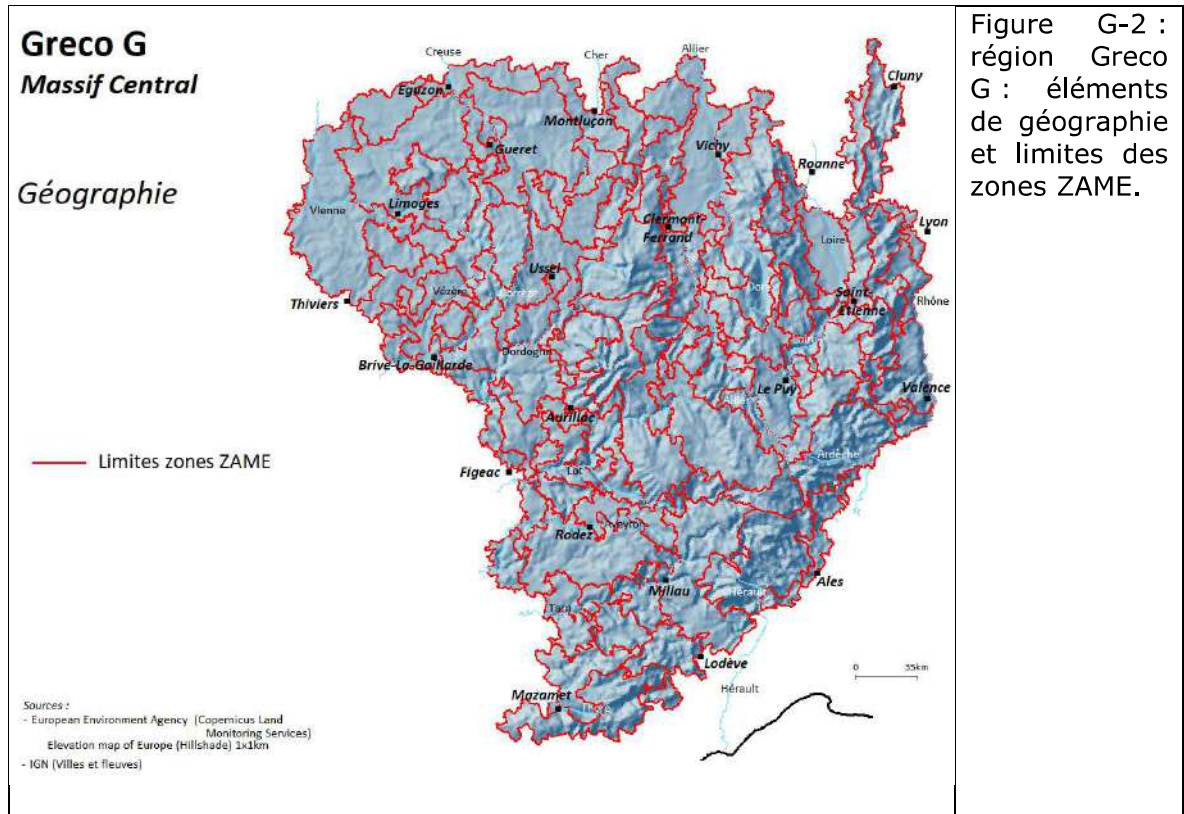
## Greco G Massif Central

La région Greco G<sup>27</sup> « *Massif Central* » correspond sans surprise au massif du même nom. A l'ouest le Limousin, au sud le « triangle méridional » Ségalias, Causses et Cévennes. A l'est le Sillon Rhodanien, au nord le début du Bassin Parisien. Cette Greco contient entièrement ou presque les (anciennes) régions Auvergne et Limousin.

A noter que la partie correspondante aux hauteurs de Gâtine (Deux-Sèvres, rattachées initialement à cette Greco par leur ressemblance climatique et géologique avec la Châtaigneraie limousine) a été, pour cette étude, incluse dans la région Greco A.



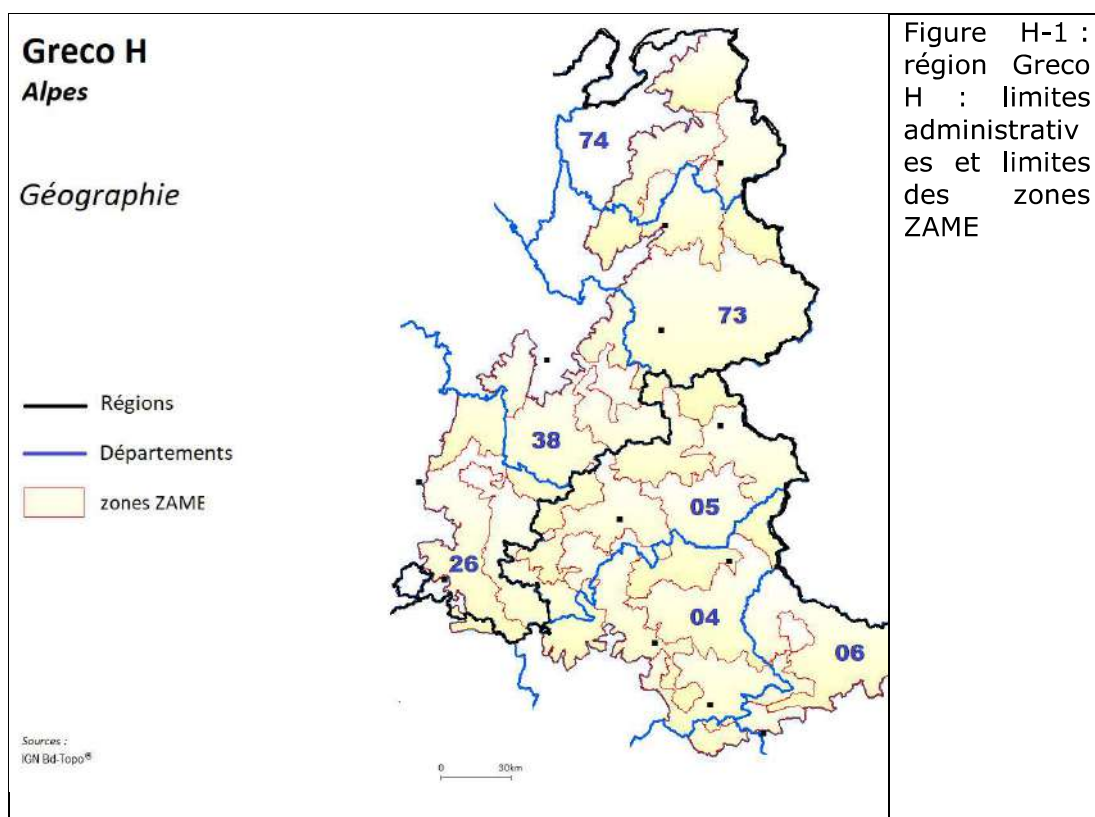
<sup>27</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-G.pdf>



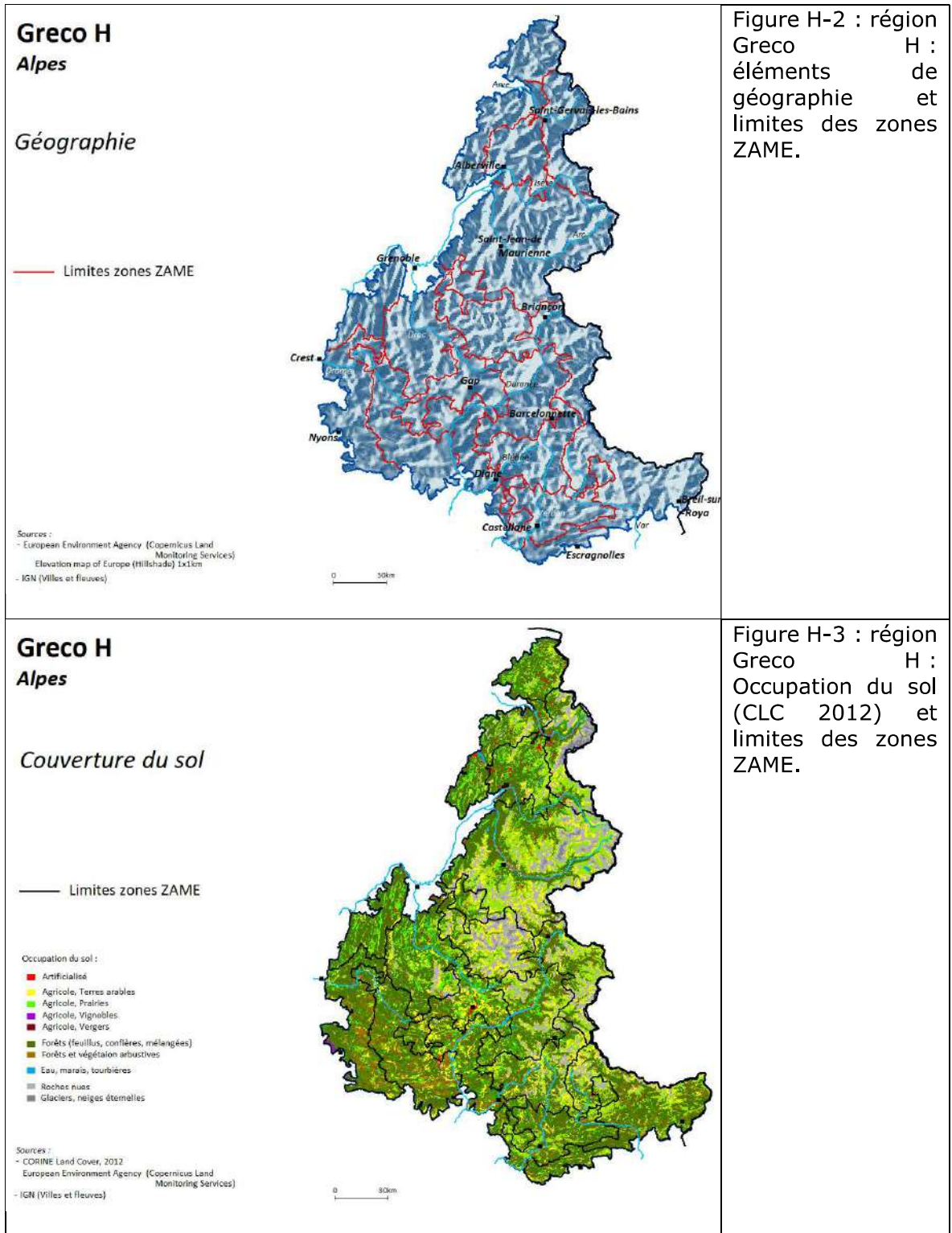
## Greco H Alpes

Cette région Greco<sup>28</sup> correspond à la partie française de l'arc Alpin. Elle s'étend sur les (anciennes) régions administratives Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur, incluant les Préalpes du Nord, et les Alpes externes, intermédiaires et internes. (Les Préalpes du Sud sont rattachées à la Greco J « Méditerranée »). Elle regroupe la grande majorité des zones montagneuses situées à l'est du Rhône, et contient notamment des territoires de haute-montagne

A noter que, pour notre étude, une partie (détachée du reste de la Greco H) correspondant à la Chartreuse, entre Grenoble et Chambéry, a été rattachée à la Greco C.

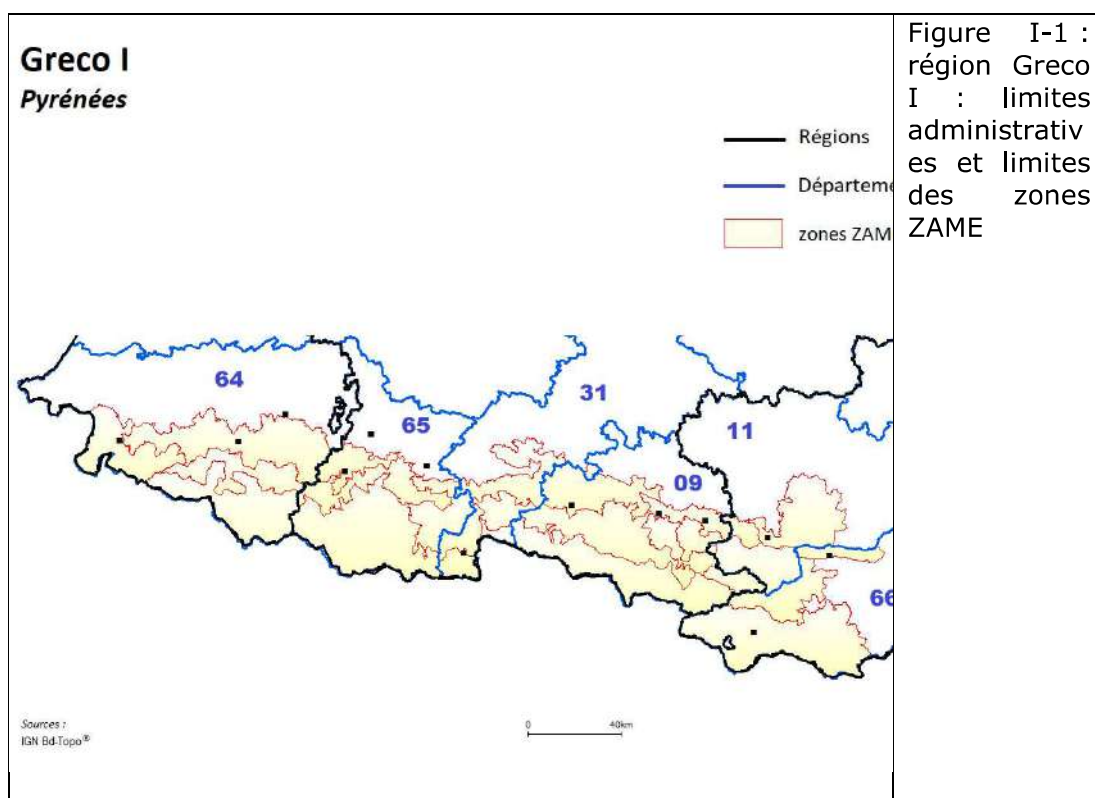


<sup>28</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécotégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-H.pdf>

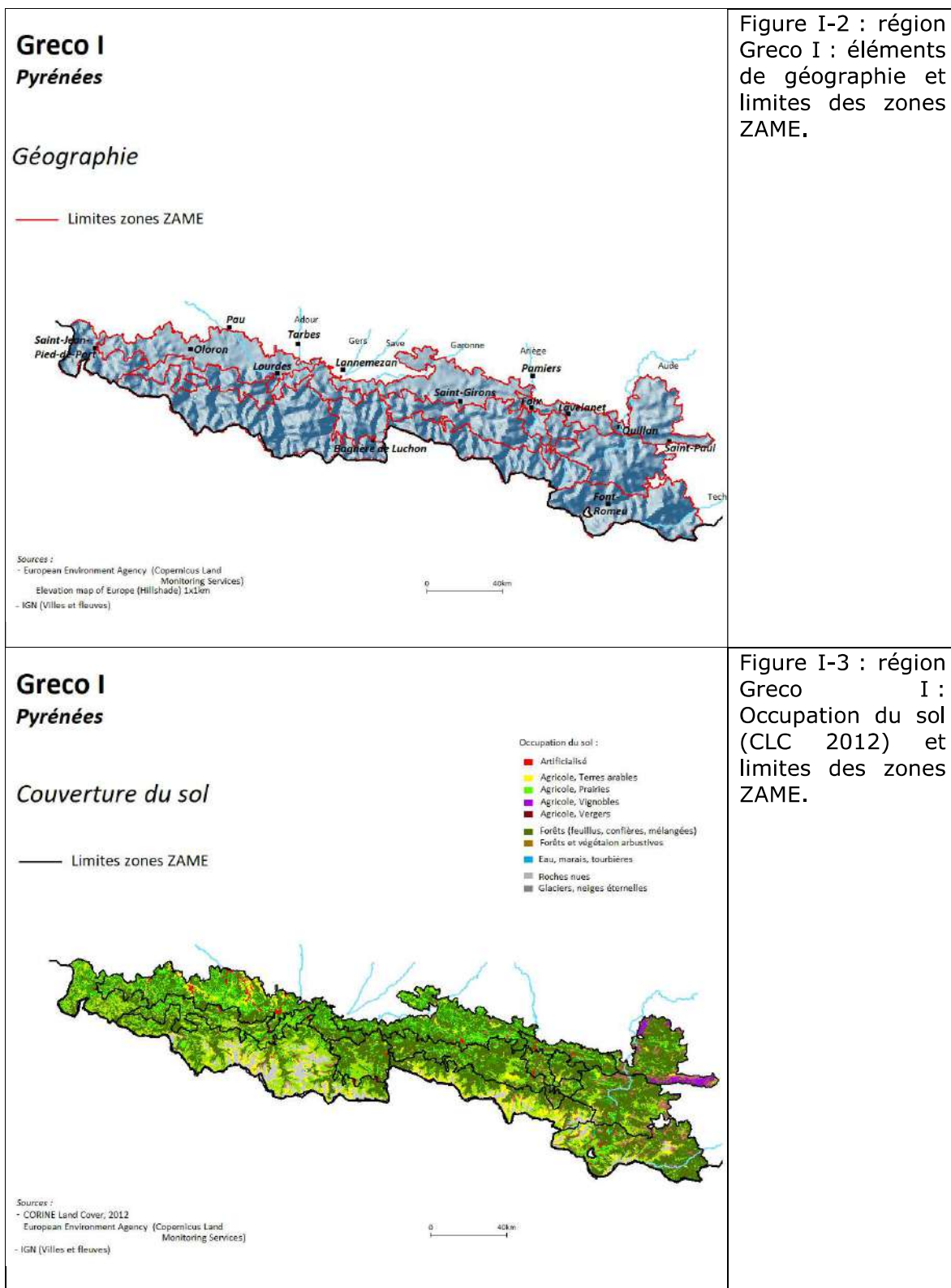


## Greco I Pyrénées

Cette Greco correspond à la partie française de la barrière montagneuse franco-espagnole, orientée d'ouest en est depuis les Basses montagnes basques jusqu'aux Pyrénées catalanes. Sa configuration particulière (longue de 430 km et large de 65 à 150 km environ). Elle s'étend vers le nord à la bordure sous-pyrénéenne, au Plantaurel et aux Corbières occidentales, elle est limitée à l'ouest et au nord-ouest par la frontière avec l'Espagne et les plaines et collines des Pyrénées-Atlantiques et, à l'est et au sud-est, par celles des Pyrénées-Orientales et de l'Aude<sup>29</sup>.

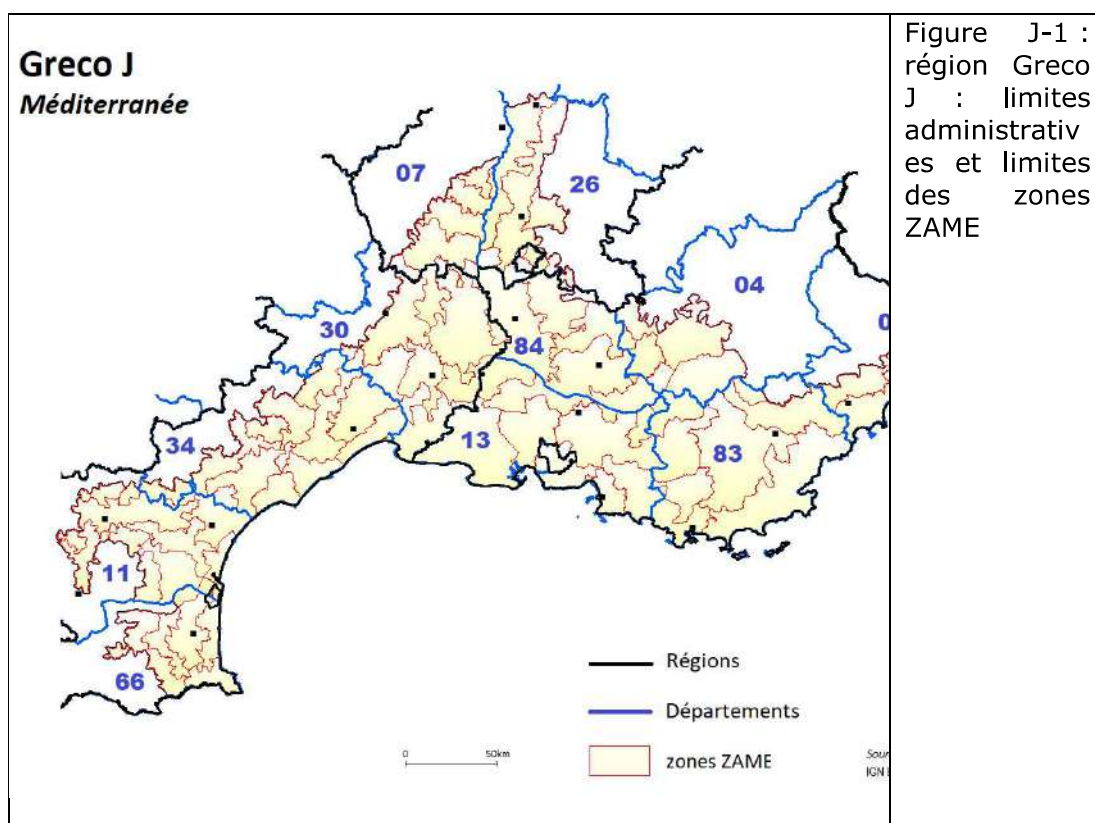


<sup>29</sup> Source : les Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER), IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-I.pdf>



## Greco J Méditerranée

Cette région Greco<sup>30</sup> « Méditerranée » regroupe toutes les zones basses au climat de type méditerranéen, c'est-à-dire avec un été chaud et sec et un hiver assez doux et humide, en contact avec la mer Méditerranée depuis la frontière espagnole jusqu'à la frontière italienne et s'engouffrant dans la vallée du Rhône jusqu'à Valence et dans celle de la Durance jusqu'à Sisteron. Elle correspond en grande partie aux (anciennes) régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur, privées de leur partie les plus montagneuses (Pyrénéens, Massif Centrale et Alpes). Elle remonte également la vallée du Rhône entre la Drôme et l'Ardèche.



<sup>30</sup> Source : les Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER), IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-J.pdf>

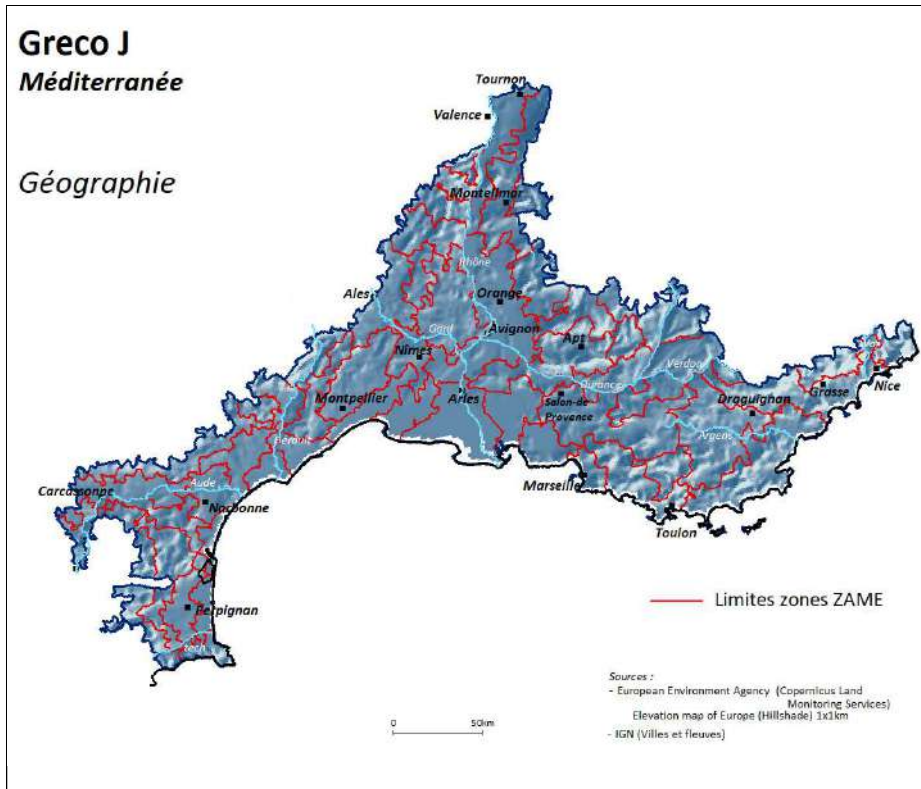


Figure J-2 : région Greco J : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

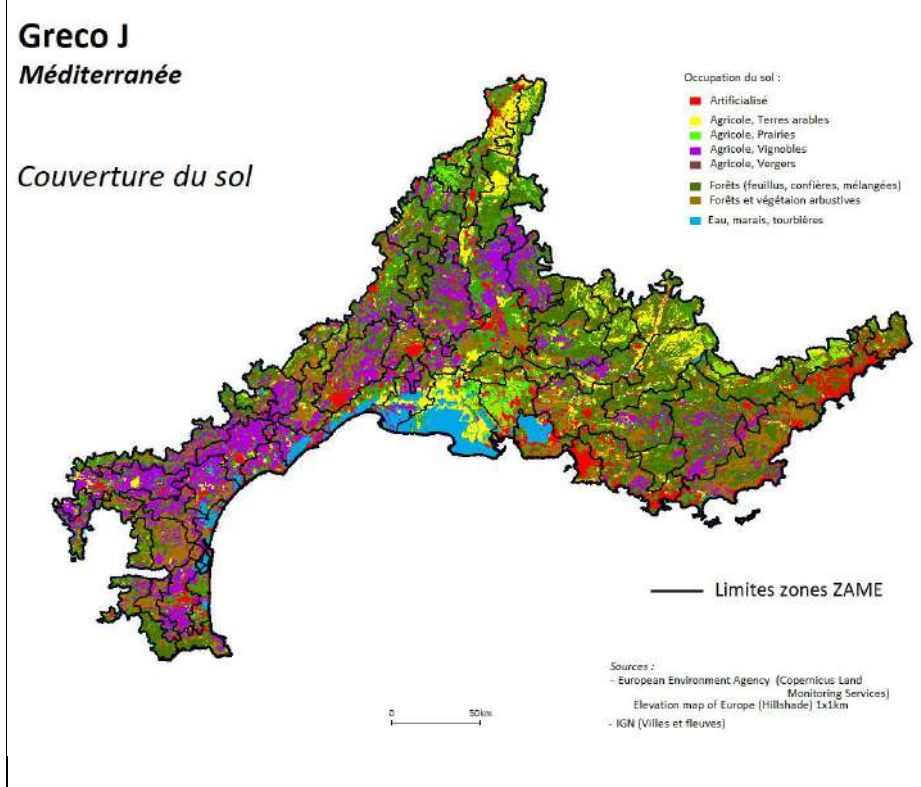
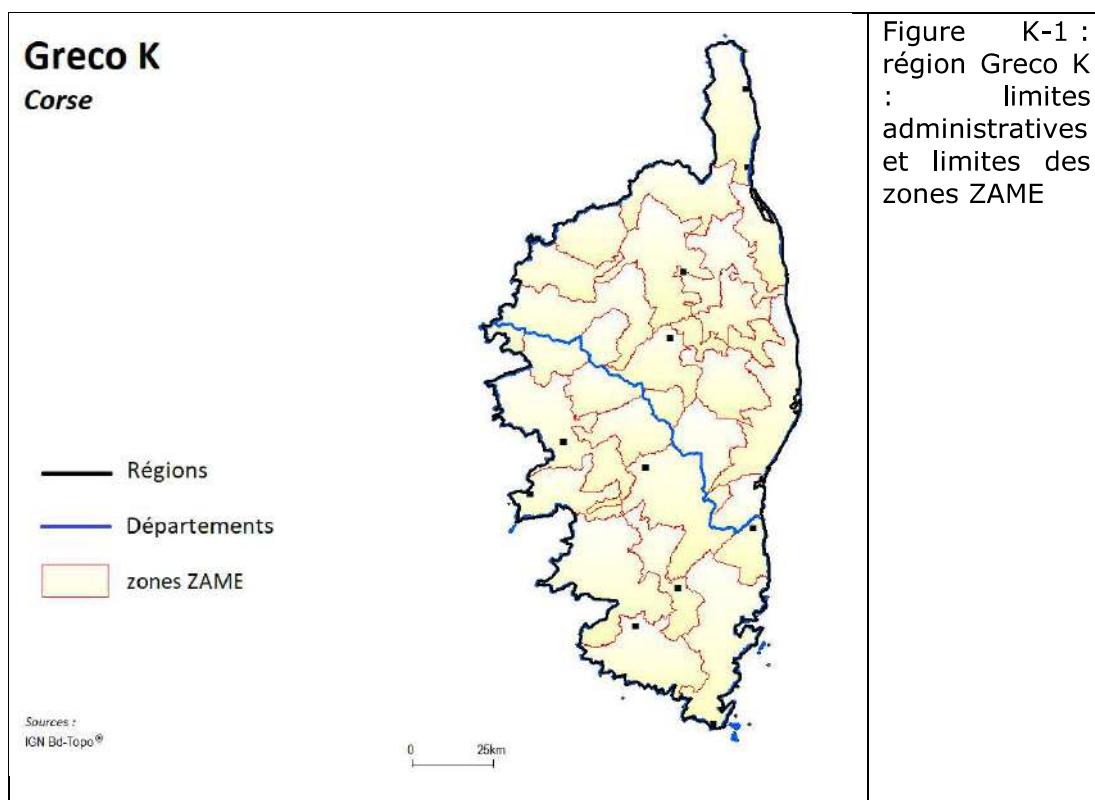


Figure J-3 : région Greco J : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.



## Greco K Corse

La Corse est la plus septentrionale des grandes îles méditerranéennes et son insularité en fait une entité biogéographique originale. Véritable « montagne dans la mer », le climat est de type méditerranéen mais devient montagnard en altitude. Ses paysages sont très variés et ont conservé une beauté sauvage ; son taux de boisement est élevé (55 %) <sup>31</sup>.



<sup>31</sup> Source : les *Fiches descriptives des grandes régions écologiques (GRECO) et des sylvoécorégions (SER)*, IGN/IFN. <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO-Kpdf>

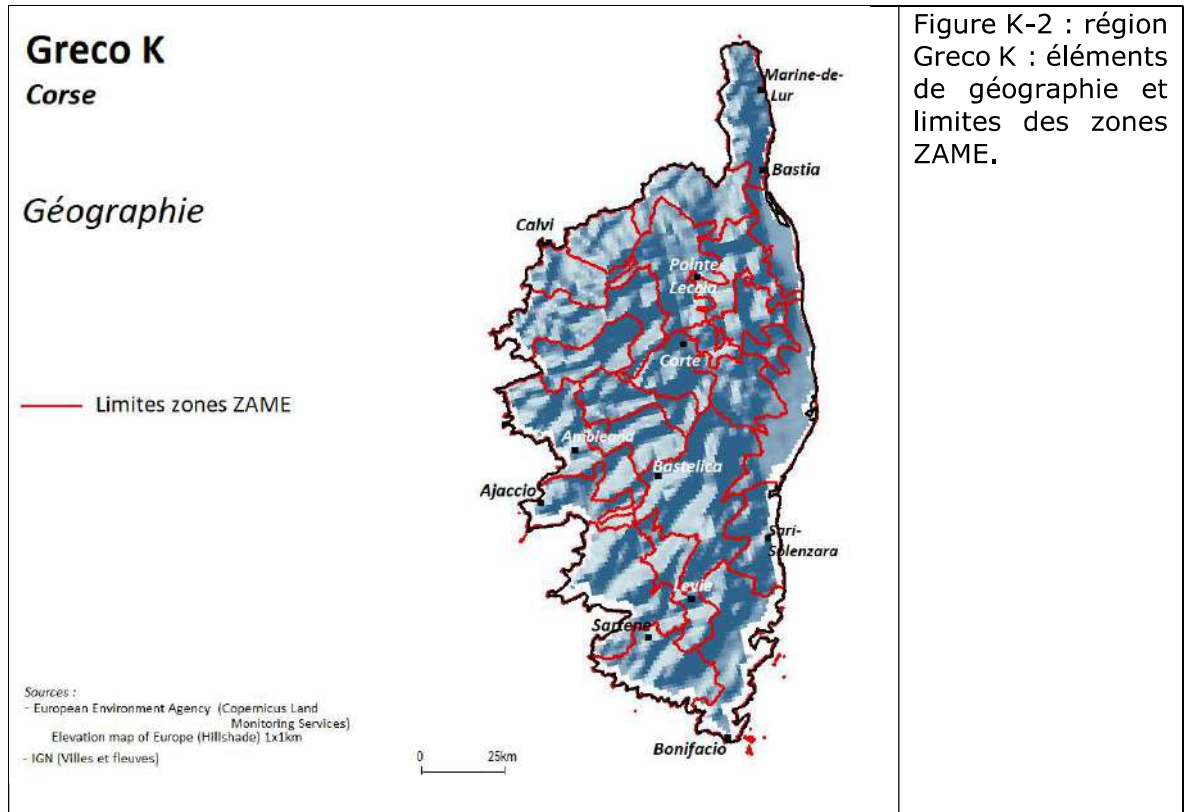


Figure K-2 : région Greco K : éléments de géographie et limites des zones ZAME.

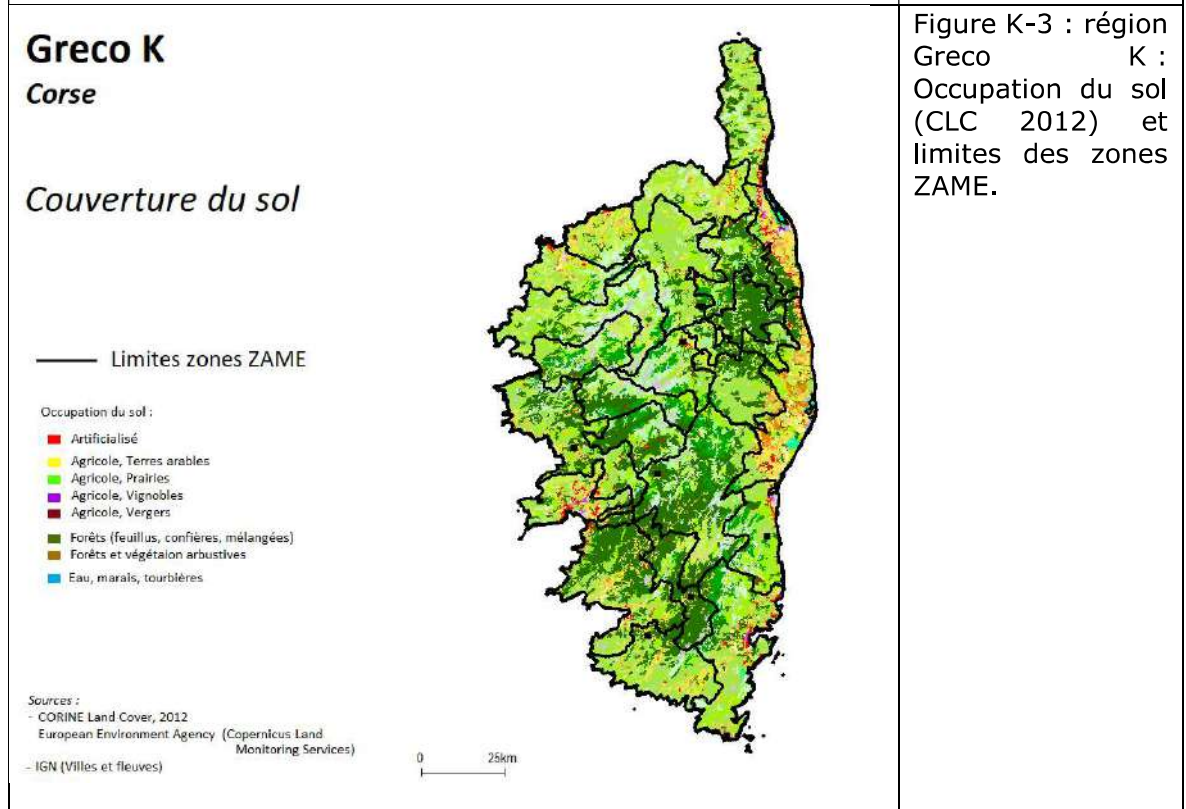


Figure K-3 : région Greco K : Occupation du sol (CLC 2012) et limites des zones ZAME.