



HAL
open science

Protéger les sols et lutter contre le changement climatique : comment mesurer les disparités de stratégies locales?

Eric Perret, E. Cahuzac, P. Cantelaube, N. Guiffant, N. Turpin

► To cite this version:

Eric Perret, E. Cahuzac, P. Cantelaube, N. Guiffant, N. Turpin. Protéger les sols et lutter contre le changement climatique : comment mesurer les disparités de stratégies locales?. *VertigO : La Revue Électronique en Sciences de l'Environnement*, 2015, 15 (2), 25 p. 10.4000/vertigo.16459 . hal-01250627

HAL Id: hal-01250627

<https://hal.science/hal-01250627>

Submitted on 5 Jan 2016

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.

Protéger les sols et lutter contre le changement climatique : comment mesurer les disparités de stratégies locales?

Eric Perret¹, Eric Cahuzac², Pierre Canterlaube², Nadia Guiffant¹, Nadine Turpin^{1,3}

¹ Irstea, UMR Métafort, CS 20085, F-63178 Aubiere, France.

² INRA, US ODR, F-31326 Auzeville, France.

³ auteur correspondant : nadine.turpin@irstea.fr

Résumé

Les pratiques des agriculteurs visant à protéger les sols de leurs parcelles sont variées et inégalement mises en œuvre sur les territoires français. La diversité de ces situations n'avait pas fait l'objet d'une analyse poussée sur l'ensemble du territoire. Cet article utilise des informations agrégées du Recensement agricole et les combine avec les menaces sur les sols rapportées à une maille cantonale (LAU1), pour construire une typologie de territoires qui nous permet, à son tour, d'identifier des stratégies différenciées de protection des sols. Cette typologie met en évidence quatre voies différentes pour ces territoires : certains d'entre eux s'appuient uniquement sur les bonnes pratiques imposées par la Directive Nitrate ; dans d'autres, les agriculteurs ont développé des combinaisons originales d'agriculture de conservation et de mesures agro-environnementales ; sur certains cantons sont combinées des mesures de réduction d'engrais et de pesticides, tandis que la dernière voie correspond à la mise en place d'aucune stratégie de protection des sols.

Title : soil protection and climate change, what strategies on French territories ?

Abstract

Protection of soil quality and adoption of practices that could mitigate climate change strongly depends on both farm types and soils threats at local level, but there has been so far no general analysis in France of what combinations are used and where. This paper uses information aggregated from the FADN database and combines it with threats on soils to build a typology of LAU1 French territories regarding their soil protection strategies. We highlight four main

paths: some territories rely on the sets of “good practices” designed from action programs from the Nitrate Directive, and those only. Others have developed interesting combinations of conservation tillage, cover crops and agri-environmental schemes. Some have chosen to combine reduced use of fertilisers and pesticides and the last ones happen to show no obvious protection strategy.

Mots clef : agriculture, développement durable, protection du sol, pratique agricole, changement climatique

Keywords : agriculture, sustainable development, soil conservation, farming practice, climate change

Introduction

Les sols en Europe ont un fort potentiel de captage du carbone dès lors que des pratiques adéquates sont employées, et ils sont également soumis à des menaces très différentes d'un lieu à l'autre. Si ce potentiel et ces menaces commencent à être relativement bien connus (Jones *et al.*, 2012), nous disposons de relativement peu d'informations sur les pratiques que les agriculteurs mettent en place pour tenir compte de ces enjeux.

L'objectif de cet article est d'analyser comment les combinaisons de types d'exploitations, de cultures et de problématiques environnementales favorisent, ou non, la mise en œuvre de pratiques innovantes par les agriculteurs, pour la préservation de la qualité de leurs sols et indirectement la limitation des émissions de gaz à effet de serre. Pour cela, nous analysons la diversité et la répartition de pratiques de protection des sols mises en place en France, en lien avec les types d'exploitations existant localement et les enjeux environnementaux présents, de façon à identifier les différentes stratégies existantes.

Sous l'impulsion de l'Union Européenne, la nouvelle politique agricole commune demande aux Etats Membres d'intégrer dorénavant les enjeux de protection des sols, tandis que l'application du protocole de Kyoto impose une comptabilité annuelle des sources et puits de gaz à effet de serre par pays. Certains pays, tels l'Allemagne ou les Pays Bas, se préoccupent

depuis longtemps de la protection de leurs sols agricoles et ont mis en place des législations appropriées, reposant sur des diagnostics spatialisés. Par contre, la France, en ayant mis l'accent sur d'autres enjeux environnementaux (qualité de l'eau et biodiversité), n'a intégré, jusqu'en 2013, que la protection contre l'érosion dans ses politiques agroenvironnementales.

La répartition spatiale des pratiques de protection est peu ou mal connue ; pourtant, l'interaction entre ces pratiques et leur milieu a le potentiel de limiter, à grande échelle, les émissions de gaz à effet de serre, voire d'accroître le stockage du carbone par augmentation de la matière organique des sols, et de protéger ces sols contre les risques variés qui les menacent. Mais établir l'inventaire de ces interactions suppose de combiner des informations sur des pratiques agricoles et des problématiques environnementales, ce qui pose plusieurs difficultés méthodologiques dès lors que nous souhaitons effectuer l'analyse sur des surfaces importantes (de l'ordre de la centaine de km²).

En effet, d'un côté nous disposons de bases de données agricoles, établies pour un suivi des politiques agricoles, reposant sur une collecte d'informations technico-économiques sur les exploitations et sans aucune donnée environnementale. Ces bases sont publiques à des échelles agrégées. De l'autre côté, il existe de nombreuses bases de données spatialisées, à caractère environnemental. Les deux familles de bases de données ne sont pas liées.

Pour pallier ce manque, de nombreux travaux se sont intéressés à associer des indicateurs environnementaux aux données agricoles, au niveau de l'exploitation, soit (i) en estimant des indicateurs approchant ceux qui manquent (Andersen *et al.*, 2007) ; soit (ii) en combinant l'orientation technico-économique des exploitations (OTEX) avec de nouvelles informations : la façon de procéder la plus courante repose sur la création de zones homogènes, zones « agri-environnementales » (stratification de groupes d'information climatiques, de sols, d'altitude, de couverture du sol), puis de les associer spatialement avec des zones homogènes d'un point de vue des dynamiques rurales (Hazeu *et al.*, 2011). Ce dernier choix fait l'hypothèse que des exploitations d'un même OTEX, sur une zone homogène, réagiront de façon semblable à une option de politique publique. De fait, générer des zonages représentant correctement à la fois la diversité des exploitations agricoles et leurs relations avec l'espace rural a longtemps fait, et fait encore, l'objet de vifs débats.

Récemment, cette difficulté d'allocation des types d'exploitation par zone environnementale a été levée en partie par Kempen *et al.* (2011), mais ne donne pas encore de résultats satisfaisants pour tous les types d'exploitation, et notamment les exploitations d'élevage intensif.

Enfin, dans chaque région, les problématiques environnementales dépassent souvent l'échelle de la simple exploitation : sur un espace donné, c'est souvent la combinaison de choix de gestion de différents types d'exploitations qui permet à une politique d'être efficace, plutôt que l'adhésion massive des exploitations d'un type donné qui peuvent ne représenter localement qu'une petite proportion des exploitations présentes. Il n'est donc pas possible de se contenter de la réponse d'un type d'exploitation confronté à un enjeu environnemental, et il faut pouvoir analyser dans sa globalité le choix d'une population d'exploitations.

L'originalité de notre travail est donc de croiser les informations environnementales spatialisées sur les sols, en les limitant aux sols agricoles, avec des informations fournies de manière agrégée par unité administrative, sur les exploitations agricoles et leurs pratiques. Nous en déduisons une typologie de territoires, sur une maille cantonale, échelle compatible avec la précision des bases environnementales, et à laquelle l'information agricole est relativement fine, disponible publiquement et permettant une bonne représentation géographique. Cette typologie permet d'explorer l'éventail de situations présentes, d'un point de vue tant agricole que de menaces pesant sur les sols et peut fournir aux acteurs une base pour leurs diagnostics ultérieurs.

L'article est organisé autour de trois parties. Tout d'abord nous présentons les informations disponibles sur les menaces pesant sur les sols en France, les systèmes de production agricoles et les pratiques culturales pouvant affecter la qualité des sols. Cette partie se prolonge par la description des méthodes statistiques que nous avons employées pour analyser la variabilité des menaces, des systèmes et des pratiques.

La troisième partie présente les résultats de ces analyses : de la typologie de cantons que nous avons construite ressort l'existence de quatre stratégies principales de protection des sols. Celles-ci s'organisent autour des « bonnes pratiques » inspirées par la directive Nitrates, de

techniques innovantes en matière de conservation des sols et d'utilisation réduite d'engrais et de pesticides.

Combiner informations sur les exploitations et les sols

Qualité des sols et menaces en France

La dégradation des sols touche 16 % des surfaces (European Soil Bureau Network, 2005) et est en progression en Europe¹. Les principales menaces sont artificialisation, érosion, diminution du stock de carbone organique, compaction, acidification, salinisation, glissements de terrain, contamination par des métaux lourds, perte de biodiversité, désertification (Jones *et al.*, 2012). Mis à part l'acidification, qui correspond à des mesures *in situ*, ces menaces sont estimées grâce à des modèles mécanistes et ce sont ces données que nous avons utilisées, la plupart étant publiques et disponibles sur le portail européen des sols². Nous avons ainsi intégré dans notre base de données, établie au 1/1.000.000^{ème}, les estimations de risque d'érosion hydrique (Panagos *et al.*, 2012), de glissement de terrain³ (Günther *et al.* 2013), de compaction, d'acidification obtenue à partir d'un krigeage géographique d'échantillons de sols (Böhner *et al.*, 2008). Bien que l'on ne dispose pas de carte de risque d'hydromorphie, il existe une information spatialisée sur la durée pendant laquelle l'horizon le plus en surface est humide (à la capacité au champ)⁴. Les variables représentant ces risques sont discrétisées par leurs fournisseurs en classes, dont le descriptif est fourni en annexe 1.

Ces menaces sur les sols sont à la fois des signaux d'altération des sols, des risques pour l'environnement et des risques de diminution de productivité des cultures pour l'agriculteur, qui adapte ses pratiques aux risques qu'il perçoit. Nous n'avons pas ajouté à notre analyse les autres menaces sur la qualité des sols (perte de biodiversité, contamination par les métaux

¹ Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Thematic Strategy for Soil Protection [SEC(2006)620] [SEC(2006)1165] /* COM/2006/0231 final */

² <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/>

³ Pris comme indicateur des menaces que les sols peuvent faire peser sur les activités humaines (habitat, transport, qualité des milieux).

⁴ European soil database, disponible ici : http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/ESDBv2/fr_intro.htm

lourds par exemple) car elles ne sont pas perçues systématiquement comme des risques et ne font pas l'objet d'une surveillance particulière à l'heure actuelle.

La France présente une grande diversité en termes de menaces portant sur les sols, reflétée par la Figure 1 qui représente un score agrégé par moyenne harmonique sur chaque pixel de ces cinq menaces, sur les sols agricoles. Ce score met en évidence des zones particulières, qui cumulent des menaces sur leurs sols, bassin aquitain élargi avec une dominance érosion et glissement de terrain, Lorraine et Nord Alsace avec des menaces de compaction et érosion, le centre Bretagne avec érosion et pH bas, la couronne est et sud du bassin parisien avec un risque d'hydromorphie qui se combine, selon les lieux avec d'autres menaces.

Figure 1 : degré de menaces sur les sols (origine des données : calcul des auteurs sur données de Panagos et al., 2012, Günther et al., 2013, Böhner et al., 2008, ESDBV2, masque des sols agricoles d'après Corine Land Cover)

Pratiques agricoles, exploitations et cultures

Nous avons fondé notre analyse sur le recensement agricole (de 2010) qui intègre des informations obtenues sur les exploitations de petite taille. Ces dernières seraient susceptibles, d'opter pour des techniques plus durables à terme (Soule, 2001). Nous avons organisé les informations en trois ensembles.

Nous avons retenu les pratiques de conservation des sols suivantes : (i) cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) et engrais verts ou cultures dérobées, (ii) semis direct ou travail du sol de conservation (sans retournement ou avec retournement réduit, TCS), (iii) non-enfouissement des résidus végétaux du précédent cultural, (iv) cultures n'ayant reçu aucun engrais minéral ou aucun herbicide. La Figure 2 montre la grande diversité dans l'espace de la mise en œuvre de techniques culturales de conservation. Ces pratiques sont considérées, sous certaines conditions, comme préservant, voire améliorant la qualité du sol et permettant de lutter contre le changement climatique. La capacité des cultures intermédiaires à limiter la lixiviation de l'azote dépend à long terme fortement du rapport C/N de l'espèce végétale employée (Constantin, *et al.*, 2011). Leur effet sur la faune du sol, le stockage du carbone et l'amélioration du rendement des cultures semble dépendre fortement de l'espèce implantée (voir Thoden *et al.*, 2011, pour une revue récente de la littérature). Les TCS et le semis

direct sont réputées pour limiter l'érosion, mais la plupart des auteurs insistent sur l'importance du savoir-faire local lors de leur mise en place pour éviter des effets négatifs sur les rendements (Van den Putte *et al.*, 2010 analysent les derniers travaux sur le sujet). Enfin, de nombreuses études mettent en évidence que les mulchs, associés à des techniques de labour simplifiées, augmentent la biodiversité dans les sols, toujours avec des réserves (Roger-Estrade *et al.*, 2010).

Figure 2 : part de terres labourables travaillées en semis direct ou TCS en 2010 (source RA 2010, SSP)

A cet ensemble de pratiques nous avons ajouté (i) des méthodes de cultures plus conventionnelles que sont le labour traditionnel (charrue à soc ou charrue à disque) et la monoculture (même culture pendant les trois dernières années) et (ii) les surfaces, pour une année donnée (2011), consacrées à des MAET semblables à celles définies par ailleurs pour des enjeux de préservation de la qualité des sols. L'observatoire des programmes communautaires de développement rural hébergé par l'ODR⁵ permet de suivre les surfaces contractualisées en respectant le secret statistique.

Ces pratiques sont (i) mises en place dans un contexte productif, représenté par les types d'exploitations que nous décrivons par les surfaces de chaque groupe d'OTEX (Marie *et al.*, 2008) ; et (ii) associées à des cultures, elles-mêmes prises en compte sous forme de regroupements de façon à obtenir des informations sans secret statistique sur le plus grand nombre de cantons possibles.

Méthode d'analyse et variabilité des situations

Nous représentons la variabilité spatiale des situations sur une maille cantonale. Pour les exploitations agricoles, l'information cantonale est obtenue par cumul des informations individuelles, en utilisant non pas les surfaces brutes, mais les proportions, ramenées à la surface agricole utile des exploitations ayant leur sigée dans le canton (SAU cantonale).

⁵ ODR : L'Observatoire du Développement Rural (https://esrcarto.supagro.inra.fr/intranet/cartto_joomla/).

En ce qui concerne les menaces, en raison de la différence d'emprise spatiale de l'information de base, nous avons procédé menace par menace. Nous avons utilisé les informations d'occupation du sol de Corine Land Cover (UE-SoeS, 2006) pour construire un masque des territoires agricoles (code 2), que nous avons superposé aux cartes de menaces sur les sols, pour extraire cinq cartes de menaces sur les sols agricoles ; nous avons alors harmonisé les données représentant les menaces en les transformant en proportion de la « superficie agricole » de chaque canton (SA cantonale) : chaque menace est définie par son intensité (la classe de risque à laquelle elle appartient), et son étendue spatiale (% de SA cantonale).

Dans la plupart des cas, les entités agricoles ayant leur siège sur un canton n'exploitent pas la totalité de leur SAU sur ce canton. De ce fait, il peut y avoir de légères différences entre SA cantonale (estimée d'après Corine Land Cover) et SAU cantonale (cumul de la SAU des exploitations ayant leur siège sur le canton). Cette différence, qui pourrait poser souci si nous travaillions sur un petit groupe de cantons, ne pose pas de problème statistique pour une analyse France entière, dans laquelle on peut raisonnablement faire une hypothèse d'homogénéité des erreurs.

Chaque canton est ainsi décrit par 60 variables principales : menaces sur la qualité des sols (30 variables), ventilation des OTEX et petites exploitations (10), cultures présentes (11) et pratiques agricoles en lien avec le sol (10). Notre échantillon, compte tenu du secret statistique et des cantons à dominante urbaine, comporte 3.493 cantons de la France métropolitaine (hors Corse). L'annexe 1 présente les variables retenues pour les menaces et l'annexe 2 toutes les autres.

La mise à plat des variables met en lumière une grande diversité de situation (annexe 3) : malgré une apparente dominance de certaines modalités, sols sains, risques d'érosion modérés, types de systèmes de production et cultures principales, il existe une grande variabilité de combinaisons de menaces sur les sols et de pratiques de conservation de ces sols d'un canton à l'autre. De plus, les écart-types sont élevés, quel que soit le groupe de variables et le secret statistique s'applique de façon plus ou moins importante pour les variables de type agricole (colonne NA du tableau de l'annexe 3). Ceci ne permet pas d'appliquer des méthodes statistiques traditionnelles pour construire une représentation simple de cette diversité à travers de classes les plus homogènes possibles et pouvant être décrites avec l'ensemble des variables. Aussi avons-nous retenu une analyse multivariée en deux étapes :

- Dans un premier temps, une analyse factorielle de type « Analyse factorielle multiple » (AFM), plutôt qu'une ACP car les variables utilisées ne sont pas de même nature (menaces, pratiques, exploitations et cultures). Cette AFM met en évidence les variables qui décrivent le mieux nos 3.493 cantons (Sena, *et al.*, 2002);
- Dans un second temps, une classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les cinq premiers axes de l'AFM précédemment réalisée, pour une plus grande robustesse des classes élaborées. Cette CAH identifie, au sein de notre population de cantons, des classes de cantons.

Nous avons effectué ces analyses sous R, en utilisant la méthode de Ward pour le calcul des distances. La Figure 3 représente le dendrogramme obtenu par la CAH avec une matérialisation des types retenus. Nous considérons que douze types prennent bien en compte l'inertie du nuage.

Figure 3 : dendrogramme

Résultats et discussion

La classification automatique définit bien les types en s'appuyant sur les quatre catégories de variables, pratiques employées, menaces sur les sols, types d'exploitations et cultures, sans qu'aucune catégorie ne suffise à elle seule à déterminer certains types.

Pratiques agricoles

Les combinaisons de pratiques agricoles (Tableau1) font apparaître quatre ensembles. Les cantons des types 5, 6 et 10 sont ainsi caractérisés par des proportions importantes de surfaces consacrées aux CIPAN et aux cultures dérobées. Cette combinaison est associée à des parts faibles de surfaces exploitées sans engrais ou sans pesticides. Les cantons du type 5 sont tous situés en zone vulnérable, ce qui peut expliquer la part importante de leur SA consacrée à ces pratiques, mais la grande majorité des cantons de type 6 ou 10 ne sont pas en zone vulnérable. Les cantons de type 6 se distinguent de plus par une part relative plus élevée de surfaces consacrées à des MAET « sols », ou exploitées en semis direct, tandis que ceux de type 10 sont ceux qui montrent la part la plus importante de labour traditionnel et de monoculture, associés à une gestion raisonnée des résidus.

Une seconde combinaison de pratiques est l'association de techniques simplifiées, de semis direct et de gestion raisonnée des résidus de culture, présente dans les cantons de type 11 et

12. La part plus importante consacrée aux TCS (respectivement 35,3% et 36,9% pour T11 et T12, contre 32,2 % en moyenne nationale) n'est pas uniquement liée à la proportion plus élevée de terres labourables. Ces cantons se caractérisent en outre par une plus faible part de surfaces exploitées sans engrais ou sans herbicides. Le trait saillant du type 12 est l'association originale MAET – TCS – CIPAN. La plupart des cantons de ce type sont situés en zone vulnérable, alors que ceux du type 11 n'y sont pas, ce qui peut jouer sur le choix d'implanter des CIPAN.

Le troisième ensemble est construit autour de deux pratiques, la non utilisation d'engrais (AUCUNENGRAIS) et d'herbicides (SANSHERB). Dans trois types (T2, T3 et T4), ces deux pratiques sont mises en œuvre conjointement sur des surfaces plus importantes que la moyenne nationale. L'un d'entre eux (T2) présente une adoption très faible par rapport au reste du pays de CIPAN et de techniques simplifiées de travail du sol. Seule l'une de ces pratiques caractérise les types restants : sans engrais seul pour le T1 (associée à une moindre mise en place de CIPAN), et sans herbicides pour le T8.

Enfin, pour deux types de cantons (T7 et T9), aucune stratégie spécifique de protection des sols n'apparaît.

Pour comprendre les déterminants de l'adoption de ces différentes associations de pratiques par les agriculteurs des cantons analysés, examinons les menaces sur les sols dans ces cantons et les systèmes de production présents.

Figure 4 : distribution spatiale des types de cantons

Cantons combinant CIPAN et cultures dérobées

Les 88 cantons T5 sont localisés dans la zone vulnérable nord et ouest Bretagne, sur laquelle la mise en place de cultures pièges à nitrate et dérobée est obligatoire. Il est cependant notable qu'aucune autre pratique favorisant la qualité du sol ne soit retenue de façon différente de la moyenne sur ces cantons, et que les pratiques sans engrais et sans herbicides soient implantées sur des surfaces moins importantes. Les sols de ces cantons ne souffrent pas plus de compaction qu'en moyenne nationale. Par contre, s'ils ne sont que peu sensibles aux glissements de terrain, ils ont un risque d'érosion marqué, notamment dû à l'abondance des

précipitations allié à une texture fine. Ce sont des sols acides, nettement plus que la moyenne nationale. Les OTEX dominantes sont les bovins laitiers et granivores et sont associées au maïs ensilage, aux céréales et aux prairies temporaires fertilisées.

Les 184 cantons du T6 se trouvent de façon groupée dans l'est de la France (Haute Marne et Meuse), en Haute Loire, dans l'Hérault, et de façon dispersées à l'est de la Bretagne et dans les Pays de Loire. Ils se distinguent par l'absence de menaces pesant sur leurs sols. Soit le type de menace ne distingue pas ces cantons de la moyenne nationale (compaction des sols ou glissement de terrain), soit la menace est présente sur une part de surface moins importante que la moyenne nationale (érosion, hydromorphie). La proportion de sols à pH neutre est plus élevée qu'en moyenne nationale. Deux orientations dominant nettement : les grandes cultures (56,1 %) et les polycultures – poly-élevages (20,3 %). La répartition des cultures est très proche des cantons du type 5, à l'exception des céréales (qui ne distinguent pas le type).

Les 85 cantons T10 sont situés, de façon dispersée, en bordure de massif montagneux, Jura et Pyrénées. De façon similaire au T6, ce ne sont pas les menaces qui discriminent ces cantons, sauf pour les glissements de terrain qui sont une menace importante. Pour seulement un tiers de la SAU cantonale (secret statistique), l'orientation des exploitations agricoles est connue : Bovins mixtes (19,2 %) et cultures pérennes (10,4 %). Les petites exploitations utilisent un peu moins de cette surface (46,7 %). La grande majorité de la SAU cantonale correspond à des terres labourables (89,7 %). Les agriculteurs ont implanté essentiellement des céréales (61,4 %) et tout particulièrement du maïs grain (54,8 %).

Le bref aperçu de ces cantons suggère que les raisons de choix de cette combinaison de pratique par les agriculteurs sont différentes d'un type de canton à l'autre, zone vulnérable pour le type 5, peut être risque de glissement de terrain pour le type 10, facilité de mise en œuvre en raison des successions culturales dans le type 6.

Cantons sur lesquels l'on observe techniques simplifiées de travail du sol et semis direct

Le T12 (891 cantons) rassemble des territoires présentant de bonnes conditions pédologiques (peu compactés, pas ou très peu érodés) bien que souvent acides. Les exploitations sont plutôt

grandes (les petites exploitent moins du tiers de la SAU cantonale), avec une dominante pour des systèmes céréaliers (sur la moitié de la SAU). La grande majorité de la SAU cantonale correspond à des terres labourables (83%), et la moitié est consacrée aux céréales. Situés sur les zones céréalières du nord et du centre de la France, le type est caractérisé par un taux de contractualisation de MAET supérieur à la moyenne nationale, des surfaces consacrées en cultures intermédiaires, ou sur lesquelles les résidus de culture sont laissés sur le sol, des surfaces relativement importantes en semis direct ou en techniques simplifiées de culture. C'est au niveau des exploitations de ces cantons qu'il faut chercher, en France, les raisons de mise en place de techniques culturales respectueuses des sols.

Très proches sont les 342 cantons T11, qui se distinguent du groupe précédent par la part de petites exploitations (elles utilisent la moitié de la SAU cantonale contre un tiers à peine dans le type 12) et des risques de glissement de terrain plus importants. Les exploitations de ces cantons ont adopté les mêmes combinaisons de pratiques, à l'exception des MAET et des cultures pièges à nitrates, malgré la présence de menaces sur les sols plus importantes (annexe 4).

Cantons sur lesquels les combinaisons de pratiques s'organisent autour de la non utilisation d'engrais ou de pesticides

Les cantons T3 et T4 sont situés dans les massifs montagneux, Massif Central, Alpes et Pyrénées. Ils se caractérisent par la présence d'une importante surface fourragère principale (SFP) avec une présence marquée de la surface toujours en herbe et des landes pour le type 4 et des systèmes d'exploitation herbivores (bovins mixtes, bovins viande, autres herbivores). Les menaces sur leurs sols sont similaires, surtout risque de glissement de terrain. La combinaison de pratiques adoptée est identique, peu d'engrais et d'herbicides, ce qui est cohérent avec des systèmes herbagers peu intensifs.

Les cantons T2 et T8 sont localisés à l'ouest de la France (Pays de la Loire, Poitou Charentes, Aquitaine, un peu dans la région Centre) et à la périphérie des massifs montagneux. La moitié, voire les deux tiers de la surface est consacrée à la SFP, avec une orientation dominante Bovin lait pour le type 8 et grandes cultures pour le type 2 mais dans les deux cas présence de polyculture poly-élevage et d'herbivores. Ce sont des cantons dans lesquels les

zones vulnérables sont fréquentes, et malgré cela, les cultures piège à nitrate sont moins implantées qu'en moyenne nationale, surtout en raison des assolements qui, alternant céréales et prairies, laissent peu les sols nus l'hiver. Sur des sols sains, plutôt acides mais ne présentant pas d'autre menace, avec des rotations dans lesquelles les sols ne sont pas labourés tous les ans, les seules pratiques adoptées sont l'absence d'herbicides, associée à l'absence d'engrais pour le type 2.

Situés sur des zones en bordure de massif, souvent pentues et soumises à des risques d'érosion et de glissement de terrain, les cantons T1 comportent des exploitations viticoles et horticoles, souvent petites (42 % de la SAU cantonal est exploitée par de petites exploitations en moyenne). Dans ces cantons, sont caractéristiques les surfaces cultivées sans engrais, tandis que la sole labourée de façon traditionnelle est nettement plus réduite qu'en moyenne nationale.

Cantons sans stratégie apparente de protection des sols

Les sols du T9, localisés en périphérie parisienne et dans le Nord de la France, ne se distinguent pas de la moyenne nationale, sauf peut-être par une acidité un peu plus marquée. C'est un type de cantons pour lesquels l'on dispose de peu d'information : les orientations ne sont connues que pour la moitié de la SAU cantonale : il s'agit d'un mélange d'exploitations d'élevage dominées par les bovins mixtes et les autres herbivores. Les petites exploitations utilisent un peu plus du tiers de la SAU cantonale (34,4%). Les seules pratiques discriminantes, avec des valeurs inférieures à la moyenne nationale, sont l'absence d'utilisation d'herbicides et le semis direct. Ce sont des cantons avec un assolement reposant sur les surfaces fourragères, mais sur lesquelles l'emploi d'engrais est similaire à la moyenne nationale, et l'emploi d'herbicides supérieur. Ces cantons sont localisés en périphérie parisienne ainsi que dans le Nord de la France.

Les cantons du T7 sont localisés sur les plaines de la côte Atlantique ou en bordure de Méditerranée (Camargue). Leurs sols sont sensibles à la compaction sur presque un tiers de leur SA, et à l'hydromorphie (33%). Compte tenu des données disponibles dans le recensement, aucun système de production ne ressort nettement, les assolements sont comparables à la moyenne nationale, mais l'on connaît par ailleurs ces systèmes d'élevage, à la réputation plutôt extensif (ce qui n'est pas confirmé par les données du recensement), sur

des marais aménagés. Aucune pratique particulière de protection de ces sols pourtant sensibles n'apparaît sur les données.

Discussion

Dans certains cas, ces pratiques de conservation des sols sont rendues obligatoires dans un cadre réglementaire ; dans d'autres situations, elles répondent à des incitations financières ; parfois elles sont mises en œuvre indépendamment de toute politique publique. Cette différenciation correspond à une réalité de terrain : ainsi les surfaces travaillées de façon volontaire avec des techniques simplifiées (TCS), représentent environ dix fois la surface contractualisée en Mesures Agroenvironnementales territorialisées (MAET) en 2011.

L'analyse de la diversité des combinaisons de pratiques de conservation des sols met en évidence différentes stratégies des agriculteurs dans les types de cantons. Plus particulièrement, dans certains territoires soumis à des enjeux forts de qualité de l'eau, les agriculteurs adoptent les pratiques obligatoires imposées par la directive nitrates (CIPAN et cultures dérobées). Ces pratiques ont des effets induits sur la qualité des sols même si ce n'est pas leur objectif premier. Par contre, en zone vulnérable, il n'y a vraiment que très peu de cantons dans lesquels un nombre conséquent d'agriculteurs adoptent des pratiques allant plus loin dans la protection des sols que ce qui est rendu obligatoire.

Lorsqu'il existe un enjeu de réduction de l'érosion suffisamment important pour avoir justifié la mise en place de MAET, l'on observe bien la mise en place de pratiques visant à limiter cette menace. Mais les territoires concernés sont très petits au regard de l'enjeu érosion à l'échelle de la France.

Par contre, les cantons dans lesquels un nombre non négligeable d'agriculteurs ont déjà mis en place des techniques de non labour, ou des techniques culturales simplifiées, sont également ceux pour lesquels il existe un fort potentiel de stockage de carbone (terres céréalières du centre et du bassin parisien, avec des teneurs en matières organiques assez basses). Il y a dans ces territoires un réel potentiel de stockage de carbone organique dans les sols, la surface n'étant pas négligeable, toute amélioration de la teneur en matière organique, même minime dans chaque exploitation, peut aboutir à des quantités stockées conséquentes.

Au-delà de la description d'un état des pratiques et des enjeux à un moment donné, la typologie présentée dans cet article permet de servir de base à un conseil technique adapté aux conditions locales, pour dépasser des normes peut être un peu figées et trop homogènes sur le territoire national. Elle met en évidence l'interconnexion des différents enjeux selon les territoires, celui du stockage du carbone ne pouvant être isolé des autres.

Conclusion

En France, les menaces pesant sur la qualité des sols sont réelles et affectent une part non négligeable de la surface agricole. Les réponses des agriculteurs à ces menaces varient selon leur système de production, leurs assolements, leur perception de ces menaces. Pour analyser la répartition spatiale des solutions mises en œuvre, nous avons réalisé une typologie des cantons, selon les systèmes de production, les menaces pesant sur les sols et les grandes catégories de pratiques mises en œuvre par les agriculteurs sur ces cantons, aussi bien pour répondre à la réglementation que de manière volontaire, aidés ou pas par des politiques publiques.

Nous avons mis en évidence que, à l'exception de certaines MAET luttant contre l'érosion de façon relativement localisée, les cantons sur lesquels les agriculteurs mettent le plus en place des pratiques favorisant la qualité de leurs sols sont, paradoxalement, ceux sur lesquels les sols supportent les menaces les plus faibles et sont globalement de bonne qualité. En filigrane, cela confirme les résultats d'essais au champ : il est plus facile de mettre en œuvre ce type de pratiques lorsque le sol est de bonne qualité (sol léger, réchauffant aisément, à bonne réserve en eau). Toutefois, quelques enquêtes complémentaires ont tenté de mettre en évidence les raisons d'adoption dans trois petites régions (Turpin, *et al.*, 2014), et celles-ci sont extrêmement variées, allant de la nécessité exprimée de maintenir la qualité des sols, à la réduction des coûts de production, en passant par un besoin d'innover.

L'on peut également s'interroger sur l'amplitude donnée aux politiques de préservation des ressources naturelles, qui représentaient seulement 54 % des fonds dédiés au second pilier de la PAC en 2007-2013. De plus, dans la mesure où la moitié de ces 54 % sont ciblés sur les indemnités compensatoires de handicap naturel, au final l'on a disposé d'une enveloppe assez réduite pour faire face à de multiples enjeux environnementaux, qualité des eaux, biodiversité, et ensuite seulement sols. Dans ces conditions, l'élaboration future de soutiens à la qualité

des sols devrait s'appuyer sur une réorganisation de l'enveloppe financière et des moyens associés, ce qui serait facilité par l'élaboration de documents stratégiques régionaux sur la gestion des sols agricoles, bien identifiés dans les plans régionaux d'agriculture durable.

Remerciements :

Les travaux sur lesquels repose cet article ont bénéficié du soutien du projet Catch-C (Grant Agreement N° 289782) sur le 7^{ème} programme cadre pour la recherche-développement. Le contenu de cet article ne représente pas une position officielle de la Commission européenne et est entièrement sous la responsabilité de ses auteurs.

This publication has been funded under the CATCH-C project (Grant Agreement N° 289782) within the 7th Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration. Its content does not represent the official position of the European Commission and is entirely under the responsibility of the authors.

Les données sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

Références

- Böhner, J., Blaschke, T., Montanarella, L. [Eds.], 2008. [SAGA – Seconds Out. Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie](#), Vol.19, 113pp.
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J. P., Duyme, F., & Mary, B., 2011. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. *Plant and soil*, 341(1-2), 137-154.
- European Soil Bureau Network, European Commission, 2005, Soil Atlas of Europe, *Office for Official Publications of the European Communities, L-2995 Luxembourg*, 128 p.
- Gis sol, 2011, L'état des sols de France. *Groupement d'intérêt scientifique sur les sols*. 188 p.
- Günther, A., Reichenbach, P., Malet, J.-P., Van Den Eeckhaut, M., Hervás, J., Dashwood, C., Guzzetti, F., 2013. Tier-based approaches for landslide susceptibility assessment in Europe. *Landslides*, 10: 529-546.
- Hazeu, G. W., Metzger, M. J., Múcher, C. A., Perez-Soba, M., Renetzedder, C. H., & Andersen, E., 2011. European environmental stratifications and typologies: an overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(1), 29-39.

- Jones A., *et al.*, 2012, The state of soil in Europe, a contribution of the JRC to the EEA 17nvironment state and outlook report – SOER 2010, Publication Office of the European Union, 76 p.
- Kempen, M., Elbersen, B. S., Staritsky, I., Andersen, E., & Heckelei, T., 2011. Spatial allocation of farming systems and farming indicators in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(1), 51-62.
- Marie, M., Bermond, M., Gouée, P. L., & Delahaye, D., 2008. Intérêts et limites des statistiques agricoles pour l'étude des structures spatiales produites par l'agriculture en Basse-Normandie. *Norois. Environnement, aménagement, société*, (207), 21-33.
- Panagos, P., Meusburger, K., Alewell, C., Montanarella, L., 2012, Soil erodibility estimation using LUCAS point survey data of Europe, *Environmental Modelling & Software*, 30, 143-145.
- Roger-Estrade, J., Anger, C., Bertrand, M., & Richard, G., 2010. Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111(1), 33-40.
- Sena, M. M., Frighetto, R. T. S., Valarini, P. J., Tokeshi, H., & Poppi, R. J., 2002. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil and Tillage Research*, 67(2), 171-181.
- Soule, M. J., 2001. Soil management and the farm typology: Do small family farms manage soil and nutrient resources differently than large family farms?. *Agricultural and Resource Economics Review*, 30(2), 179-188.
- Turpin, N. , Perret E. , Toqué C. , Guiffant N. , Mauhé N., 2014, Task4.2 Country report, France, Catch-C “Compatibility of Agricultural Management Practices and Types of Farming in the EU to enhance Climate Change Mitigation and Soil Health”, www.catch-c.eu, 120 p.
- Thoden, T. C., Korthals, G. W., & Termorshuizen, A. J., 2011. Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematodes: a promising method for nematode management?. *Nematology*, 13(2), 133.
- Union Européenne – SoeS, CORINE Land Cover, 2006.
- Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K., & Demuzere, M., 2010. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *European journal of agronomy*, 33(3), 231-241.

Annexe 1 : les menaces

variable	menace	indicateur	Valeurs seuil
PH3	acidité	pH	< 3
PH4			3-4
PH5			4-5
PH6			5-6
PH7			6-7
PH8			> 7
HYDRO0	hydromorphie	Profondeur et durée de capacité au champ	pas d'information
HYDRO1			non humide sur 80 cm pendant plus de 3 mois et non humide sur 40 cm pendant plus d'un mois
HYDRO2			humide sur 80 cm de 3 à 6 mois mais et non humide sur 40 cm pendant plus d'un mois
HYDRO3			humide sur 80 cm pendant plus de 6 mois mais et non humide sur 40 cm pendant plus de 11 mois
HYDRO4			humide sur 40 cm pendant plus de 11 mois
COMPA0	compaction	risque	pas de sol (zones aquatiques, glaciers, affleurements rocheux)
COMPA1			risque faible
COMPA2			risque moyen
COMPA3			risque fort
COMPA4			risque très fort
COMPA9			évaluation impossible (villes, marais, ...)
GLIS1	glissement de terrain	risque	risque très faible
GLIS2			risque faible
GLIS3			risque moyen
GLIS4			risque fort
GLIS5			risque très fort
EROS0	érosion	Poids de terre exportée par an	Sols avec une érosion très faible (moins d'une tonne/ha/an)
EROS1			entre 1 et 2 tonnes/ha/
EROS23			entre 2 et 3 tonnes/ha/an
EROS47			entre 4 et 7 tonnes/ha/an
EROS815			entre 8 et 15 tonnes/ha/an
EROS1631			entre 16 et 31 tonnes/ha/an
EROS3263			entre 32 et 63 tonnes/ha/an
EROS64			érosion égale et supérieure à 64 tonnes/ha/an

Annexe 2 : les pratiques agricoles, types d'exploitation et cultures

variable	description
PIEGE	Couvert végétal implanté pour piéger les nitrates (CIPAN) et engrais verts
DEROBEE	Cultures dérobées
SEMISDIR	Aucun travail du sol (semis direct)
SANSLABO	Travail du sol de conservation (travail du sol sans retournement quelle que soit la profondeur)
RESIDU	Maintien sur le sol des résidus végétaux du précédent cultural (couverture du sol en hiver)
MEME	Superficie des cultures annuelles ayant reçu la même culture pendant les trois dernières campagnes
LABOURCO	Labour (charrue à soc ou charrue à disque)
AUCUNENG	SAU n'ayant reçu aucun engrais minéral
SANSHERB	SAU n'ayant reçu aucun herbicide
MAET	SAU contractualisées dans le cadre d'une mesure agroenvironnementale territorialisée
OTEX1516	Exploitations de grandes cultures
OTEX2122	Exploitations de maraîchage et horticoles
OTEX35	Exploitations avec cultures permanentes (viticulture et arboriculture)

OTEX45	Exploitations avec bovins LAIT
OTEX46	Exploitations avec bovins VIANDE
OTEX47	Exploitations avec bovins LAIT, ELEVAGE et VIANDE (MIXTE)
OTEX48	Exploitations avec autres herbivores (ovins, caprins, équins)
OTEX5152	Exploitations avec granivores (Porcins, volailles)
OTEX6173	Exploitations de polycultures et poly-élevage
PEXPLP	Petites exploitations (Produit Brut Standard < 25.000 €)
CEREALES	Céréales (dont Maïs grain et semence)
MAISG	Maïs grain et semence
OLEAPROT	Oléagineux et protéagineux
SFP	Surface fourragère principale (dont maïs ensilage, prairies temporaires et STH)
MAISE	Maïs ensilage
PRAIRIEST	Prairies temporaires
STH	Surface toujours en herbe (dont surface peu productive)
LANDES	STH peu productive
TL	Terres labourables
CAUTRES	Autres cultures (hors céréales, oléagineux, protéagineux et SFP)
JACHERES	Jachères

Annexe 3 : variables participant à la construction des types

	Moyenne	Ecart-type	NA (*)	T5	T6	T10	T11	T12	T1	T2	T3	T4	T8	T7	T9
pratiques															
AUCUNENG	32,97	25,51	162	--	--	--	-	--	++	++	++	++			
DEROBEE	1,13	1,95	731	++	++	+	-	-	-	-	-	-			
LABOURCO	31,73	20,68	247	++	++	++	+	+	--	--	--	--	--		
MAET	0,36	2,02	0		++			++							
MEME	4,86	9,41	408		-	++	+	-		-	-		-		
PIEGE	5,91	7,64	554	++	++	++	--	+	--	-	-	-	-		
RESIDU	6,28	9,94	475	-	-	++	++	+		-	-	-	--	++	
SANSHERB	46,90	29,96	163	--		--	--	--		++	++	++	++		--
SANSLABO	15,05	15,42	490	--	--		++	+		-	-	-	--		
SEMISDIR	1,93	3,29	910		+		+	+		-	-	-			--
menaces															
COMPA0	0,06	0,66	0					-				+		+	
COMPA1	37,95	34,51	0	++			++	--		--		++			
COMPA2	45,82	35,67	0	--			--	++		++	++	--		-	
COMPA3	1,84	7,67	0				-	+		+	-	-		+	
COMPA4	0,87	5,62	0				-	-		-	-			++	
COMPA9	2,53	13,47	0				-	-		-	-		-		++
EROS0	72,00	27,01	0	--	+		++	++	--		++	--			
EROS1	6,14	10,16	0			-	-	++			-	+			
EROS23	5,17	9,25	0	++	-				++		-				
EROS47	3,82	8,54	0	++	-				++		-				
EROS815	2,29	5,92	0	++							-				
EROS1631	1,67	5,55	0	++	-						-	+			
EROS3263	0,79	3,65	0	++	-						-	+			
EROS64	0,24	1,72	0				+	-		+		+			
GLIS1	57,38	32,18	0	++		--	--	++	--		--	-	++	++	++
GLIS2	15,49	15,91	0	--		++	++	--	++		++			-	
GLIS3	13,61	12,43	0	--		++	++	-			++	++	--	-	-
GLIS4	10,43	13,85	0	--		++	++	-	++		++	++	-	-	-
GLIS5	2,32	8,38	0	--			++	-			++	++	-	-	-
HYDRO0	2,71	13,56	0				-			-	-		-		++
HYDRO1	77,94	31,07	0	++	++		++			--	++	++	--	--	--
HYDRO2	12,95	23,07	0	-	-		-			++	-	-	++		-
HYDRO3	1,10	6,11	0				-			-	-		-	++	
HYDRO4	0,36	3,48	0												
PH3	1,95	11,45	0	+	-		+	-	-			-	+		
PH4	36,82	45,51	0	++	--	--	-	+	--		++	-	++		++
PH5	37,30	44,28	0		--	++	--			++	--				
PH6	19,65	36,72	0	-	++		++	--	++	-	-	++	--		-
PH7	3,42	17,02	0		+		+	-	++	-	-	++	-		
PH8	0,00	0,07	0												
orientations															
OTEX1516	33,12	31,66	621	--	++		++	++	--	++	-	--	--		
OTEX2122	2,17	8,12	1775				++	-	++		-	-	-		
OTEX35	6,66	18,85	628	-	-	++	++	-	++		-	-	-		
OTEX45	16,89	21,21	782	++	--		--	--	--	--		-	++	--	
OTEX46	14,93	20,96	767	--	--	++	--	--	-	--	++	++			++
OTEX47	3,79	7,06	1111		--		-	-	--	--	++	-	++		-
OTEX48	10,00	17,01	662	-	--			-	--	--	++	++	-		++
OTEX5152	5,03	8,39	1254	++	-			-	--	-	-	-	+		+
OTEX6173	16,10	12,78	663		++			++	--	++	-	-	--		--
PEXPLP	37,45	16,28	327	-		++	++	--	++	+	++	++	-		--
Occupation du sol															

CAUTRES	11,35	17,45	1295	-	-	++	++	--	--	--	--	
CEREALES	31,36	20,63	263	++	++	++	++	--	--	--	--	
JACHERE	2,67	3,55	883	-	-	+	+	+	-	-	-	++
LANDES	8,24	17,89	651	-	-	-	-	++	++	++	-	
MAISE	4,90	6,25	691	++	++	-	-	-	-	-	+	- --
MAISG	7,04	11,74	574	-	-	++	+	-	-	-	-	
OLEAPROT	8,55	9,22	654	-	-	-	++	+	-	--	-	
PRAIRIEST	10,81	12,28	517	++	++		--	-	--	+	+	-- --
SF	47,57	32,64	258	++	++	--	--	--	++	++	++	-- --
STH	31,66	28,87	369	--	--	--	--	--	++	++	++	+
TL	61,19	30,50	188	++	++	++	++	++	--	-	-	--

(*) Secret statistique

	Contribution à la construction du type	Moyenne du type par rapport à la moyenne nationale
++	Très forte	Supérieure
--	Très forte	Inférieure
+	Forte	Supérieure
-	Forte	Inférieure
	Peu importante	
	Aucune	

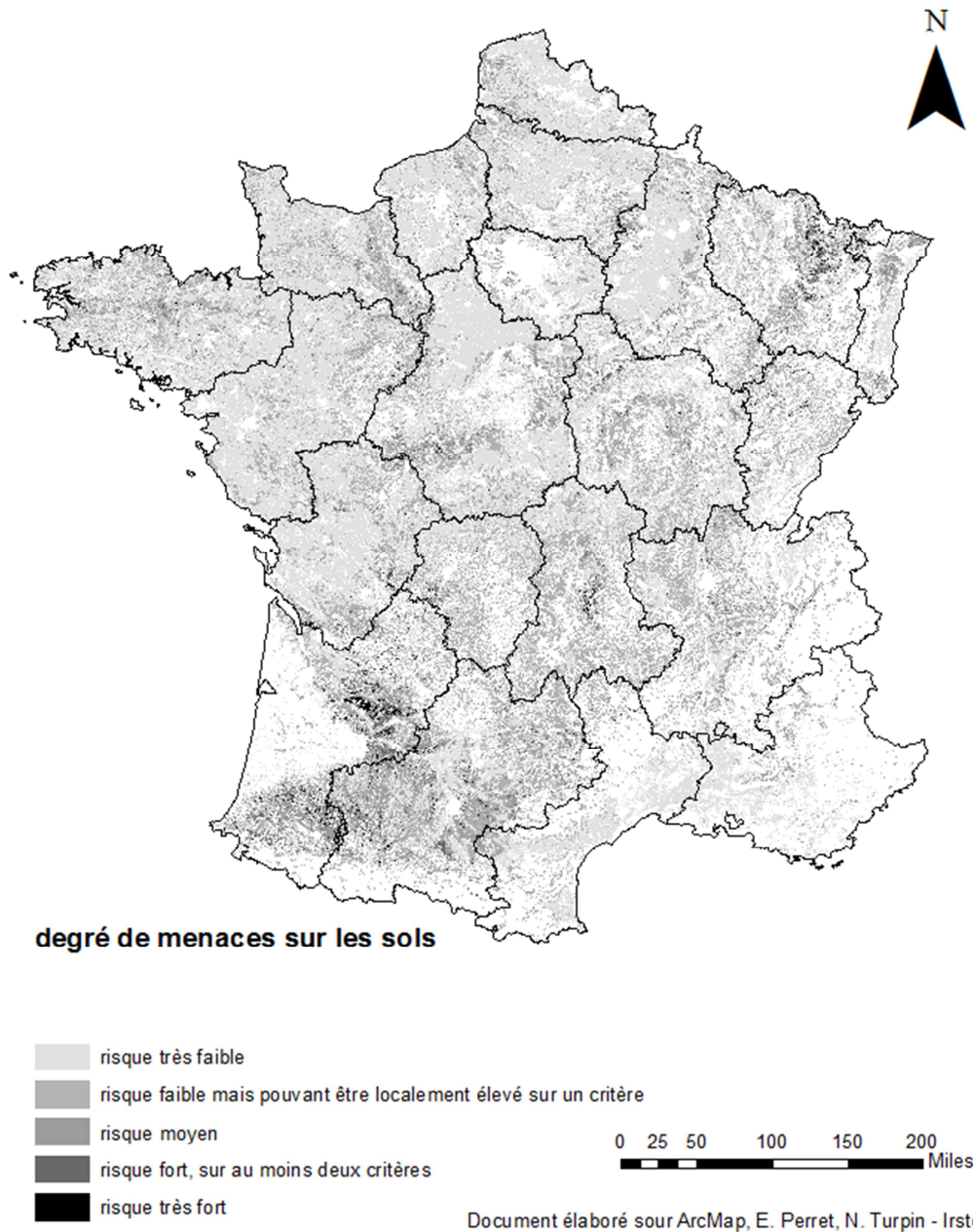


Figure1 : degré de menaces sur les sols (origine des données : calcul des auteurs sur données de Panagos *et al.*, 2012, Günther *et al.*, 2013, Böhner *et al.*, 2008, ESDBV2, masque des sols agricoles d'après Corine Land Cover)

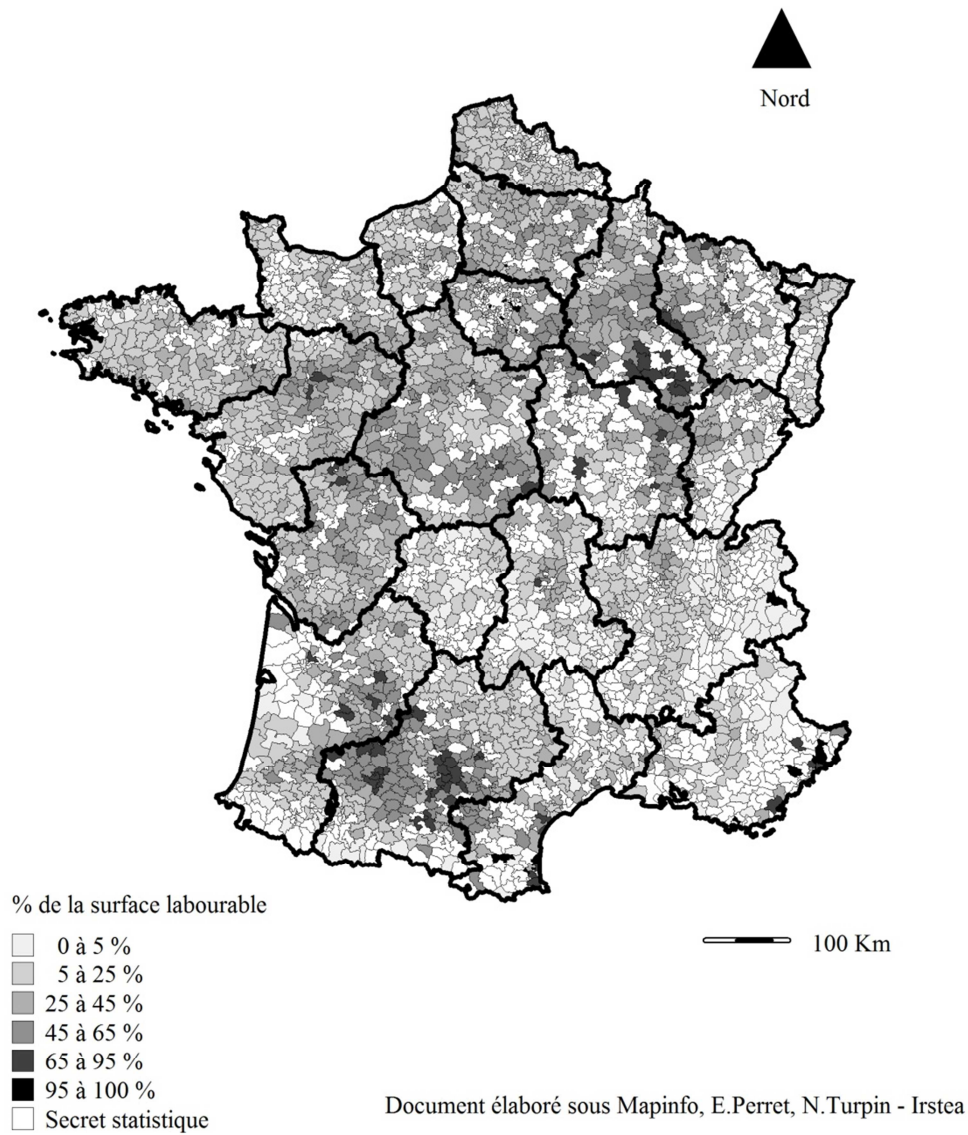
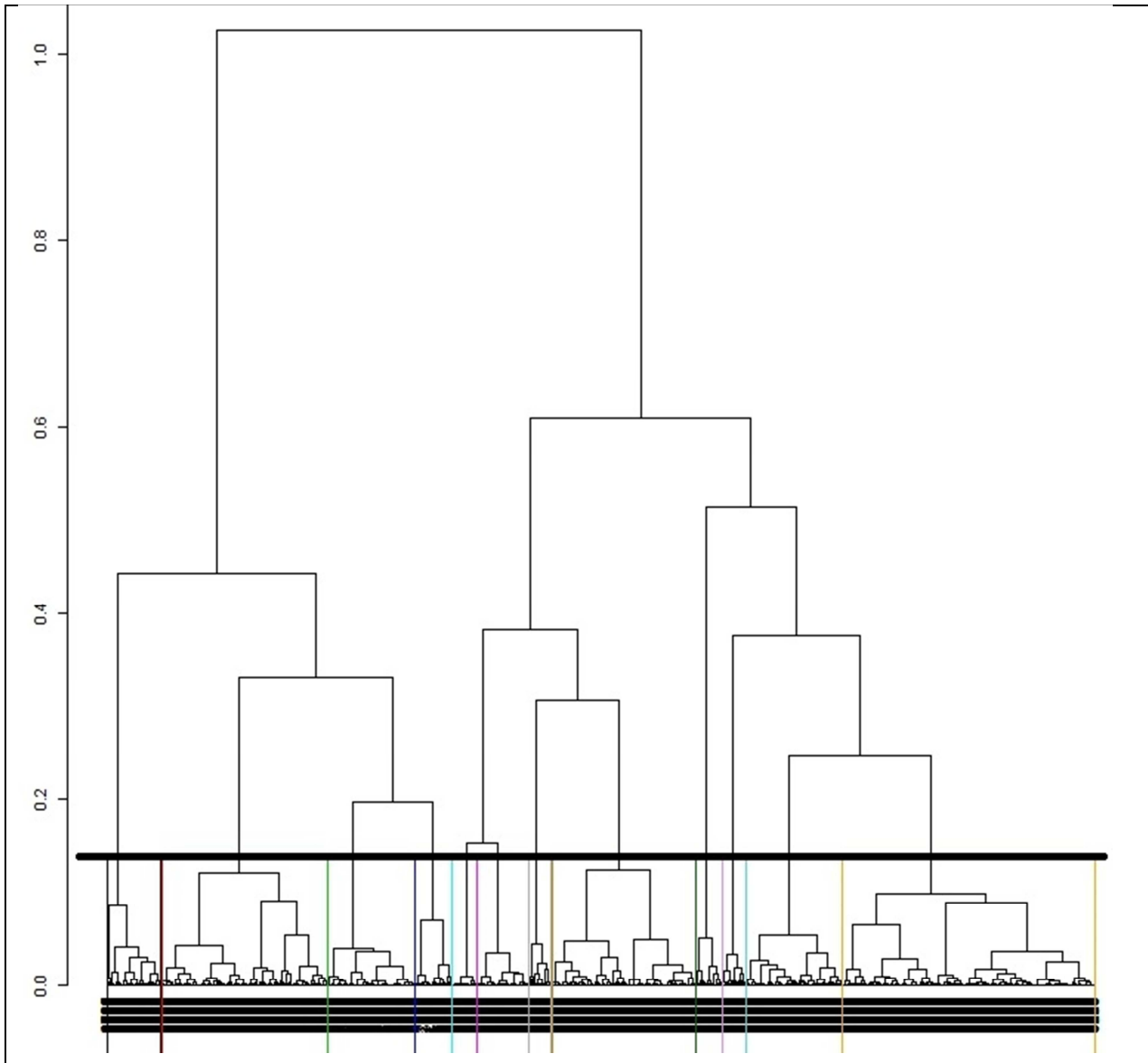


Figure 2 : part de terres labourables travaillées en semis direct ou TCS en 2010 (source RA 2010, SSP)



Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Effectif	191	589	308	133	88	184	79	510	93	85	342	891

Figure 3 : dendrogramme

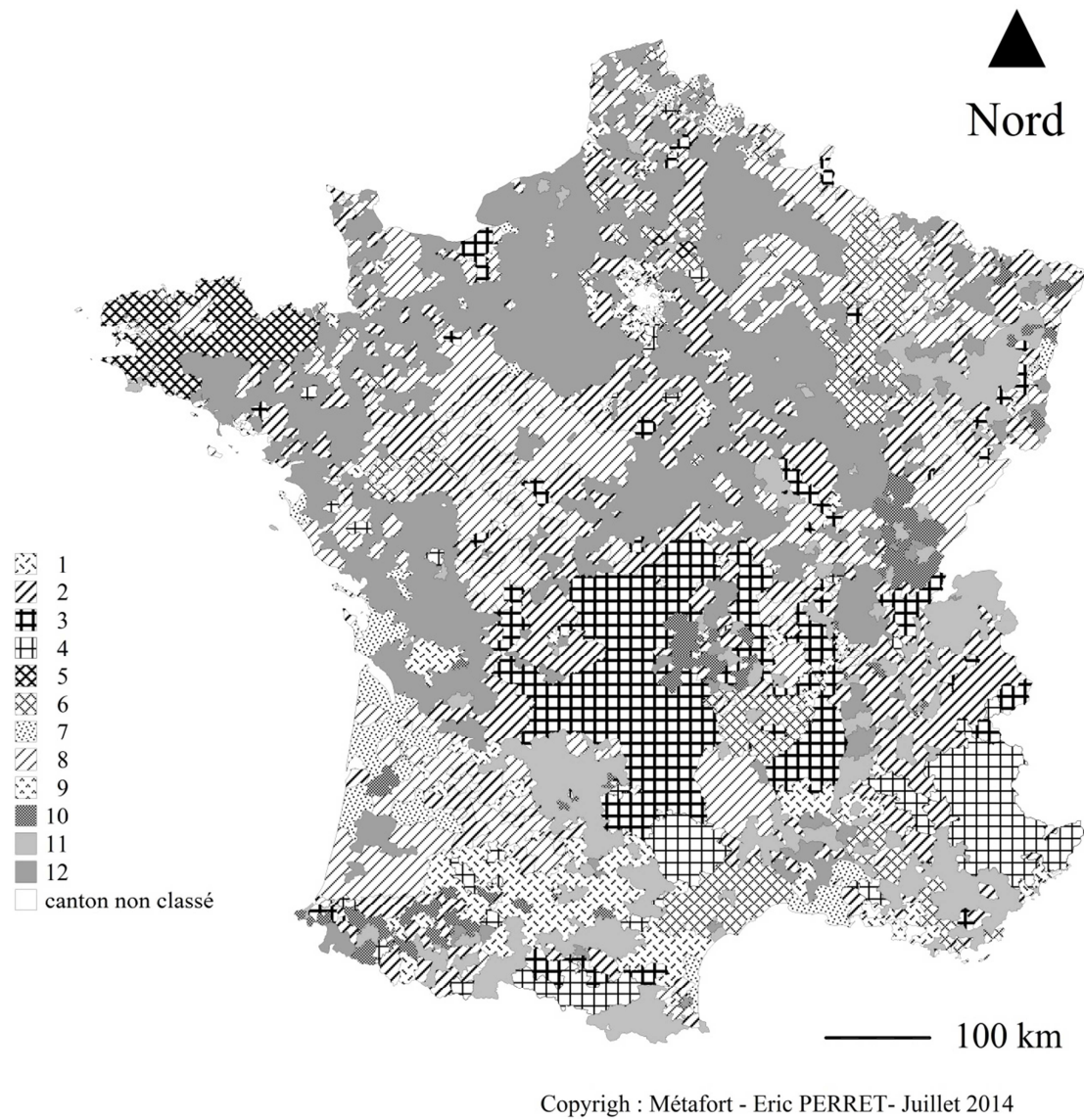


Figure 4 : distribution spatiale des types de cantons