



EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS LIÉS À DES RÉORIENTATIONS AGRICOLES, FORESTIÈRES, OU D'ÉCHELLE TERRITORIALE

UNE REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

RAPPORT DE L'ÉTUDE RÉALISÉE PAR L'INRA ET L'ADEME - DÉCEMBRE 2017





Délégation à l'Expertise, à la Prospective
et aux Etudes (DEPE)

Effets environnementaux des changements d'affectation des sols liés à des réorientations agricoles, forestières, ou d'échelle territoriale

Une revue critique de la littérature scientifique

Rapport d'étude

Antonio Bispo, Benoît Gabrielle, David Makowski (coordinateurs),
Monia El Akkari, Laure Bamière, Aude Barbottin, Valentin Bellassen,
Cécile Bessou, Patrice Dumas, Sabrina Gaba, Julie Wohlfahrt,
Mélanie Sandoval, Sophie Le Perchec, Olivier Réchauchère

Partie I - Analyse textuelle des articles scientifiques sur les impacts environnementaux des changements d'affectation des sols

Monia El Akkari, Mélanie Sandoval, Sophie Le Perchec,
Olivier Réchauchère

Décembre 2017

Antonio Bispo, Benoît Gabrielle, David Makowski (pilotes scientifiques de l'étude)

Monia El Akkari (chargée d'étude)

Laure Bamière, Aude Barbottin, Valentin Bellassen, Cécile Bessou, Patrice Dumas, Sabrina Gaba, Julie Wohlfahrt (experts scientifiques principaux)

Martial Bernoux, François Chiron, Laure Cormier, Stéphane De Cara, Guillaume Decocq, Cécile Detang-Dessendre, Jean-François Dhôte, Nathalie Frascaria-Lacoste, Sophie Legras, Philippe Lescoat, Romain Melot, Claude Napoleone, Bertrand Schmitt (experts scientifiques contributeurs ponctuels)

Equipe projet DEPE : Olivier Réchauchère (chef de projet), Sophie Le Perchec (documentation), Mélanie Sandoval (traitement de données documentaires), Isabelle Savini (appui rédactionnel, édition), Anaïs Tibi (suivi méthodologique), Kim Girard (suivi logistique et administratif)

Contacts : antonio.bispo@inra.fr, david.makowski@inra.fr, benoit.gabrielle@agroparistech.fr, olivier.rechauchere@inra.fr

Le présent document constitue le rapport de l'étude sollicitée conjointement par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe) et le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), convention n°12-60-C0004. Le contenu du rapport n'engage que la responsabilité de leurs auteurs. Il a été élaboré par les experts scientifiques sans condition d'approbation préalable par les commanditaires ou l'INRA.

Le rapport complet (Introduction, Partie I, Partie II et Partie III), ainsi que la synthèse (68 pages) et le résumé (8 pages) du rapport sont disponibles sur le site institutionnel de l'INRA (www.inra.fr).

Pour citer ce document :

Antonio Bispo, Benoît Gabrielle, David Makowski (coordinateurs), Monia El Akkari, Laure Bamière, Aude Barbottin, Valentin Bellassen, Cécile Bessou, Patrice Dumas, Sabrina Gaba, Julie Wohlfahrt, Mélanie Sandoval, Sophie Le Perchec, Olivier Réchauchère, 2017. *Effets environnementaux des changements d'affectation des sols liés à des réorientations agricoles, forestières, ou d'échelle territoriale : une revue critique de la littérature scientifique*, Rapport d'étude, INRA (France), 238 p.

Sommaire de la Partie I

1. Introduction	25
2. Méthodologie de l'analyse textuelle	25
2.1. Principales étapes d'une analyse textuelle	25
2.2. Première étape de l'analyse textuelle : définition d'un index de termes	26
2.3. Deuxième étape : cartographies des occurrences et co-occurrences des identifiants thématiques	27
2.4. Les limites de CorTexT et de l'analyse lexicale en général	28
3. Analyse de l'ensemble du corpus (5 730 références)	29
3.1. Analyse des principaux identifiants thématiques extraits par CorTexT	29
3.2. Analyse des co-occurrences des identifiants thématiques	30
3.3. Evolution des thématiques traitées dans le corpus au cours du temps	34
3.4. Focus sur les articles publiés pendant la période récente (2014-2015)	37
3.5. Principaux enseignements de l'analyse sur l'ensemble du corpus	41
4. Prolongements de l'analyse textuelle sur des thématiques prioritaires	42
4.1. Justification des choix pour l'approfondissement de l'analyse textuelle	42
4.2. Méthodologie pour réaliser un focus sur les 3 thématiques majeures et prioritaires choisies	43
4.3. Etude CorTexT approfondie sur chacun des sous-corpus	43
5. Approfondissement de l'étude sur la thématique « biomasse non alimentaire »	44
5.1. Description du sous-corpus « Bioénergies »	44
5.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Bioénergies » - 1990-2015	45
5.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Bioénergies » sur la période récente 2013-2015	49
5.4. Eléments à retenir de l'analyse du sous-corpus « Biomasse non alimentaire »	52
6. Approfondissement de l'étude sur la thématique « urbanisation »	53
6.1. Description du sous-corpus « Urbanisation »	53
6.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Urbanisation » sur la période 1989-2015	54
6.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Urbanisation » sur la période récente 2012-2015	57
6.4. Eléments à retenir de l'étude du sous-corpus « Urbanisation »	59
7. Approfondissement de l'étude sur la thématique « impacts sur la biodiversité »	60
7.1. Description du sous-corpus « Biodiversité »	60
7.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Biodiversité » sur toute la période 1989-2015	61
7.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Biodiversité » sur la période récente 2013-2015	65
Eléments à retenir de l'étude du sous-corpus « Biodiversité »	67
8. Focus sur les thématiques « élevage » et « production alimentaire »	68
8.1. Méthodologie mise en place	68
8.2. Analyse textuelle de la thématique « Alimentation-élevage » sur la période récente 2014-2015 par élargissement du nombre d'identifiants thématiques	69
8.3. Analyse textuelle de la thématique « Alimentation-élevage » sur la période récente 2014-2015 par ciblage d'identifiants thématiques spécifiques	71
9. Conclusion	73
Références bibliographiques citées	75

Analyse textuelle des articles scientifiques sur les impacts environnementaux des changements d'affectation des sols

Monia El Akkari, Mélanie Sandoval, Sophie Le Perchec, Olivier Réchauchère

1. Introduction

La mobilisation d'une méthode d'analyse textuelle a pour objectif d'explorer si le champ de recherche de l'étude s'est diversifié depuis les premières études qui ont pris en compte les impacts environnementaux dus aux CAS, c'est-à-dire celles qui ont fait le bilan des émissions de GES consécutives à la culture de plantes bioénergétiques, le plus souvent au moyen d'analyses de cycle de vie (ACV). L'approche est exploratoire, mais vise également à tester quelques hypothèses de sujets en émergence : d'autres réorientations sont-elles étudiées, comme l'introduction de nouvelles cultures ligno-cellulosiques à vocation bioénergétique ou de biomatériaux, ou comme des modifications des pratiques culturales ou d'élevage (intensification - extensification), ou comme l'artificialisation des sols ? Les études concernant les CAS indirects se sont-elles développées ? Des impacts environnementaux autres que ceux liés aux émissions de GES (par exemple sur l'eau, le sol, la biodiversité) sont-ils étudiés de façon significative ?

L'analyse textuelle, qui permet une fouille automatisée dans un corpus, sans *a priori* sur son contenu, apparaît comme une méthode utile pour obtenir rapidement une idée générale sur le contenu d'un groupe d'articles. La démarche est ici mise en œuvre sur un groupe de 5 730 articles sélectionnés à partir d'une recherche bibliographique systématique. L'équation de recherche élaborée a permis de sélectionner les articles qui sont à l'intersection des domaines de l'évaluation environnementale et du changement d'affectation des sols (CAS), elle est décrite en détail dans l'introduction générale de ce rapport. Les résultats de l'analyse textuelle sont utilisés pour décrire de manière visuelle les principaux thèmes abordés dans les articles étudiant les impacts environnementaux des changements d'affectation des sols.

2. Méthodologie de l'analyse textuelle

2.1. Principales étapes d'une analyse textuelle

Les analyses bibliographiques explorant des domaines de connaissance assez larges, comme c'est le cas pour cette étude, sont confrontées au défi du nombre d'articles qui peut atteindre plusieurs milliers et même des dizaines de milliers. Le recours à l'analyse textuelle basée sur une fouille automatisée dans les corpus est un moyen d'exploration rapide pour obtenir une première idée sur les thématiques abordées dans le corpus et les relations qui s'établissent entre elles. Plusieurs études récentes montrent l'intérêt de l'analyse textuelle pour des démarches exploratoires sur une thématique (Reboud *et al.*, 2012 ; Tancoigne E., 2014 ; Sandoval M. et Tarot, 2014).

L'analyse textuelle se déroule en deux étapes principales. L'objectif de la première étape est de repérer des mots ou groupes de mots (termes) au sein des articles (titre et résumé ou texte entier) et de calculer leur fréquence dans l'ensemble du corpus. Les mots qui n'ont pas de sens spécifique (mots de liaison, mots présents systématiquement dans tous les articles scientifiques, etc.) sont éliminés. Après regroupement des mots ou groupes de mots synonymes, un index de mots ou groupes de mot, avec leur fréquence d'occurrence dans le corpus, est généré.

L'objectif de la deuxième étape de l'analyse textuelle consiste à calculer les fréquences de co-occurrences des mots ou groupes de mots de l'index, c'est-à-dire la fréquence à laquelle ils se retrouvent simultanément dans un même article. Des cartes de co-occurrence sont ensuite tracées pour présenter de manière synthétique les résultats. Ces cartes donnent une représentation visuelle des thématiques traitées dans le corpus. Cette

cartographie permet de visualiser les mots-clés les plus fréquents et les plus fréquemment co-cités en les agencant dans des grappes appelées clusters. L'analyse des mots contenus dans un cluster et de leurs relations permet d'identifier une thématique spécifique à ce groupe d'articles. Les relations entre les clusters permettent de mettre en évidence la manière dont les différentes thématiques traitées dans le corpus s'articulent.

Dans le cadre de cette étude, c'est l'application d'analyse textuelle CorTexT Manager qui a été utilisée. Cette plateforme digitale d'analyse de corpus textuels a été développée par l'IFRIS (Institut Francilien Recherche, Innovation, Société). CorTexT Manager permet ici d'explorer la littérature scientifique à grande échelle et de corrélérer de larges quantités de données.

2.2. Première étape de l'analyse textuelle : définition d'un index de termes

Le travail d'analyse textuelle a été entrepris sur un corpus de 5 730 références extraites du Web of Science™ (WoS™) sur la période 1976-2015 (voir Introduction du rapport). L'exploration de ce corpus a porté sur les champs mots-clés, titres et résumés. Cet élargissement des champs d'exploration au-delà des seuls mots-clés de l'article permet de récupérer le maximum de termes pertinents, notamment ceux présents dans les résumés, et de s'affranchir des connaissances que les auteurs privilégient sur le sujet, ce que traduit la sélection des mots-clés se rattachant à leur article.

L'extraction des termes est faite par le logiciel à partir du calcul de la fréquence :

- des groupes de mots (polygrammes) : le logiciel sélectionne les groupes nominaux qui reviennent le plus souvent,
- de mots isolés (monogrammes).

Après paramétrage, l'application CorTexT Manager regroupe automatiquement des termes semblables, c'est-à-dire qui ne diffèrent que par des détails grammaticaux (singulier-pluriel, etc.), et élimine des termes vides de sens spécifique (qui sont listés dans un dictionnaire de l'outil). Aussi bien pour les polygrammes que pour les monogrammes, nous avons limité l'étude aux 2 000 termes les plus fréquents. Ce seuil correspond à un maximum au-delà duquel la manipulation et l'analyse directe des termes extraits, notamment pour effectuer des regroupements manuels, n'est plus gérable. On peut toutefois vérifier que ce seuil de 2 000 termes est un chiffre acceptable d'un point de vue méthodologique, les monogrammes et polygrammes éliminés ayant une occurrence inférieure ou égale à deux.

Cette série de 2 000 termes a été ensuite réduite, tout d'abord en éliminant les mots qui ne sont pas en rapport avec l'étude ou qui ne sont pas porteurs de sens (« year », « time »). Puis, le choix a été fait de constituer un groupe d'experts restreint pluridisciplinaire capable de couvrir les principales facettes de la thématique : filière des biocarburants, élevage, écosystèmes forestiers, sol et agronomie, biodiversité. Ces experts ont alors regroupé les termes synonymes ou se rapportant à un même objet/concept afin de mettre ensemble toutes les expressions et mots ayant le même sens (Tableau I-1). Ces regroupements permettent d'une part d'éviter la redondance mettant ainsi en évidence le juste poids d'un groupe de termes de sens identique, et d'autre part de rendre visibles sur les cartes d'autres termes qui sont moins fréquents et qui seraient masqués par la présence des termes synonymes ou non porteurs de sens dans cette étude. En effet, les cartes, pour être lisibles, ne peuvent afficher qu'un nombre restreint de termes, autour de 200. Un « **identifiant thématique** » (aussi appelé « main form », IT), c'est-à-dire une étiquette porteuse de sens, a été attribuée par l'utilisateur à chacun de ces regroupements.

Tous les termes en rapport avec les changements d'affectation des sols directs et indirects (« land use », « land use change », « land use expansion », « land grabbing ») ont été masqués, ce qui permet d'une part d'éviter leur apparition dans les cartes et d'autre part d'y rendre visibles d'autres termes qui apparaissent de manière moins fréquente dans le corpus et ne passent pas le seuil des 200 termes lisibles sur une carte. Le changement d'affectation des sols est en effet le dénominateur commun de tous les articles, sa représentation sur la carte apporterait des informations qui ne sont pas celles recherchées en priorité à ce stade de l'étude.

Aux termes de ce travail mené à l'aide de CorTexT et affiné par les experts scientifiques, un index (Tableau I-1) constitué de 1 331 identifiants thématiques a été obtenu.

Main form (identifiant thématique)	Forms (termes présents dans le corpus et regroupés, automatiquement ou manuellement, sous un même identifiant thématique)
Acidification	acidification and eutrophication eutrophication and acidification ocean acidification acidification
Aerial photos	aerial photos aerial photographs Aerial photographs satellite data satellite images satellite image multi-temporal satellite imagery
Agricultural land expansion	rapid expansion Agricultural expansion crop expansion crops expansion expansion of this crop future expansion area expansion expansion area agricultural land expansion land for agricultural expansion cropland expansion expansion of cropland expansion of croplands land expansion expansion of land
Agroforestry	traditional agroforestry practices agroforestry practices agroforestry systems agroforestry system agroforest agroforestry agroforestry practices agroforests orchard orchards faederbia
Bioenergy	bioenergy potential bioenergy potentials bioenergy plantations perennial bioenergy crops bioenergy crops bioenergy crop bioenergy from crops bioenergy feedstocks bioenergy feedstock bioenergy crop production bioenergy development bioenergy production production of bioenergy energy crop production biomass for energy production production of biomass for energy dedicated energy crops energy plants energy crops energy crop energy generation generation energy perennial energy crops bioenergy bio-energy

Tableau I-1. Un extrait de l'index construit à partir des termes (*forms*) les plus fréquents dans les 5 730 articles

2.3. Deuxième étape : cartographies des occurrences et co-occurrences des identifiants thématiques

Pour chaque identifiant thématique (*cf.* Tableau I-2), CorTexT calcule une variable appelée nombre d'occurrences, puis élabore des cartes représentatives du corpus. Il s'agit de cartes représentant indirectement, par une représentation graphique, les occurrences et les co-occurrences des 1 331 identifiants thématiques de l'index. Les identifiants thématiques qui apparaissent sur les cartes sont ceux dont le nombre d'occurrences est le plus élevé. Le nombre d'identifiants thématiques qui apparaît sur le fond de carte (150 ou 200) est un choix de l'utilisateur, sur un critère de lisibilité de la carte.

La Figure I-1 représente un extrait d'une cartographie obtenue à l'aide de CorTexT (reproduite ici dans le but unique d'expliquer comment l'application construit ce type de représentation). Les identifiants thématiques de l'index y sont matérialisés par des triangles dont la taille dépend de la somme des co-occurrences qu'ils ont avec d'autres identifiants thématiques. Les traits entre les différents identifiants thématiques sont plus ou moins épais selon la force du lien (l'épaisseur du trait est proportionnelle à la fréquence de co-occurrence des deux identifiants dans un même article). Le seuil en dessous duquel un trait de co-occurrence n'est plus représenté est calculé automatiquement par CorTexT, de façon à éliminer les liens les moins fréquents et conserver ainsi une bonne lisibilité à la carte. Les identifiants thématiques sont disposés sur la carte par le logiciel de façon à minimiser la distance totale entre les identifiants ayant le plus de co-occurrences croisées. Ces regroupements forment ainsi des *clusters* (grappes) soulignés par un cercle de couleur. Le périmètre des clusters est défini à l'aide de l'algorithme de Louvain.

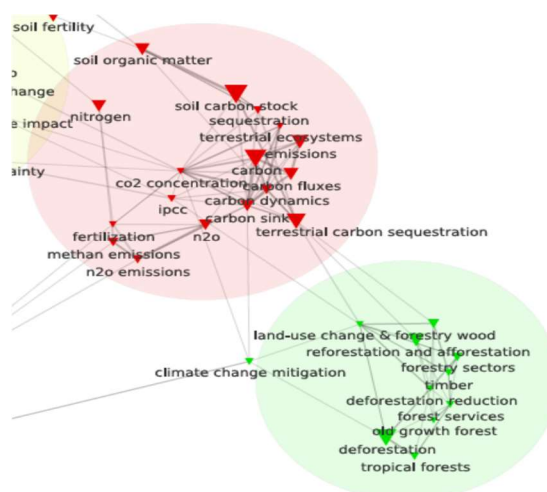


Figure I-1. Fragment de cartographie obtenue par CorTexT. La carte correspond à une projection sur un plan du réseau de liens entre identifiants thématiques

Sur ce type de cartographie, les liens entre identifiants thématiques (et qui représentent leurs co-occurrence) ne sont représentés que s'ils dépassent un certain seuil de fréquence de co-occurrence déterminé par l'utilisateur. Par ailleurs, le nombre de nœuds auxquels un identifiant thématique est lié est limité à cinq. Ces filtrages permettent une meilleure lisibilité et interprétation des cartes.

2.4. Les limites de CorTexT et de l'analyse lexicale en général

CorTexT présente plusieurs limites. D'une part, les cartes obtenues sont sensibles aux poids relatifs des différents identifiants thématiques et donc aux regroupements dont une partie est manuelle. Selon que l'on aura effectué des regroupements plus ou moins larges, les cartes ne sont pas exactement les mêmes, ce qui affecte en partie la robustesse des résultats. Le choix de ces regroupements repose sur un savoir expert qui tient compte, implicitement ou explicitement, des hypothèses qui ont justifié le recours à l'analyse textuelle. Ainsi, même si le traitement de l'information est fait par l'application CorTexT au moyen de méthodes statistiques « objectives », l'intervention des experts dans cette phase de regroupement des termes incorpore une part de subjectivité qu'il s'agit d'assumer. D'autre part, les cartes sont représentées en deux dimensions alors qu'elles sont calculées en 3D puis projetées sur un plan, ce qui crée parfois des chevauchements entre les différents clusters qui ne sont qu'un effet de la projection et rend l'interprétation plus délicate. De façon plus générale, CorTexT ne fait que décrire la co-occurrence de certains termes sans donner d'éléments de sens. Il est donc utile pour repérer de grandes thématiques mais ne permet que de formuler des hypothèses sur la façon dont la littérature scientifique aborde ces thématiques.

3. Analyse de l'ensemble du corpus (5 730 références)

3.1. Analyse des principaux identifiants thématiques extraits par CorTexT

Parmi les 37 identifiants thématiques les plus fréquents dans le corpus (plus de 500 occurrences, Tableau I-2), 9 relèvent des réorientations (*biofuel, farm system, urban development...*) et 17 des impacts environnementaux (*GHG emissions, impact on biodiversity, erosion and soil degradation*). Des déterminants des réorientations sont également présents (*land use policy*), ainsi que des méthodes utilisées (*LCA, ecosystem service valuation...*) (Tableau I-2). Certains identifiants thématiques semblent pouvoir relever de plusieurs catégories : c'est par exemple le cas du changement climatique, qui peut être vu comme un déterminant d'une réorientation du système, ou comme un impact environnemental lié à une réorientation.

Identifiant thématique	Catégorie d'identifiant	Nb occ.
<i>GHG emission</i>	Réorientation	3 017
<i>Land use policy</i>	Contexte	2 474
<i>Biofuel</i>	Réorientation	2 462
<i>Farm system</i>	Réorientation	2 186
<i>Pasture land</i>	Réorientation	1 990
<i>Urban development</i>	Réorientation	1 583
<i>Impact on biodiversity</i>	Impact	1 576
<i>Erosion and soil degradation</i>	Impact	1 343
<i>Landscape</i>	Réorientation & Impact	1 327
<i>LCA</i>	Méthode	1 312
<i>Bioenergy</i>	Réorientation	1 183
<i>Deforestation</i>	Réorientation	1 165
<i>Climate change</i>	Contexte & Impact	1 156
<i>Soil carbon stock</i>	Impact	1 136
<i>Carbon</i>	Impact	1 114
<i>Degraded Land</i>	Contexte & Impact	991
<i>Habitat</i>	Impact	948
<i>Environmental impacts</i>	Impact	941
<i>Ecosystem service valuation</i>	Méthode	941
<i>Indicators</i>	Méthode	907
<i>Energy</i>	Réorientation	906
<i>Spatial approach</i>	Méthode	818
<i>Species</i>	Impact	801
<i>Climate change impact</i>	Impact	778
<i>Terrestrial carbon sequestration</i>	Impact	762
<i>Scenario uncertainty</i>	Méthode	728
<i>Benefits</i>	Impact	727
<i>Ground water</i>	Impact	648
<i>Reforestation and afforestation</i>	Réorientation	644
<i>Emissions</i>	Impact	632
<i>Nutrients</i>	Impact	622
<i>Water resources</i>	Impact	586
<i>Temperature change</i>	Contexte & Impact	552
<i>Soil fertility</i>	Impact	543
<i>Sustainable production</i>	Réorientation	527
<i>Drivers</i>	Contexte	521
<i>Technology</i>	Contexte	513

Tableau I-2. Principaux identifiants thématiques (IT) de l'index avec des nombres d'occurrences >500 (à l'exclusion des identifiants thématiques se rapportant au changement d'affectation des sols)

En ce qui concerne les réorientations, on retrouve des identifiants relevant de la production d'énergie (*biofuel, bioenergy, energy*), de la gestion forestière (*deforestation, reforestation, afforestation*) et de l'urbanisation (*urban*

development). D'autres identifiants thématiques sont plus génériques, décrivant soit l'échelle de la réorientation (*farm system, landscape*), soit une caractérisation plus qualitative des réorientations (*sustainable production*).

En ce qui concerne les impacts environnementaux, les différentes dimensions de l'écosystème se retrouvent : l'atmosphère, les sols, l'eau, la biocénose, avec des problématiques concernant l'évolution de la biodiversité, la dégradation/fertilité des sols, la gestion des ressources en eau ou les émissions de GES (gaz à effet de serre).

Cette analyse de la fréquence des principaux identifiants thématiques donne une première idée du contenu du corpus, mais n'informe pas sur les articulations entre identifiants thématiques.

3.2. Analyse des co-occurrences des identifiants thématiques

La carte décrivant le contenu des articles est représentée sur la Figure I-2.

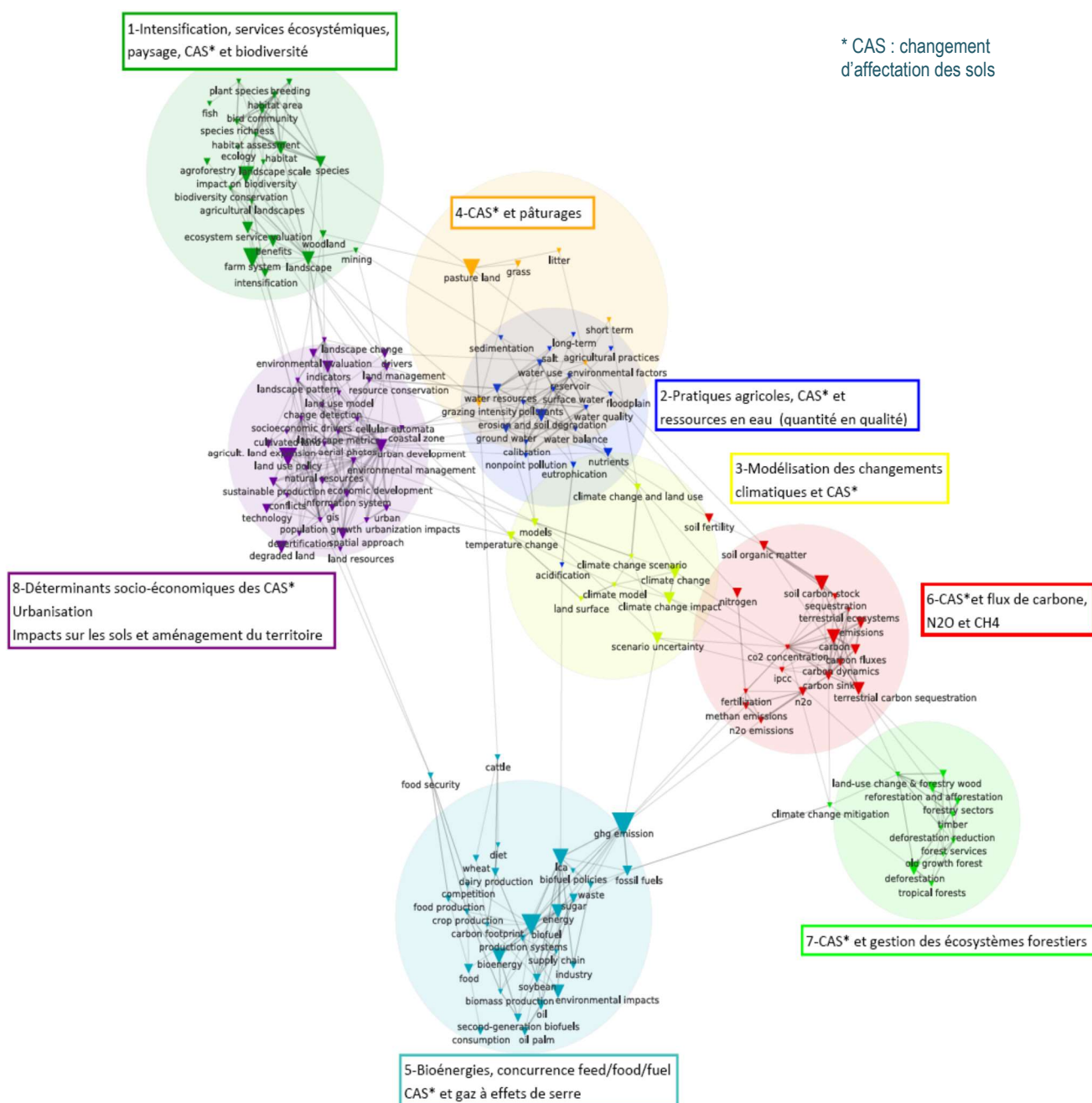


Figure I-2. Carte du corpus global 5 730 articles

Techniquement, cette carte n'est pas élaborée en fonction des hypothèses formulées *a priori* (et présentées ci-dessus dans l'introduction), mais les regroupements effectués par les experts et la description de la carte, en particulier les intitulés donnés aux clusters, tiennent compte de ces hypothèses. Cette carte permet d'identifier des domaines définis par des identifiants thématiques présentant un haut degré de co-occurrences, matérialisés sur la carte sous forme de *clusters*. Ces groupes d'identifiants thématiques peuvent ainsi réunir des éléments de contexte, de types de réorientation, d'impacts, et de méthodes employées, ou être plus ciblés sur l'une ou l'autre de ces dimensions. Les experts ont été mobilisés pour interpréter ces groupes d'identifiants. La carte permet également d'étudier les liens entre ces *clusters*, qui dessinent des relations entre les thématiques identifiées.

Cette représentation d'un corpus ne requiert pas la formulation d'hypothèses préalables, mais elle permet toutefois de confronter des hypothèses à une représentation graphique de la structuration d'une thématique scientifique. Elle s'apparente aux méthodes descriptives comme l'ACP, AFC, etc., au sens où elle ne repose pas sur le test d'une hypothèse dans le cadre d'un modèle probabiliste. Les liens entre mots-clés et entre thématiques qui apparaissent sur les cartes sont des corrélations, utiles pour aider à formuler des hypothèses, mais qui ne doivent pas être considérées comme des relations causales.

A partir de cette carte, huit groupes de co-occurrences préférentielles ont été identifiés (Figure I-2). Une lecture plus détaillée des identifiants thématiques qui constituent ces huit groupes permet d'attribuer à chacun un intitulé synthétique et de caractériser la thématique qu'il aborde (Tableau I-3). Les identifiants thématiques sélectionnés pour décrire ces clusters sont associés dans les intitulés de façon à décrire les éléments de la chaîne « réorientations/CAS/impacts », sachant que le plus souvent un ou deux des termes de cette chaîne sont prédominants dans le cluster.

- 1- Intensification de l'agriculture, services écosystémiques, paysages, CAS et biodiversité,
- 2- Pratiques agricoles, CAS, dégradation des sols et ressources en eau (quantité et qualité),
- 3- Modélisation des changements climatiques et CAS,
- 4- CAS et pâturages,
- 5- Bioénergies, concurrence feed / food / fuel, CAS et bilan gaz à effet de serre,
- 6- CAS et flux de carbone, de N₂O et de CH₄,
- 7- CAS et gestion des écosystèmes forestiers,
- 8- Déterminants socio-économiques des CAS, urbanisation et impacts sur les sols et aménagement du territoire.

Cette opération d'étiquetage des groupes est centrale dans la démarche et nécessite une description détaillée. Deux points préalables sont à mentionner :

- Tous les clusters intègrent implicitement la thématique CAS (Changement d'affectation des sols). Les identifiants thématiques le décrivant ont été volontairement et systématiquement retirés de la carte, de façon à faire apparaître les identifiants thématiques liés à d'autres dimensions : en amont des CAS, les éléments de contexte socio-économiques et biophysiques conduisant à des réorientations, et la diversité de ces réorientations ; en aval des CAS, la diversité des types d'impacts environnementaux auxquels ils conduisent. Le terme de CAS a ainsi systématiquement été inclus dans les intitulés donnés aux 8 clusters, même si les identifiants thématiques qui le concernent sont absents des clusters.
- De façon concomitante à la description de chaque cluster, il convient d'explorer les liens qui s'établissent entre les huit clusters, ce qui permet à la fois de mieux caractériser la cohérence de chaque cluster mais aussi de comprendre la structuration du champ d'étude : par exemple, certains clusters centrés sur une réorientation peuvent être préférentiellement liés à un cluster décrivant un certain type d'impact.

La description des clusters se fait dans un ordre logique, en commençant par ceux ayant plutôt une dominante « réorientations et leur déterminants » pour aller vers ceux plutôt orientés « impacts », de façon à rester cohérent avec la chaîne relationnelle réorientation/CAS/impacts qui est l'objet de cette étude.

N° Cluster	Contexte	Réorientations	Impacts	Connexion aux autres clusters
3	« climate change » « Climate models » « climate scenarios »			cluster 6 cluster 2
8	« Land use policy » « Population growth » « socioeconomic drivers »	« urban developpement »	« degraded land »	cluster 1 cluster 2
5	« diet » « food security » « food production » « biofuels policy »	« bioenergy » « biofuels » « second generation biofuels » « energy »	« GHG emissions » « carbon footprint » « diet » « food security » « food production »	cluster 6 cluster 8
7		« deforestation » « reforestation » « afforestation »	« climate change mitigation »	cluster 5 cluster 6
4		« pasture land » « grass » « grazing intensity »		cluster 5 cluster 1 cluster 2
1		« Farming systems » « intensification »	« impact on biodiversity » « ecosystem services valuation »	Cluster 4 Cluster 8
6	« IPCC »	« terrestrial carbon sequestration »	« soil carbon stock » « methan emission » « N ₂ O emission » « CO ₂ concentration » « carbon fluxes »	Cluster 7 Cluster 5 Cluster 4 Cluster 3
2			« water quality » « non point pollution » « eutrophication » « water balance » « water ressources » « water use » « erosion and sol dégradation »	Cluster 8 Cluster 5 Cluster 3

Tableau I-3. Dominantes des thématiques traitées dans les huit clusters de la carte générale de l'étude
Les identifiants thématiques sont classés en trois catégories : contexte, réorientation, impacts.

Le cluster n°3 couvre le domaine des changements climatiques en tant qu'élément de contexte biophysique général, avec des identifiants thématiques (IT) qui concernent l'évaluation des changements climatiques de type « climate change scenario » et « climate model » ou qui déterminent des réorientations et des CAS (IT : « climat change and land use ») (Tableau I-3). Ce cluster est très lié à deux clusters décrivant des impacts : sur les flux de carbone, de N₂O et CH₄ d'une part (cluster n°6) et sur les ressources en eau (cluster n°2) d'autre part.

Le cluster n°8 intitulé « déterminants socio-économiques des CAS, urbanisation, impact sur les sols et aménagement du territoire » est défini par nombre d'identifiants thématiques ce qui dénote de la complexité de cette thématique (Tableau I-3), cela peut signifier aussi une grande pluridisciplinarité du thème. L'identifiant le plus fréquent de ce cluster est « land use policy » très fortement articulé avec l'identifiant « urban developpement » : ce cluster est ainsi polarisé sur le lien entre un élément de contexte socio-économique et une réorientation de l'usage de l'espace. Il inclut également un impact environnemental principal traduit par l'identifiant « degraded land ». Ce cluster est par ailleurs très lié à deux clusters traitant d'impacts environnementaux : le cluster n°1 (impacts sur la biodiversité) et le cluster n°2 (impacts sur les sols et la ressource en eau). Du point de vue des méthodes mobilisées, ce sont les outils de l'approche spatiale qui dominent (SIG, aerial photos, etc.).

Le cluster n°5 intitulé « bioénergies, concurrence feed/food/fuel, CAS et gaz à effet de serre » est structuré autour de la réorientation liée aux bioénergies (Tableau I-3). S'y retrouvent les IT « energy », « bioenergy », « biofuels », « second generation biofuels ». Cette réorientation est fortement liée, au sein du cluster, à un impact principal, les émissions de gaz à effet de serre qu'on reconnaît via les IT « carbon footprint » mais surtout « GHG emissions », ce dernier étant fortement articulé avec le cluster n°6 qui détaille les flux des principaux GES (CO₂, N₂O, NH₄) et les flux de carbone associés. Enfin ce cluster inclut des identifiants en relation avec le domaine alimentaire comme

« diet », « food security » et « food production », ce qui amène à faire l'hypothèse d'une relation de concurrence entre les valorisations alimentaires et non alimentaires de la biomasse, sans que l'on puisse à ce stade prédire si cette concurrence est traitée dans les articles comme une préoccupation qu'il faut avoir lorsque l'on aborde le sujet de la production de bioénergie, ou si elle est vraiment étudiée comme un impact des réorientations bioénergies sur la sécurité alimentaire. On note aussi que ce cluster est lié à celui concernant l'urbanisation *via* l'identifiant thématique « food security ». Cet item occupe une position charnière entre la grappe de publications qui concerne l'urbanisation *via* sa cooccurrence avec l'identifiant thématique « population growth » et celle qui concerne la bioénergie *via* son lien avec les identifiants thématiques « food » et « competition ». Le contexte des « biofuels policy » est également présent dans le cluster. En termes de méthodes d'étude associées, de façon attendue, les analyses de cycle de vie (ACV) apparaissent principalement (IT « LCA »).

Le cluster n°7 intitulé « CAS et gestion des écosystèmes forestiers » concerne les réorientations des systèmes forestiers et s'équilibre entre la déforestation (IT « deforestation ») et la reforestation (IT « reforestation and afforestation »). Ce cluster est fortement lié au cluster n°6 qui décrit les impacts en termes de flux de carbone et de GES, et au cluster n°5 qui décrit les relations entre bioénergie, CAS et émissions de GES. Par ailleurs, à l'interface des clusters n°7 et n°5, on trouve l'IT « climate change mitigation » qui traduit probablement l'existence d'études évaluant le potentiel de la gestion forestière et des bioénergies pour réduire l'ampleur du changement climatique.

Le cluster n°4 intitulé « CAS et pâturage », représente un grand volume de publications. Il ne contient que peu d'identifiants thématiques, qui ancrent clairement ce cluster dans le domaine des réorientations : « grass », « grazing intensity » et « pasture land » (Tableau I-3) ; il y a consensus du vocabulaire clé chez les auteurs de cette grappe de publications. Ce dernier IT représente l'identifiant le plus fréquent du cluster. Il le relie à d'autres clusters, celui sur les bioénergies *via* l'identifiant thématique « cattle » d'une part et le cluster des impacts sur la biodiversité d'autre part où une co-occurrence avec l'identifiant thématique « species » apparaît. L'IT « grazing intensity » relie ce cluster avec celui traitant de l'eau et de la dégradation des sols.

Le cluster n°1 intitulé « intensification, services écosystémiques, paysage, CAS et biodiversité », est centré sur les impacts sur la biodiversité, par l'IT « impact on biodiversity » et toute une série d'IT rattachés à cet impact, auxquels on peut rajouter de façon plus indirecte l'IT « ecosystem services valuation » (Tableau I-3). Les réorientations les plus reliées à cet impact sont, au sein du cluster, l'intensification des pratiques agricoles (IT « farming systems » et « intensification ») et en dehors du cluster les pratiques de pâturage (cluster n°4) et surtout le développement urbain (cluster n°8). De façon plus secondaire, se retrouve dans ce cluster un identifiant thématique qui concerne l'activité minière (IT « mining »). Cette dernière réorientation n'est pas représentée par un cluster autonome compte tenu du faible nombre de publications. Cependant le fait qu'elle apparaisse dans la carte dénote son emprise sur les changements d'affectation des sols et des impacts sur la biodiversité en particulier.

Le cluster n°6 intitulé « CAS et flux de carbone, N₂O et CH₄ » est majoritairement centré sur la description des stocks et flux de carbone, et de façon beaucoup plus minoritaire sur les flux de deux autres GES, le méthane et le N₂O (Tableau I-3). Ce cluster fonctionne d'abord comme un cluster d'impacts en termes de flux de GES pour les clusters axés sur des « réorientations » avec lesquels il s'articule : le cluster n°7 des réorientations forestières (*via* l'IT « terrestrial carbon sequestration »), le cluster n°5 des bioénergies, *via* les émissions de tous types de GES (« CO₂ concentration », « methane emissions » et « N₂O emissions »), le cluster n°4 des réorientations « pâturages » *via* l'IT « soil organic matter ». De plus, le cluster est fortement lié au cluster n°3 concernant le changement climatique, avec lequel il prend également une dimension d'élément de contexte biophysique général, en plus de sa dimension d'impact.

Le cluster n°2 intitulé « Pratiques agricoles, CAS et ressources en eau (quantité et qualité) » décrit une série d'impacts sur la qualité de l'eau (IT « water quality », « non point pollution », « eutrophication », etc.), sur la gestion quantitative de l'eau (IT « water balance », « water resources », « water use », etc.) et sur les effets de la dégradation des sols par l'érosion ce qui impacte la qualité de l'eau (IT « erosion and sol dégradation ») (Tableau I-3). Ce cluster est lié à des degrés divers, à diverses réorientations (excluant la gestion des écosystèmes forestiers) : le développement urbain (cluster n°8), *via* les IT concernant la gestion quantitative de l'eau et l'IT « erosion and sol dégradation » ; la bioénergie (cluster n°5) *via* les analyses de cycle de vie ; la production animale *via* le pâturage (cluster n°4) de façon moins claire. Par ailleurs le cluster n°2 est fortement lié au cluster n°3 sur le changement climatique, ce dernier ayant un effet sur le régime de précipitations et l'évolution des zones propices à différentes cultures.

Ainsi, les réorientations les plus étudiées dans l'espace agricole et plus généralement au sein des territoires et qui génèrent des changements d'affectation des sols sont l'urbanisation, le développement des bioénergies (apparues dans la littérature dans les années 2000), les modifications de la gestion des écosystèmes forestiers, et, dans une moindre mesure, la gestion des prairies.

Les principaux déterminants qui semblent pouvoir expliquer l'origine de ces réorientations sont de deux ordres très différents : le changement climatique, parce qu'il implique une adaptation des pratiques qui peut aller jusqu'à une remise en cause importante des systèmes agricoles existants ; les politiques d'aménagement du territoire parce qu'elles sont susceptibles d'autoriser voire de stimuler, ou à l'inverse d'interdire ou de réduire des changements d'affectation des sols, notamment entre les usages terre arable / prairie / forêt / zone artificialisées.

Les impacts environnementaux les plus étudiés dans le corpus concernent principalement la biodiversité, l'évolution des teneurs de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et la ressource en eau ; l'impact sur les sols apparaît de façon plus diffuse, en lien avec l'urbanisation et la gestion de prairie.

La problématique de l'alimentation semble en interaction forte avec la production de bioénergie (hypothétiquement via des concurrences ou l'utilisation de co-produits).

L'analyse de cette carte globale confirme la présence de thématiques très étudiées et décrites dans la littérature, comme notamment le contexte global du changement climatique, les réorientations liées à l'urbanisation ou à la production de bioénergie ainsi que les impacts des CAS sur les flux de GES, les stocks de carbone ou encore la biodiversité.

L'importance prise par la thématique des ressources en eau est plus difficile à interpréter : soit elle est à mettre en lien avec le contexte changement climatique, celui-ci se traduisant, hypothétiquement, par une moindre disponibilité en eau rendant nécessaire des changements d'affectation des sols (l'eau est alors plutôt un déterminant), soit des changements d'affectation des sols, entraînant une augmentation de la consommation d'eau, ont un impact sur la disponibilité de la ressource.

On note une faible présence de thématiques telles que celles liées aux CAS et élevage ou aux CAS et consommation alimentaire. L'hypothèse est qu'il s'agit de sujets en émergence qui ne sont donc pas ou peu visibles sur une carte représentant des articles publiés sur une longue période.

3.3. Evolution des thématiques traitées dans le corpus au cours du temps

Afin de dégager des évolutions et des dynamiques, l'analyse a été prolongée en utilisant un module de l'application CorTexT Manager permettant une représentation dynamique du corpus dans le temps. Sur le critère de la date de publication, le logiciel découpe automatiquement le corpus en trois parties dont les effectifs (nombres d'articles) sont sensiblement égaux. Les périodes déterminées sont listées dans le Tableau I-4.

Période	Nombre de publications
1976-2007	1 691
2008-2011	1 906
2012-2015	2 133

Tableau I-4. Nombre de publications par période

Cette répartition du nombre d'articles par période permet de constater que durant les trente premières années (1976-2007), il y a eu moins de publications que sur les deuxième et troisième périodes qui s'étendent chacune sur 4 ans (2008-2011 ; 2012-2015). Il serait sans doute pertinent de pouvoir faire ce découpage en utilisant des dates charnières liées à des changements dans le contexte : changement de réglementations, lancement de programmes de recherche internationaux, etc. Cette remarque vaut surtout pour la première période, d'une durée de 30 ans et qui pourrait être subdivisée en fonction d'éléments de contexte. Elle est moins pertinente pour les deux autres périodes dont l'amplitude (4 ans) est faible au regard du rythme de la publication scientifique, ce qui implique que l'on a peu de chance, en modifiant le découpage, de voir émerger des tendances qui seraient plus porteuses de sens.

A partir de ce découpage, CorTexT élabore les cartes représentatives des trois périodes et schématise l'évolution des différents clusters d'une période à l'autre (Figure I-3). Cette schématisation est faite sous forme de « tubes » reliant les clusters délimités pour chaque période. Cette représentation aide à visualiser graphiquement l'évolution des différentes thématiques et leurs interactions au long des différentes périodes déterminées.

Tubes Layout

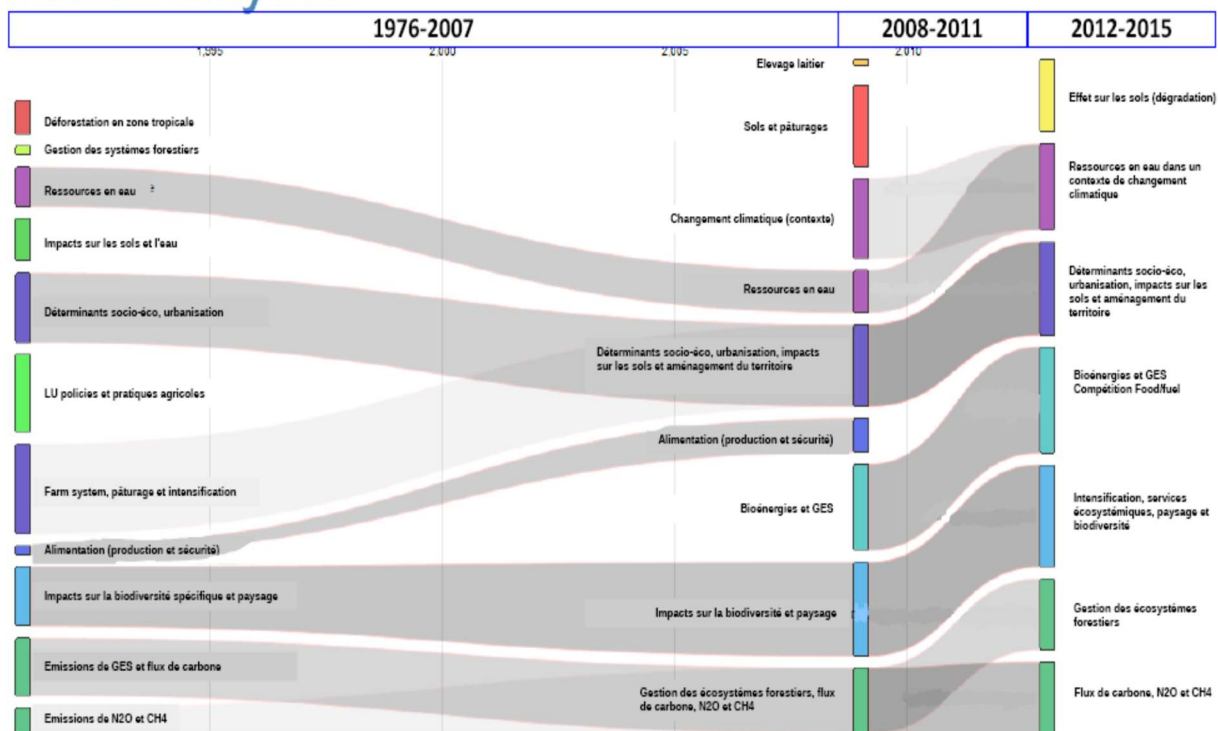


Figure I-3. Schéma présentant l'évolution des différentes thématiques sur différentes périodes sous forme de tubes

En observant la structuration des clusters de la période la plus récente (2012-2015), on retrouve à peu de choses près la structuration de la carte générale : de bas en haut on retrouve à l'identique les clusters n 6, 7, 1, 5, 8 ; le cluster « ressources en eau dans un contexte de changement climatique » est la fusion des clusters n 2 et 3 (que l'on retrouve d'ailleurs séparés lors de la période précédente) ; le cluster « effet sur les sols » est très similaire au cluster n 4 de la carte principale. La largeur des tubes est proportionnelle au nombre de publications présentes dans le cluster. Les tubes sombres relient les clusters (thématiques) dont la permanence d'une période à l'autre est forte, et qui structurent ainsi la dynamique d'évolution du champ de l'étude.

Cette représentation permet ainsi de visualiser l'augmentation ou la diminution du nombre de publications pour chaque thématique, l'autonomisation et la fusion des différentes thématiques au cours des différentes périodes et permet aussi de distinguer les sujets émergents ou en régression.

• Description sommaire des clusters des trois périodes

Au cours de la première période, onze thématiques en rapport avec les changements d'affectation des sols sont délimitées par CorTexT. Il s'agit de thématiques qui concernent les réorientations comme « déforestation en zone tropicale », « gestion des systèmes forestiers », « Politiques de Land Use et pratiques agricole », « farm system pâturage et intensification », « déterminants socio-économiques et urbanisation », « alimentation (production et sécurité) » ; d'autres concernent les impacts environnementaux : « ressources en eau », « impacts sur les sols et l'eau », « impacts sur la biodiversité spécifique et paysage », « émissions GES et flux de carbone » et « émission N₂O et CH₄ ». Toutes les thématiques ne sont pas traitées de manière équilibrée, certaines donnant lieu à plus de publications que d'autres, ce que traduit la différence de taille des clusters.

Pendant la deuxième période, il y a moins de clusters que dans la première période, neuf thématiques traitées au total durant toute la période. Cette diminution du nombre de thématiques résulte de la fusion de quelques clusters de la première période, le cluster « gestion des écosystèmes forestiers, flux de carbone, N₂O et CH₄ » est le produit de la fusion des trois clusters « gestion des écosystèmes forestiers », « émissions de GES et flux de carbone » et « émissions de N₂O et CH₄ » ; il s'agit de thématiques qui étaient étudiées séparément et qui ont commencé à être abordées ensemble dans les mêmes articles scientifiques dans une période récente.

Durant la troisième période, les clusters formés lors de la deuxième présentent quelques évolutions : fusion de clusters ou au contraire différenciation de deux clusters à partir d'un seul. La description de ces fusions ou différenciations est conduite dans la description des trajectoires d'évolution (*cf. infra*).

• Hypothèses expliquant les évolutions de la problématique « émissions de GES »

Jusqu'en 2007 (première sous-période), les émissions de CH₄ et de N₂O liées à des CAS sont traitées séparément des émissions de CO₂. Cela peut s'expliquer si l'on considère que le CO₂, avant d'être étudié en tant que GES, l'a longtemps été comme un élément du cycle du carbone, le substrat de la photosynthèse, ce qui justifiait des études spécifiques, plus centrées sur l'aspect fixation du CO₂ dans la biomasse et dans le sol et moins nécessairement axées sur le bilan des émissions. Ce n'est que dans la deuxième période que semblent se développer des études faisant des bilans complets sur tous les GES, et ce dans deux contextes : sur les écosystèmes forestiers d'une part, ce que traduit la fusion des deux clusters « émissions de GES et flux de carbone » et « émissions de N₂O et CH₄ » et la disparition des petits clusters « gestion des écosystèmes forestiers » et « déforestation en zone tropicale », et sur les bioénergies d'autre part, ce que traduit l'apparition d'un cluster « bioénergie et GES » dans la deuxième période. Dans la troisième période, les thématiques de la gestion forestière et des flux de gaz à effet de serre s'autonomisent l'une de l'autre : on peut faire l'hypothèse que la thématique « CAS et forêt » aborde des questions de type déforestation ou afforestation qui ne se limitent pas au seul bilan GES, et parallèlement que les bilans GES complets constituent désormais une thématique qui n'est plus seulement liée à la forêt, ce que confirme la permanence du cluster « bioénergie et GES ». On obtient donc dans la troisième période trois clusters qui sont assez proches, dans leur constitution, des clusters n°5, 6 et 7 de la carte générale.

• Hypothèses expliquant les trajectoires d'évolutions de la problématique « CAS et alimentation »

Cette thématique est présente de façon continue quoique discrète dans la première et la deuxième périodes, où elle semble s'interrompre. En fait, on la retrouve intégrée dans le cluster apparu au cours de la deuxième période et traitant des bioénergies et GES : cela peut hypothétiquement traduire le fait que l'impact des CAS sur la sécurité alimentaire est désormais préférentiellement traité sous l'angle de la compétition pour la terre entre la production alimentaire et non alimentaire.

• Hypothèses expliquant les trajectoires d'évolutions de la problématique « eau et changement climatique »

Les études traitant des impacts des CAS sur l'eau sont présentes sur les trois périodes, avec une forte augmentation sur la troisième période, où le cluster « ressources en eau » fusionne avec un cluster « changement climatique » apparu au cours de la deuxième période : on se retrouve donc avec un cluster traitant de façon conjointe des deux thématiques. Cette dynamique permet de mieux comprendre la carte générale de l'ensemble du corpus, où l'on a identifié deux clusters très fortement reliés : le cluster n°2 (ressources en eau) et le cluster n°3 (changement climatique) : dans une vision dynamique, ces deux clusters qui étaient effectivement bien distincts durant la deuxième période vont fusionner dans la troisième, ce que la carte globale, qui ne tient pas compte de la dynamique temporelle, ne traduit qu'imparfaitement. Ce lien renforcé entre le changement climatique et la thématique « ressource en eau » peut hypothétiquement s'expliquer de deux façons complémentaires : un des déterminants des CAS lié au changement climatique est la modification des régimes de précipitation, on peut donc penser qu'il y a des publications faisant état d'un lien entre eau et changement climatique et qui explique les CAS ; par ailleurs, les mises en culture sous l'effet du changement climatique de nouvelles zones de cultures ont très probablement un impact sur la consommation d'eau, ce que des études doivent aborder. Les publications relevant de ce deuxième type font partie de la thématique de l'étude puisque mesurant un impact environnemental, ce qui n'est pas forcément le cas des publications relevant du premier type.

- **Hypothèses expliquant les trajectoires d'évolutions de la problématique « biodiversité »**

L'impact des CAS sur la biodiversité est une thématique présente sur l'ensemble des trois périodes, de façon continue. D'un point de vue plus qualitatif, on note, dans la période la plus récente, l'apparition d'études traitant de services écosystémiques (dont le concept a été rendu visible par le rapport du Millennium Ecosystem Assessment en 2005).

- **Hypothèses expliquant les trajectoires d'évolutions de la problématique « urbanisation »**

Cette thématique est présente sur la première période, elle s'enrichit dans les périodes récentes de la question de l'impact sur les sols, évolution qui semble cohérente avec la montée récente de la préoccupation de la société au sujet de la disparition des terres agricoles. Cette évolution est aussi à mettre en rapport avec un rapprochement, dans la deuxième période, avec un cluster traitant de pratiques agricoles, notamment « intensification » : c'est probablement l'indice de l'apparition d'études sur l'occupation des sols à l'échelle territoriale, et notamment les approches en termes de land sharing / land sparing, dans lesquelles le degré d'intensification de la production est un facteur essentiel.

- **Hypothèses expliquant les trajectoires d'évolutions de la problématique « pâturages et sols »**

Pour ces deux thématiques, la lecture de la dynamique temporelle n'est pas très facile et ne donne pas d'informations claires. Les publications qui traitent d'impact sur les sols semblent être liées à deux types de réorientations : l'urbanisation et la modification de l'intensité du pâturage, sans que le lien aux changements d'affectation des sols ne soit très clair dans ce dernier cas.

3.4. Focus sur les articles publiés pendant la période récente (2014-2015)

Il s'agit d'une analyse textuelle faite sur un sous-corpus qui se limite aux articles publiés dans la période récente (entre 2014 et 2015). L'intérêt de cette représentation (Figure I-4) est d'affiner l'analyse dynamique conduite grâce au module tube layout : elle permet de visualiser les relations entre les clusters sur la période la plus récente, ce que la représentation en tube ne permettait pas. Par ailleurs, plutôt que de reprendre la période 2012-2015 proposée par le logiciel, cette carte se restreint à la période 2014-2015, ce qui permet de compléter l'analyse dynamique en étudiant les évolutions les plus récentes. Par souci d'obtenir un bon contraste, cette carte est comparée à la carte générale de la période 1976-2015.

La carte affiche les 200 identifiants thématiques les plus fréquents du sous-corpus pour des articles publiés entre 2014 et début 2015. Le sous-corpus comprend 749 références, les identifiants thématiques se répartissent en 10 clusters de taille hétérogène.

L'analyse menée ici repose sur une comparaison de la cartographie du corpus obtenue sur les articles récents avec la carte globale (Figure I-2) qui couvre toute la période (1976-2015) (749 vs. 5 730 références).

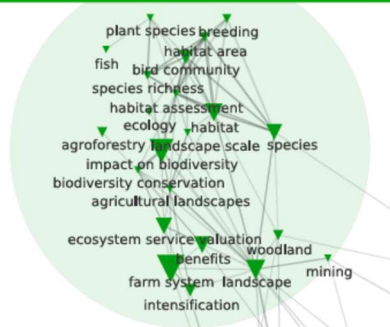
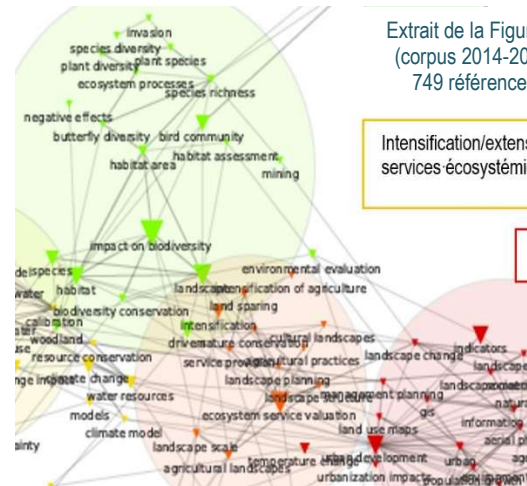
La carte de la période récente est assez proche de celle de la période complète. A quelques différences près, on y retrouve les mêmes clusters, les mêmes thématiques sont étudiées. C'est sur les différences entre ces deux cartes que porte l'analyse, de façon à voir si elle permet de confirmer les évolutions identifiées à partir du module tube layout.

- Le cluster de la carte principale consacré aux bioénergies se retrouve presque à l'identique, ce qui est cohérent avec le fait que cette thématique soit apparue tardivement dans le champ de l'étude. Sur la carte récente, ce cluster, de taille importante, associe des identifiants thématiques centrés sur les réorientations comme « biofuel », « energy », à un impact environnemental principal décrit par l'identifiant thématique « GHG emission ». En termes de méthodes d'étude, c'est principalement l'analyse de cycle de vie qui ressort, avec l'identifiant thématique « LCA ». Les clusters « gestion des écosystèmes forestiers » et « flux de carbone, NO₂ et CH₄ » sont eux aussi très bien conservés d'une période à l'autre.



- 38

1-Intensification, services écosystémiques, paysage, CAS* et biodiversité

Intensification/extens
services écosystémiques

- Les clusters « pratiques agricoles, CAS et ressources en eau » et celui qui concerne la « modélisation des changements climatiques » fusionnent dans la période récente (Figure I-6). Dans la période complète de l'étude, le changement climatique se situait à l'interface de plusieurs thématiques (flux de GES, urbanisation et eau). Sa fusion avec le cluster « pratiques agricoles, CAS et ressources en eau » indique que sur la période récente, le changement climatique est évoqué essentiellement par des études concernant la ressource en eau, qualité et quantité. Comme conjecturé dans l'analyse dynamique, les identifiants thématiques de ce cluster indiquent que les articles correspondants traitent aussi bien des impacts en termes de CAS de modifications des régimes des pluies dues au changement climatique que de l'impact du développement de nouvelles zones de cultures (permises ou rendues nécessaires du fait du changement climatique) sur les ressources en eau au niveau local.

2-Pratiques agricoles, CAS* et ressources en eau (quantité en qualité)

3-Modélisation des changements climatiques et CAS*

CAS*ressources· en· eau· et·
changements·climatiques·¶

39

- Le cluster urbanisation reste pratiquement inchangé avec toutefois une modification importante : l'identifiant thématique « LU Policy » s'en autonomise pour prendre une position charnière entre les thématiques qui concernent les réorientations de type urbanisation, forêt, bioénergies et les évaluations des impacts environnementaux via la méthode basée sur « les services écosystémiques ». Ceci semble montrer l'enrichissement des objectifs visés dans les politiques de changement d'affectation des sols, ou du moins dans les articles qui les étudient. On peut faire l'hypothèse que les « LU policies » intervenaient jusqu'ici comme un élément de contexte pour des articles centrés sur le développement urbain, et que dans la période récente elles deviennent un objet d'étude en soi, avec toutes leurs implications sur les différents compartiments du territoire.

- Sur la période complète, « pasture land » est le principal identifiant thématique d'un cluster assez pauvre (qui comporte essentiellement les identifiants thématiques « grass » et « grazing intensity ») et s'articule plutôt avec des identifiants thématiques appartenant à d'autres clusters, celui sur la biodiversité et celui sur les ressources en eau. Ce cluster « CAS et pâturage » s'enrichit sur la période récente et rassemble d'une part les prairies et l'intensité de leur pâturage et d'autre part les « farming systems » et l'existence de terres dégradées (Figure I-7).

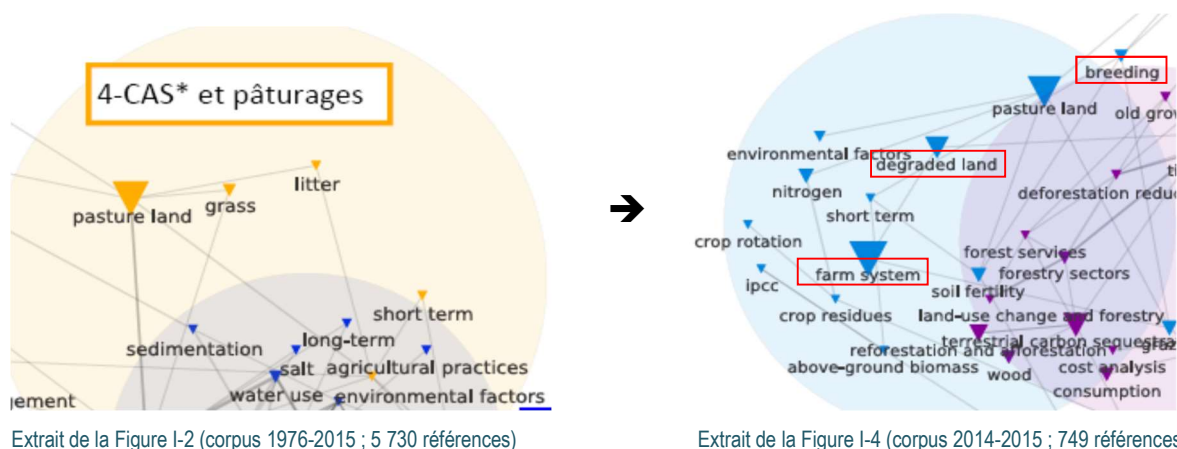


Figure I-7. Evolution des thématiques qui concernent l'élevage

L'identifiant thématique « degraded land » a migré du cluster « urbanisation » vers ce cluster « farming system et pasture land », ce qui semble indiquer que les études récentes s'intéressent plus aux terres dégradées dans le contexte de leur usage comme pâtures que dans celui de l'artificialisation des sols agricoles. « breeding » a migré depuis le cluster « biodiversité », même si l'identifiant thématique « breeding » y reste très lié.

D'autres identifiants thématiques en rapport avec le potentiel de séquestration viennent se placer dans ce cluster « farming system et pasture land », ce qui semble montrer un renouvellement de l'approche mise en place dans les études qui concernent les prairies : moins d'études qualitatives de la biodiversité et plus d'études sur la conduite des prairies et leur impact sur le milieu et les ressources naturelles. Cependant, les deux identifiants thématiques « cattle » et « dairy production » restent eux dans le cluster bioénergie, ce qui semble confirmer que les études récentes en rapport avec la réorientation qui touche à l'élevage sont traitées sous l'angle des concurrences food/feed/energy.

- L'identifiant thématique « food security » migre du cluster bioénergie vers le cluster des Land Use policies, et se retrouve plus en prise avec l'urbanisation (Figure I-8). Cela renforce l'idée, déjà déduite de la carte générale, que les « Land Use policy » sont étudiées dans toutes leurs implications et non plus seulement comme un élément de contexte. Cette tendance s'observait déjà sur la carte générale, où « food security », bien qu'appartenant au cluster « bioénergies » en sortait déjà et était déjà très lié au cluster « urbanisation » via l'identifiant thématique « population growth ». Les études récentes traitant de CAS ne semblent donc plus aborder les questions de food security uniquement sous l'angle de la concurrence pour l'usage des sols entre la production alimentaire et la production de bioénergie, mais les replacent comme dépendant des politiques de land use, élargissant ainsi la gamme de leur déterminants potentiels, au-delà de la seule approche concurrence food/fuel.

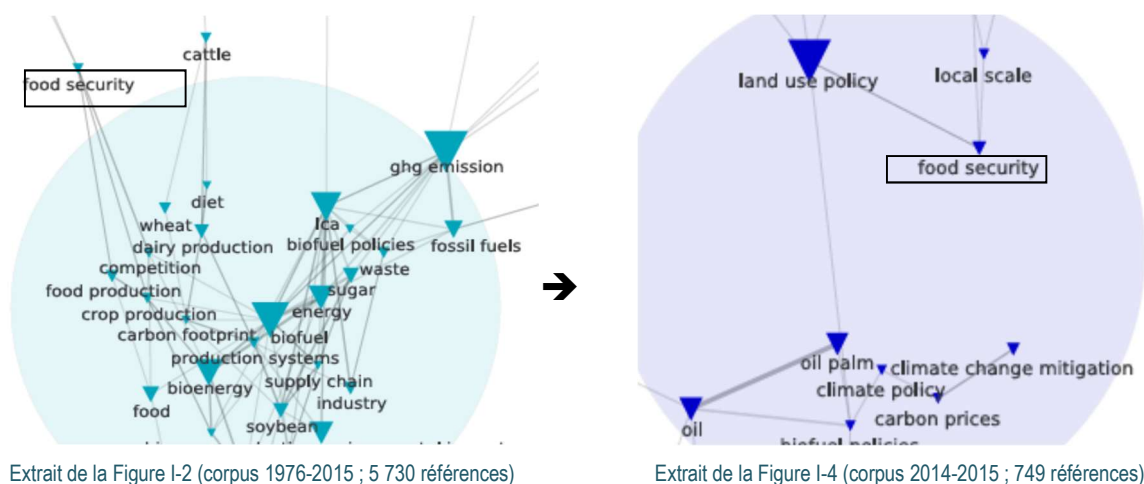


Figure I-8. Tendances récentes en rapport avec le secteur alimentaire

Cependant, cette approche Fuel/food reste très présente sur la période récente, puisque les autres thématiques concernant l'alimentation sont représentées de la même manière pendant les deux périodes. Ainsi, les identifiants thématiques « food », « food production » et « diet » restent dans le cluster « bioénergies », ce qui semble confirmer, tout comme pour l'élevage, que les concurrences food/feed/energy restent un angle d'attaque privilégié.

3.5. Principaux enseignements de l'analyse sur l'ensemble du corpus

A partir d'une équation de recherche qui cible la chaîne causale réorientation → CAS → impacts, un corpus de 5 730 articles a été délimité. L'application d'une méthode d'analyse textuelle a permis une première approche de ce corpus en trois étapes :

- L'extraction et l'analyse des termes les plus cités (> 500 occurrences) donne une première idée des thématiques traitées dans le corpus.
- La projection sur une carte de co-occurrences des 150 termes les plus cités permet de définir huit clusters qui sont autant de thématiques principales traitées dans le corpus et de faire une première interprétation de leurs interactions.
- L'étude de la dynamique dans le temps de ces thématiques, complétée par une analyse des publications les plus récentes permet de mieux comprendre les interactions entre les termes au sein d'un cluster et les interactions entre clusters.

Cette démarche a ainsi permis d'obtenir une première vision du corpus sans nécessiter d'entrer dans le contenu des articles. Plusieurs enseignements en ressortent :

- Les réorientations dans l'espace agricole qui apparaissent très liées à un changement d'affectation des sols sont l'urbanisation, le développement des bioénergies (apparues dans la littérature dans les années 2000), les changements dans la gestion des écosystèmes forestiers, et, dans une moindre mesure, la gestion des prairies.
- Les principaux éléments de contexte sont le changement climatique et les politiques agricoles (land use policy).
- Les impacts environnementaux les plus étudiés dans le corpus concernent principalement la biodiversité, les émissions de gaz à effet de serre et la ressource en eau ; l'impact sur les sols apparaît de façon plus diffuse, en lien avec l'urbanisation, et dans la période récente avec la gestion de prairie.
- La production alimentaire apparaît concurrente de la production des bioénergies, sous l'effet des politiques publiques qui soutiennent ces dernières.

4. Prolongements de l'analyse textuelle sur des thématiques prioritaires

4.1. Justification des choix pour l'approfondissement de l'analyse textuelle

Les résultats obtenus grâce à la démarche d'analyse textuelle présentée dans la section 3 ont permis d'aboutir à une description du contenu du corpus suffisante pour orienter les étapes subséquentes de l'étude en fonction des objectifs des commanditaires et des recommandations du comité de suivi. Cela s'est traduit par l'approfondissement de l'étude de certaines thématiques dominantes (correspondant à l'un ou l'autre des huit clusters de la carte globale) ou au contraire émergentes, et par l'abandon de thématiques jugées non prioritaires.

Les commanditaires, en accord avec le comité de suivi de l'étude, ont ainsi suggéré d'approfondir trois thématiques très présentes dans le corpus et à l'inverse deux thématiques moins présentes que ce qui était attendu.

Parmi les réorientations fortement présentes dans le corpus, ont été retenus le développement de la biomasse énergie et de l'urbanisation, c'est-à-dire les articles décrivant les relations :

- Production de biomasse non alimentaire → CAS → Impact environnemental,
- Urbanisation → CAS → Impact environnemental.

La première thématique est une préoccupation majeure des commanditaires, depuis les premières études ayant porté sur le bilan environnemental des biocarburants. Il s'agit ainsi de poursuivre l'exploration de cette thématique en analysant ses derniers développements : prise en compte des CAS directs et indirects dans le bilan environnemental, développement des biocarburants 2G, ou de la méthanisation.

Le choix de la deuxième thématique est justifié par la mise à l'agenda politique de la question de la disparition des terres agricoles sous l'effet de l'urbanisation, et du faible recul qu'ont les commanditaires sur la littérature scientifique consacrée à cette thématique.

Parmi les impacts environnementaux fortement présents dans le corpus, c'est l'impact sur la biodiversité de tout type de réorientation impliquant des changements d'affectation des sols qui a été retenu. En effet, c'est une thématique dont l'importance d'un point de vue politique est croissante et dont la littérature scientifique n'a pas fait l'objet de synthèse récente.

Les autres thématiques que l'analyse préliminaire avait identifiées comme importantes en volume n'ont pas été retenues pour un approfondissement. La thématique « pratiques agricoles, CAS et ressources en eau » semble moins prioritaire même si, à travers les usages de l'eau, elle pourrait intégrer des arbitrages entre agriculture et ville. Sur les dernières années, ce sujet semble très lié au changement climatique ce qui fait penser qu'un approfondissement n'apporterait pas d'éléments très novateurs comparés aux études qui ont été publiées par le GIEC. C'est également le cas des thématiques concernant directement les flux de gaz à effet de serre et le changement climatique. La thématique concernant la gestion forestière devrait apparaître à travers la thématique « biomasse » ce qui n'en fait pas un sujet prioritaire en soi.

Par ailleurs, **deux autres types de réorientations et évolutions du contexte moins présentes dans le corpus** ont été retenus pour une étude approfondie : le développement de l'élevage d'une part, l'évolution de la demande alimentaire d'autre part, qui sont susceptibles d'induire des CAS et donc d'entraîner des impacts environnementaux liés à ces CAS. Ces thématiques font l'objet de préoccupations sociétales croissantes (consommation d'espace agricole pour l'alimentation animale, impact de la modification des régimes alimentaires sur les besoins en surface agricoles), sans que l'on ne dispose d'un état des lieux des connaissances scientifiques à leur sujet. En outre, dans l'étude préliminaire, ces deux sujets sont assez peu ressortis de l'analyse, ce qui peut s'expliquer en considérant que ce sont des sujets trop récents pour apparaître sur les cartes. Il s'agit ainsi de compléter la fouille du corpus sur la période récente (ex : 2014-2015) par une analyse textuelle approfondie, susceptible de les mettre au jour et de montrer sous quel angle elles sont traitées.

4.2. Méthodologie pour réaliser un focus sur les 3 thématiques majeures et prioritaires choisies

Procédure pour accéder aux trois sous-corpus

Grâce à une procédure informatique¹, les articles ayant participé à la construction des trois clusters correspondant à ces trois thématiques (les clusters n°5, 8 et 1) ont été extraits pour obtenir trois sous-corpus. Ces sous-corpus contiennent des articles qui ne se limitent pas aux seules thématiques pointées par les identifiants présents au sein de chaque cluster. En effet, un cluster regroupe des IT qui sont à la fois les plus présents et les plus co-occurents dans les articles. Mais les articles qui ont participé à la construction du cluster peuvent toucher à bien d'autres sujets, dont les IT peuvent être présents dans un autre des clusters de la carte. Les trois sous-corpus se recouvrent partiellement et représentent un total de 4 350 articles sur les 5 730 du corpus général, soit à peu près 75% du corpus (Tableau I-5).

Sous-corpus	Nombre d'articles	
Biodiversité	2 095	* Le total est inférieur à la somme des 3 clusters puisqu'un article peut être présent dans plusieurs clusters (recouvrement).
Bioénergies	1 785	
Urbanisation	2 021	
Total général	4 350*	

Tableau I-5. Nombre d'articles par sous corpus

4.3. Etude CorTexT approfondie sur chacun des sous-corpus

Pour mieux comprendre la structuration de ces trois sous-corpus, une analyse *via* l'application CorTexT similaire à celle conduite sur le corpus général a été menée sur chacun des trois sous-corpus.

Cette analyse permet de mieux comprendre comment sont articulés les articles traitant de chacune des trois thématiques. Sur les cartes représentant les thématiques de ces sous-corpus, on observe de manière plus détaillée les différents thèmes qui étaient regroupés dans le cluster de la carte globale ainsi que leurs liens avec d'autres thématiques. Cette analyse approfondie permet également de découvrir des thèmes émergents ou peu traités et d'observer quelles sont les thématiques qui sont traitées de manière spécifique dans le corpus.

Dans chacun des sous-corpus, il sera donc logique de retrouver des clusters similaires aux clusters de la carte globale puisque les sous-corpus se recouvrent partiellement d'une part, et que les articles traitent de plusieurs thématiques à la fois d'autre part.

Chaque thématique a été étudiée sur l'ensemble de la période et sur la période la plus récente. Les principaux résultats de cette analyse sont rapportés dans les sections suivantes du document.

¹ Pour chacun des 3 clusters correspondant aux 3 thématiques majeures à approfondir, les identifiants des articles du WoS ayant participé à la construction du cluster ont été extraits (*via* une requête, une fois la base de données CorTexT exportée sur sqlite), le corpus de 5 730 références a été indexé grâce à ces identifiants afin de marquer les références présentes dans chaque cluster (script « Corpus list indexer »), et enfin, grâce un script de CorTexT, 3 sous corpus ont été créés par les références liées à chacune de ces 3 thématiques.

La Figure I-11 représente le rapport du nombre d'articles étudiés dans le sous-corpus bioénergies au cours du temps par rapport au nombre d'articles publiés dans le WoS. Elle est analogue à celle obtenue pour le corpus global. Elle montre une cinétique de croissance lente au tout début jusqu'en 2006 où la part relative du nombre de publications par rapport au WoS subit une croissance rapide ce qui renseigne sur l'augmentation de l'intérêt porté sur la thématique.

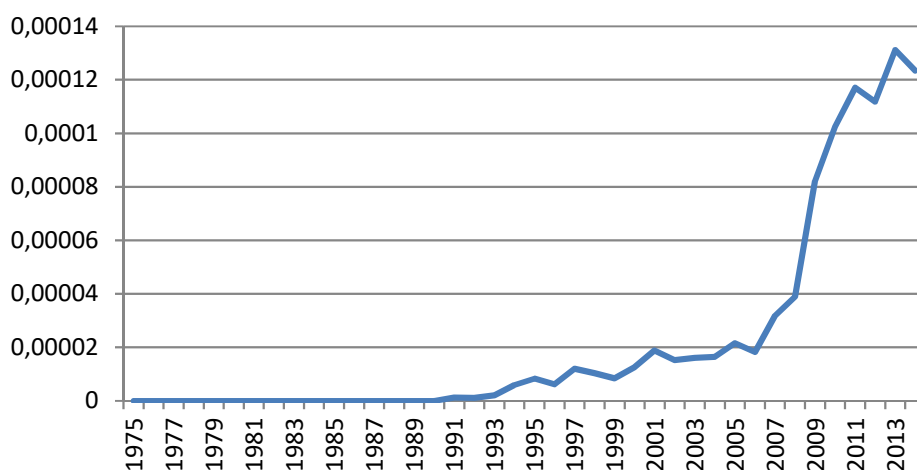


Figure I-11. Evolution du nombre d'articles étudiés dans le sous-corpus Bioénergies au cours du temps par rapport au nombre d'articles publiés dans le WoS

Le Tableau I-6 liste les revues les plus fréquentes pour les articles de ce sous-corpus.

Revue	Nb art.
BIOMASS & BIOENERGY	87
INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT	70
GLOBAL CHANGE BIOLOGY BIOENERGY	52
ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	50
ENERGY POLICY	43
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	40
ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS	39
AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT	36
CLIMATIC CHANGE	33
APPLIED ENERGY	33
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA	32
LAND USE POLICY	32
BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR	32

Tableau I-6. Principales revues concernées (1990-2015) (nombre d'articles >30)

5.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Bioénergies » - 1990-2015

Le Tableau I-7 contient les identifiants thématiques les plus fréquents dans le dictionnaire extrait à partir des articles qui ont formé le cluster Bioénergie dans la carte globale. Certains identifiants thématiques sont relativement plus représentés dans ce sous-corpus que dans le corpus global : c'est le cas notamment de LCA, bioenergy, energy, carbon. A l'inverse, certains sont sous-représentés par rapport à leur rang dans le corpus global : il s'agit notamment de pasture land et « impact on biodiversity ». De façon plus précise, les identifiants les plus fréquents du cluster (n°5) de la carte globale à partir duquel a été construit ce corpus se retrouvent de façon logique dans cette liste (surlignés en bleu). Mais des identifiants qui sur la carte globale appartenaient à d'autres clusters sont

également présents : farm systems et « Impacts on biodiversity », qui structurent le cluster n°1 consacré à la biodiversité, « land use policy » présent dans le cluster n°8 consacré à l'urbanisation, « carbon » issu du cluster n°6 consacré aux flux de GES, et « pasture land » issu du cluster n°4. Ceci est dû au fait que les articles centrés sur les bioenergy abordent conjointement d'autres thématiques, soit sous l'angle des options entre plusieurs usages des terres (cultures, prairie, urbanisation), soit en termes d'impacts (GES, biodiversité).

La Figure I-12 représente une analyse approfondie du cluster « Bioénergies ».

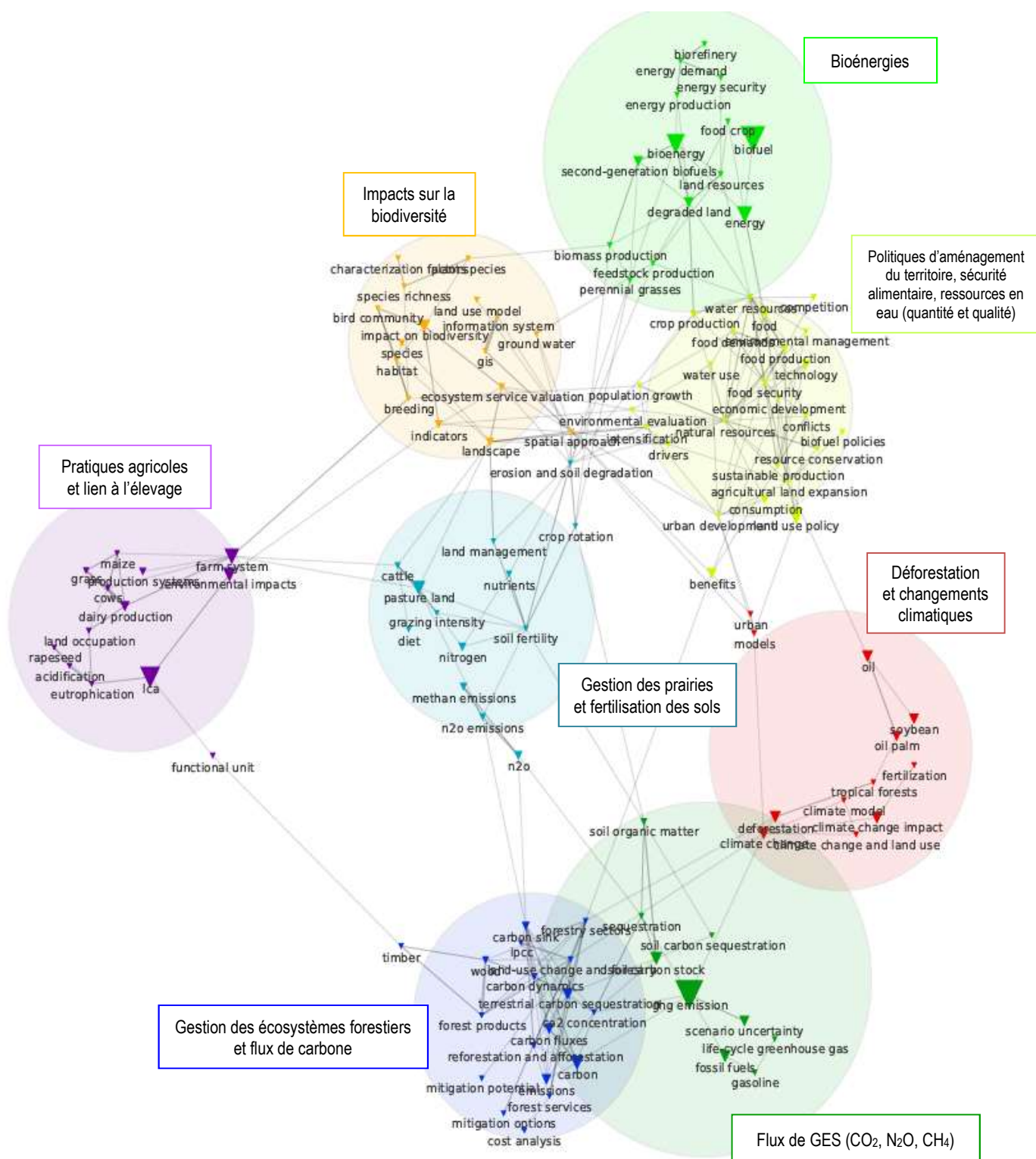


Figure I-12. Cartographie du sous-corpus Bioénergies sur la période globale

Index	Dans le corpus "Bioénergies"		Rang dans le corpus global
	Nombre occ.	Rang	
GHG emission	2842	1	1
Biofuel	2462	2	3
LCA	1312	3	10
Bioenergy	1182	4	11
Land use policy	975	5	2
Energy	857	6	21
Farm system	737	7	4
Carbon	602	8	15
Pasture land	592	9	5
Environmental impacts	559	10	18
Impact on biodiversity	524	11	7

Tableau I-7. Principaux identifiants thématiques de l'index (1990-2015) (nombre d'occurrences >500)

Une analyse textuelle reprenant les mêmes paramètres que ceux de la carte globale (affichage des 150 identifiants thématiques de l'index les plus fréquents dans ce sous-corpus) a été appliquée aux articles du cluster bioénergie de la carte globale (cf. Figure I-2). Ces 1 785 articles ont tous été publiés entre 1990 et 2015, et sur cette période quatre pôles sont identifiés (Figure I-12).

- Un pôle constitué d'un cluster centré sur la réorientation bioénergie relié d'une part à un cluster associant les enjeux de « land use policy » et « food security » aux questions de gestion des ressources en eau, et d'autre part à un cluster décrivant les impacts sur la biodiversité et les méthodes pour les étudier (Figure I-13). On retrouve donc hypothétiquement les deux tendances des études consacrées aux bioénergies : leur concurrence avec les autres usages des sols, notamment la production alimentaire, et leurs principaux impacts, sur la biodiversité et l'eau

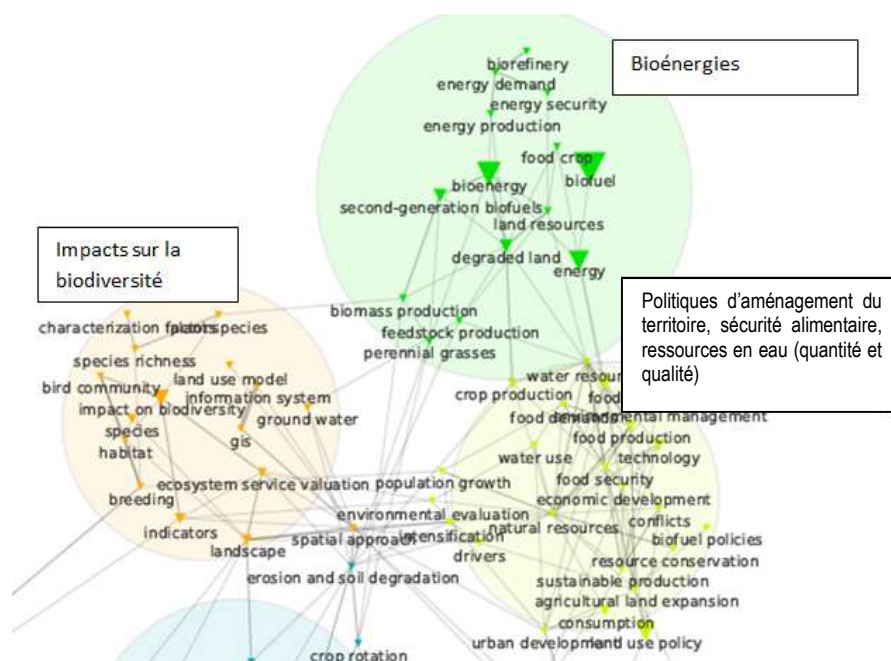


Figure I-13. Un pôle sur les réorientations vers la ville et les bioénergies – Extrait de la Figure I-12

Comparé avec son équivalent sur la carte générale, le cluster « bioénergies » est constitué d'un ensemble d'identifiants thématiques plus resserrés autour de la problématique de l'énergie et des bioénergies, avec deux identifiants thématiques assez fréquents, « bioenergy » et « biofuel », et où les biocarburants de seconde

génération (2G) sont présents. Le fait de restreindre le corpus à la thématique biomasse non alimentaire permet ainsi de rendre plus visibles sur les cartes des IT très importants pour la compréhension du sujet. Ces derniers sont bien reliés à un IT qui apparaît dans ce cluster, les terres dégradées, IT lui-même relié au cluster « land-use policy » par des IT du domaine de la sécurité alimentaire. Cela peut traduire le fait que l'on cherche des solutions pour éviter la compétition entre la production de biomasse énergie et la production alimentaire (en valorisant des terres dégradées pour la production de biofuels, notamment les 2G, censés s'accommoder de terres moins fertiles).

- Un pôle des réorientations vers l'élevage (Figure I-14)

Ce pôle est composé d'un seul cluster centré sur les « farming systems » et en lien à l'élevage notamment laitier. Il est relié à celui sur la gestion des prairies *via* « cattle », « pasture land » et « farm system ». Il est également lié au cluster qui concerne les impacts sur la biodiversité. Il englobe le couple d'identifiants thématiques « LCA » et « environmental impact », qui témoigne de la place privilégiée des ACV dans les études d'impact environnemental ; il est cependant plus difficile d'interpréter le positionnement de ces deux IT en lien direct avec les questions d'élevage plutôt qu'avec celles de bioénergie.

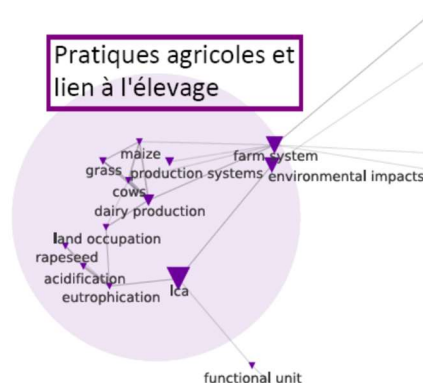


Figure I-14. Pôle sur les réorientations élevage – Extrait de la Figure I-12

- Pôle des flux de carbone : trois clusters, très liés entre eux, consacrés aux flux de GES donc plutôt centrés sur les impacts (Figure I-15).

Ce pôle est articulé autour d'un cluster de taille importante localisé au centre et qui concerne les émissions de GES mais aussi la séquestration du carbone dans le sol. Il est relié à un cluster consacré à la déforestation en zone tropicale, citant notamment la production de soja et d'huile de palme. Il s'articule enfin à un 3^e cluster déclinant spécifiquement la question de la séquestration de carbone par les forêts présentant des options de mitigation.

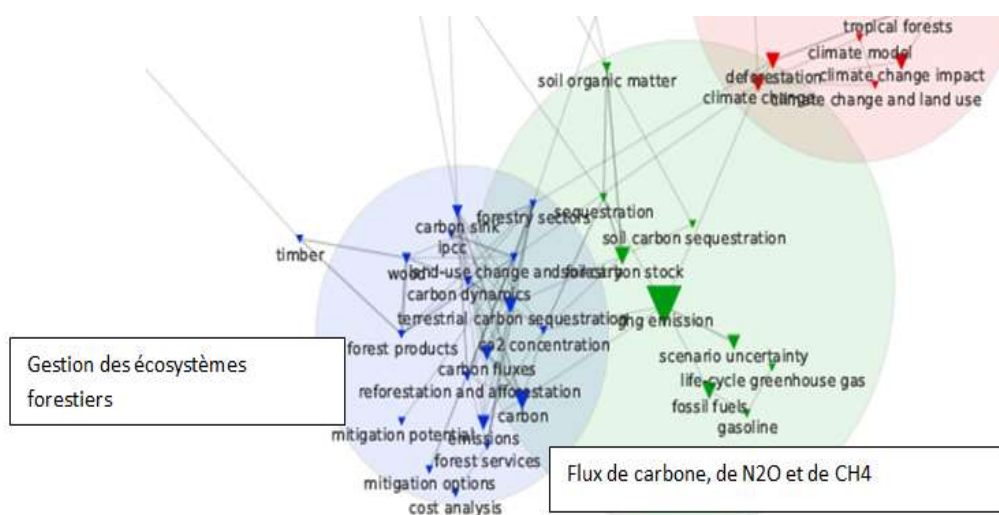


Figure I-15. Pôle sur les flux de carbone – Extrait de la Figure I-12

- Pôle au centre de la carte : le cluster sur la gestion des prairies et les émissions de CH₄ et N₂O. (Figure I-16)

Ce pôle concerne la gestion des prairies et des sols, il occupe une place centrale, reliée aux trois autres pôles :

- Les identifiants thématiques « methane emissions » et « N₂O emissions » le rattachent au pôle sur les flux de gaz à effet de serre.
- Les identifiants thématiques « cattle » et « pasture » sont liés au pôle sur l'élevage.
- Les identifiants thématiques « soil fertility » et « erosion and soil degradation » font le lien avec le pôle sur les bioénergies et sur l'impact sur la biodiversité.

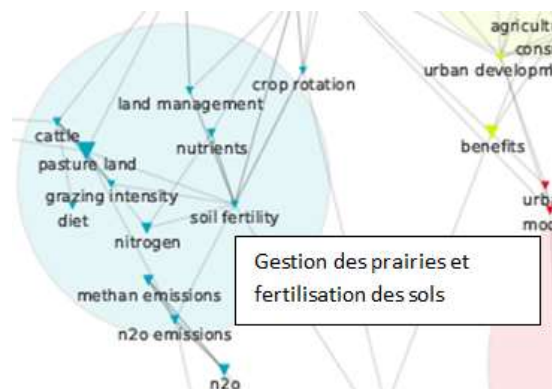


Figure I-16. Pôle sur la gestion des prairies – Extrait de la Figure I-12

Ces identifiants thématiques expliquent ainsi la position centrale de ce cluster qui concerne la gestion des prairies et les impacts environnementaux induits par leur transformation en zone de culture ou leur utilisation pour l'élevage, ou encore la comparaison entre prairies et forêts, en terme de stockage de carbone dans les sols sous forme organique. Le lien entre le cluster de la gestion des prairies d'une part, les clusters des bioénergies, des impacts sur la biodiversité et de celui concernant la sécurité alimentaire d'autre part se fait de façon très intéressante via l'IT « erosion and soil dégradation » : une double interprétation est ici possible : soit il s'agit d'études montrant les impacts environnementaux négatifs du retournement des prairies pour produire des bioénergies, soit il s'agit de valoriser des terres de prairies dégradées et peu productives pour y produire des bioénergies, sans entrer trop fortement en concurrence avec la production alimentaire. Seul un retour aux articles permettra de tester ces hypothèses.

5.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Bioénergies » sur la période récente 2013-2015

La Figure I-17 représente la carte construite à partir des 150 identifiants thématiques les plus fréquents du dictionnaire extrait à partir des 587 références publiées sur une période récente (2013-2015).

Sur cette période récente, on assiste à des évolutions assez fortes par rapport à la période complète (Figure I-17) :

Le cluster bioénergies est conservé, mais une partie de la thématique alimentation vient s'y placer : « food crop » ainsi que d'autres identifiants thématiques de type « competition » ou « conflicts », ce qui amène à renommer ce cluster « bioénergies et compétition food/fuel »

Un cluster décrivant des effets de compétition pour l'usage des terres apparaît : il regroupe, autour du mot-clé « land use policy », les différents modes d'usage des sols (ville/forêt/agriculture et fuel) avec des identifiants thématiques évoquant une compétition pour les différents usages (déforestation, urban development, food security).

Les identifiants thématiques « food production », « food security » et « biofuel policy » sont les principaux liens entre les clusters précédents aux thématiques proches.

Les impacts sur les sols et l'eau que l'on trouvait dans la carte globale associés à diverses thématiques s'autonomisent dans cette carte pour former un cluster particulier ; il s'agit donc d'une thématique émergente ce qui traduit la montée dans la littérature récente des impacts de la production de la biomasse sur les ressources naturelles et pas uniquement sur les émissions des gaz à effet de serre et leurs impacts sur le réchauffement climatique.

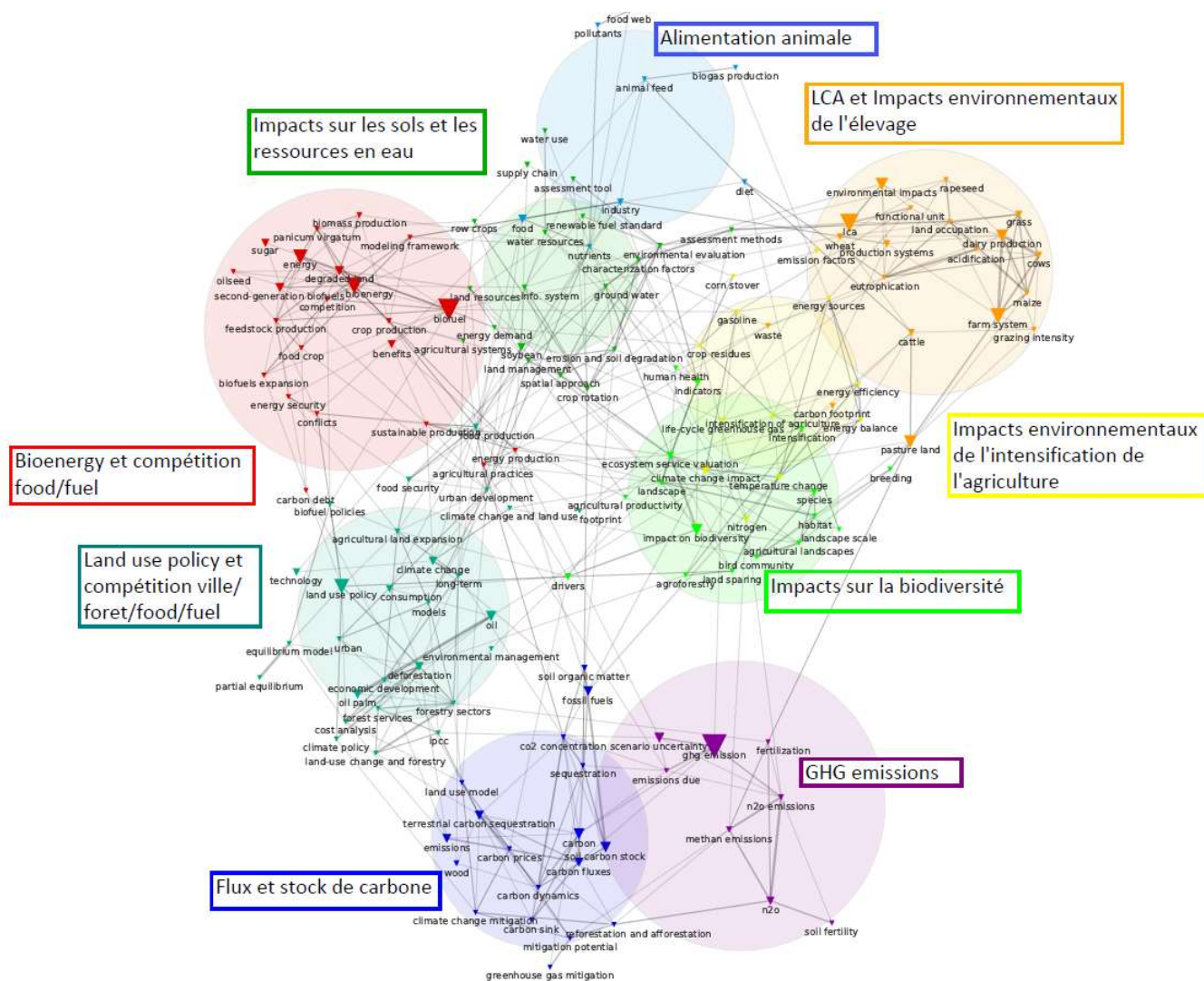


Figure I-17. Cartographie du sous-corpus Bioénergies sur la période récente 2013-2015

Le cluster « Pratiques agricoles et lien à l'élevage » fusionne avec le cluster sur la gestion des prairies et incorpore l'ensemble des enjeux liés à l'élevage ; ce qui semble indiquer une mobilisation croissante dans les études récentes, des méthodes d'analyse de cycle de vie pour étudier les impacts environnementaux de l'élevage (Figure I-18).

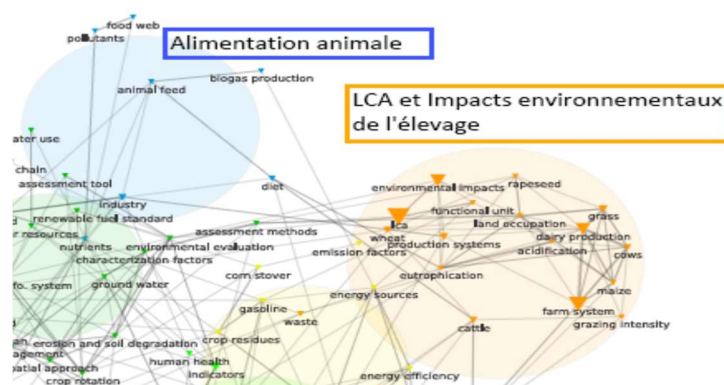


Figure I-18. Extrait de la Figure I-17 : clusters qui portent sur l'élevage

Concernant les impacts en termes d'émissions de GES, on retrouve (Figure I-19) comme sur la carte globale un cluster centré sur les GHG emissions qui embrasse l'ensemble des GES dont le méthane et le N_2O et est fortement relié avec un cluster qui concerne les flux de carbone *via* l'identifiant thématique « carbone ». Ce dernier apparaît comme une généralisation du cluster « gestion des écosystèmes forestiers » de la période complète : cela indique que dans les études récentes, la mesure de flux de carbone ne se limite plus préférentiellement à ceux de la forêt.



Deux clusters très reliés entre eux décrivent (Figure I-20) d'une part les impacts sur la biodiversité et d'autre part, les impacts sur l'eau et les sols, qui s'autonomisent donc dans la période récente. Auparavant, dans la carte globale « bioénergies », les impacts sur l'eau et le sol étaient préférentiellement reliés au cluster sur les effets de la compétition pour l'usage des terres.

[illegible]

51

Globalement, par rapport à la période complète, de plus en plus d'études s'intéressent à la concurrence food-fuel. Cette tendance est cohérente avec celle observée dans l'analyse de l'évolution des différentes thématiques au cours du temps (cf. Figure I-3), où les clusters « bioénergies » et « alimentation » fusionnent au cours de la troisième période.

5.4. Eléments à retenir de l'analyse du sous-corpus « Biomasse non alimentaire »

La réorientation vers la production de bioénergies ou biomasse non alimentaire apparaissait déjà comme une des principales dans le corpus global. Dans ce sous-corpus regroupant les articles qui en traitent plus spécifiquement apparaissent quelques différences qu'il est intéressant de relever.

La mise en contexte de cette réorientation en termes de compétition pour l'usage des sols est plus forte que pour le corpus global, et s'accroît encore dans la période récente, où l'ensemble des autres réorientations possibles (ville / forêt / food / feed) sont présentes sur la carte et bien articulées avec la réorientation « fuel ».

Concernant la caractérisation de la réorientation elle-même, le principal intérêt de ce zoom sur un sous-corpus est de faire apparaître le lien de la production de bioénergie (et notamment des biocarburants de seconde génération) avec la thématique des terres dégradées et, *in fine*, avec les « *land use policies* ». On a interprété ce lien comme une manifestation plus concrète des questions de compétition pour l'usage des terres entre la production alimentaire et celle de bioénergies évoquée ci-dessus : la valorisation de terres dégradées notamment pour la culture de bioénergies de seconde génération serait une solution pour produire des bioénergies en minimisant la compétition pour l'usage des terres avec la production alimentaire.

Les impacts environnementaux liés à la production de biomasse non alimentaire concernent avant tout les émissions de gaz à effet de serre, en lien avec les changements climatiques. Les impacts sur le paysage, le sol, les ressources en eau et la biodiversité sont présents mais à un degré moindre.

En ce qui concerne les méthodes, les analyses de cycle de vie apparaissent comme les plus utilisées.

6. Approfondissement de l'étude sur la thématique « urbanisation »

Ce cluster (Figure I-21) est construit à partir des termes extraits de 2 021 références.

Il occupe une position assez centrale dans le corpus global (5 730 articles), fortement relié aux 7 autres clusters.

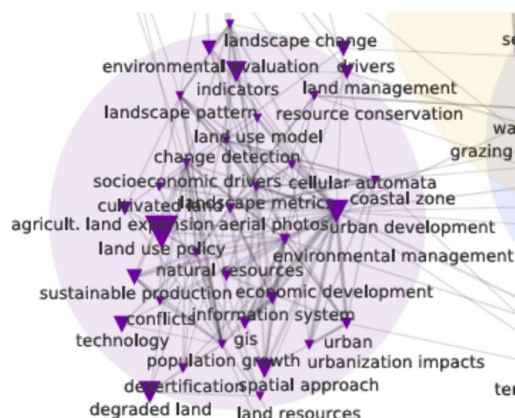


Figure I-21. Cluster 8 de la carte du corpus global 1976-2015 (extrait de la Figure I-2)

Comme pour le sous corpus précédent, les références à partir desquelles il a été construit ont été extraites et ce afin de réaliser des cartes de co-occurrences des 150 identifiants thématiques les plus fréquents de l'index.

Cette analyse plus fine est particulièrement pertinente pour ce cluster qui regroupe un grand nombre d'identifiants thématiques liés à l'urbanisation très interconnectés, ce qui rend ce cluster difficile à interpréter en l'état.

6.1. Description du sous-corpus « Urbanisation »

La Figure I-22 représente l'évolution du nombre de publications dans le temps. Cette thématique n'a commencé à être étudiée dans la littérature scientifique qu'à partir de l'année 1992.

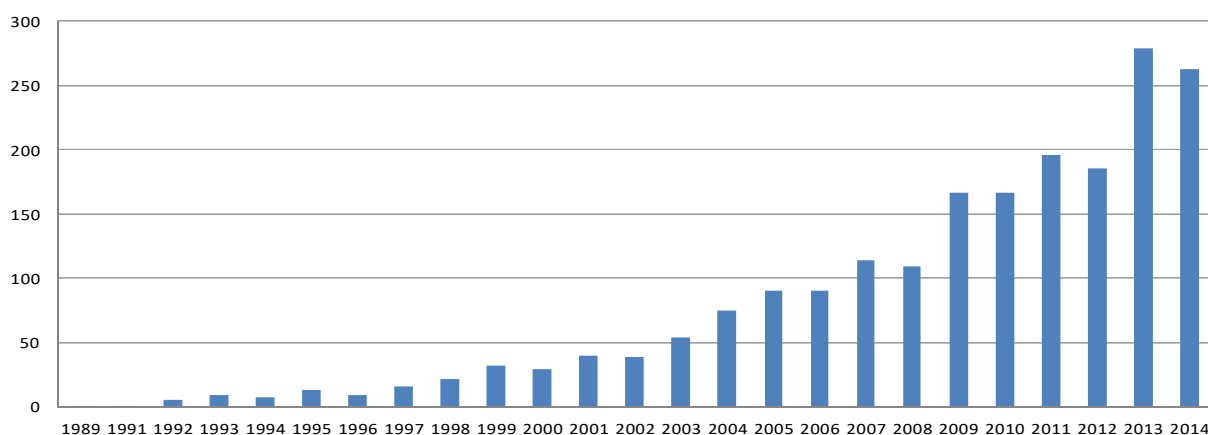


Figure I-22. Evolution du nombre d'articles étudiés dans le sous-corpus « Urbanisation » (2 021 références) au cours du temps

La Figure I-23 représente le nombre d'articles publiés dans le sous corpus urbanisation par année rapporté au nombre d'articles publiés dans le WoS par année. Le nombre de publications augmente au cours du temps plus rapidement que le rythme d'accroissement de l'ensemble du WoS, ce que traduit la courbe.

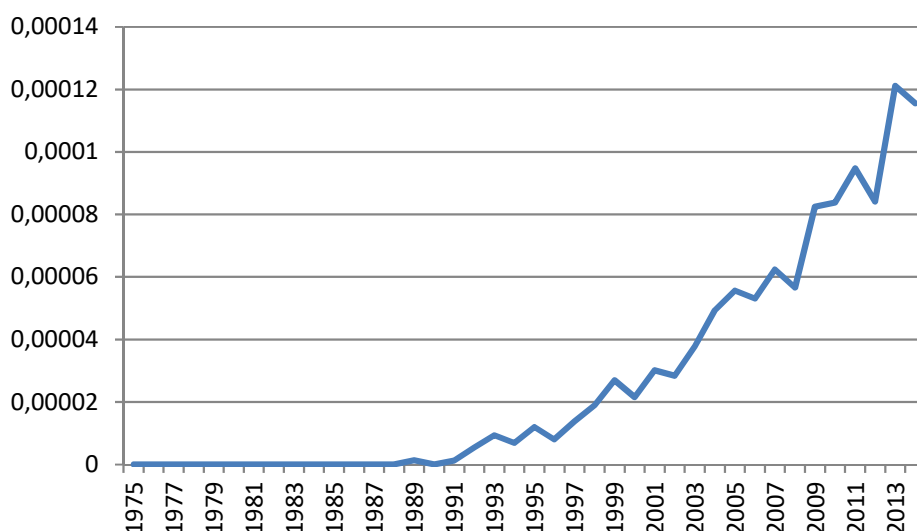


Figure I-23. Nombre d'articles publiés dans le sous-corpus urbanisation par année par rapport au nombre d'articles publiés dans le WoS par année

Le Tableau I-8 liste les revues les plus fréquentes pour les articles de ce sous-corpus.

Revue	Nombre d'articles
LAND USE POLICY	78
LANDSCAPE AND URBAN PLANNING	65
AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT	48
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	47
ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	44
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	41
ECOLOGICAL INDICATORS	35
APPLIED GEOGRAPHY	30

Tableau I.8. Principales revues concernées (1989-2015) (nombre d'articles ≥ 30)

6.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Urbanisation » sur la période 1989-2015

Le Tableau I-9 contient le nombre d'occurrences des identifiants thématiques les plus fréquents dans le sous-corpus « Urbanisation ». Certains identifiants thématiques apparaissent relativement plus représentés dans ce sous-corpus que dans le corpus global : c'est le cas notamment de « Urban development », « Landscape », « Spatial approach », « Degraded Land » et de façon moins facilement explicable « Indicators ». A l'inverse, « Pasture land » est sous-représenté par rapport à son rang dans le corpus global, et « Impact on biodiversity » maintient exactement son rang. De façon plus précise, les identifiants les plus fréquents du cluster de la carte globale (n°5) à partir duquel a été construit ce corpus se retrouvent de façon logique dans cette liste (surlignés en bleu). Mais des identifiants qui sur la carte globale appartenaient à d'autres clusters sont également présents : « farm system », « impact on biodiversity » et « landscape », qui appartiennent au cluster n°1 consacré à la biodiversité, « pasture land » présent dans le cluster n°4 consacré aux pâturages. Ceci est dû au fait que les articles centrés sur l'urbanisation et ses impacts sur les sols abordent conjointement d'autres thématiques, soit sous l'angle des options entre plusieurs usages des terres (cultures, prairie, urbanisation) soit en termes d'impacts, ici sur la biodiversité.

Index	dans le sous-corpus "Urbanisation"		Rang dans le corpus global
	Nb occ	Rang	
Land use policy	1595	1	2
Urban development	1583	2	6
Farm system	816	3	4
Indicators	659	4	20
Landscape	607	5	9
Spatial approach	590	6	22
Impact on biodiversity	585	7	7
Degraded Land	541	8	16
Pasture land	501	9	5

Tableau I-9. Principaux identifiants thématiques de l'index (1989-2015) (nombre d'occurrences > 500)

Cette extraction permet de mieux comprendre comment sont articulés les articles qui intègrent la thématique de l'urbanisation.

Il est remarquable que sur cette carte (Figure I-24), contrairement au cluster de départ qui est très dense comparé aux autres, il n'y a que peu d'identifiants thématiques en position charnière reliant plusieurs clusters. Les clusters sur cette carte sont bien définis et les liens entre les différents clusters sont peu nombreux.

On observe un corpus divisé en 2 pôles assez distincts liés par l'identifiant thématique « spatial approach ».

- Le premier pôle est constitué de cinq clusters.

Un cluster « développement urbain », thématique la plus importante (en termes de taille) du corpus urbanisation, très lié à deux autres clusters qui concernent respectivement la problématique de l'eau (qualité et quantité, dans un contexte de changement climatique) et les impacts sur le paysage en lien avec des mots-clés relevant de drivers socioéconomiques.

Ce premier ensemble se prolonge vers un second ensemble composé des clusters « biodiversité » et « gestion des prairies dans les farming systems »

Le lien se fait uniquement par le cluster sur le paysage et drivers socioéconomiques, et plus particulièrement via les identifiants thématiques « landscape change », « drastic change » et « landscape pattern ».

- Le deuxième pôle s'articule principalement autour de l'identifiant thématique « land use policy », fortement présent.

Ce cluster sur les politiques publiques est lié d'une part à celui qui concerne la « compétition agriculture-forêt » et d'autre part à un cluster « impact des bioénergies sur les GES et la compétition fuel/food ».

Le cluster « Gestion de l'espace : effets sur les sols » qui appartient à ce deuxième pôle est fortement lié au cluster sur la compétition agriculture-forêt notamment par le lien entre « terrestrial carbon sequestration » et « soil carbon stock », et au cluster « impacts environnementaux urbains notamment sur les ressources en eau ». Il s'agit donc principalement des impacts environnementaux sur le sol et l'eau induits par la transformation de l'espace.

Ainsi le zoom sur le cluster « urbanisation » de la carte principale permet d'en clarifier le très dense réseau de co-occurrences : les études sur le développement urbain et les CAS que celui-ci implique sont fortement liées à des impacts sur la biodiversité et le paysage d'une part, sur l'eau d'autre part ; par ailleurs elles s'inscrivent, au moins en partie, dans un pool d'études qui examinent les compétitions pour les usages des terres entre food, fuel, forêt et ville, notamment par le biais des « land use policies » : on retrouve ici une structuration déjà observée depuis la « fenêtre » de la réorientation bioénergie, ce qui est cohérent.

1989-2015

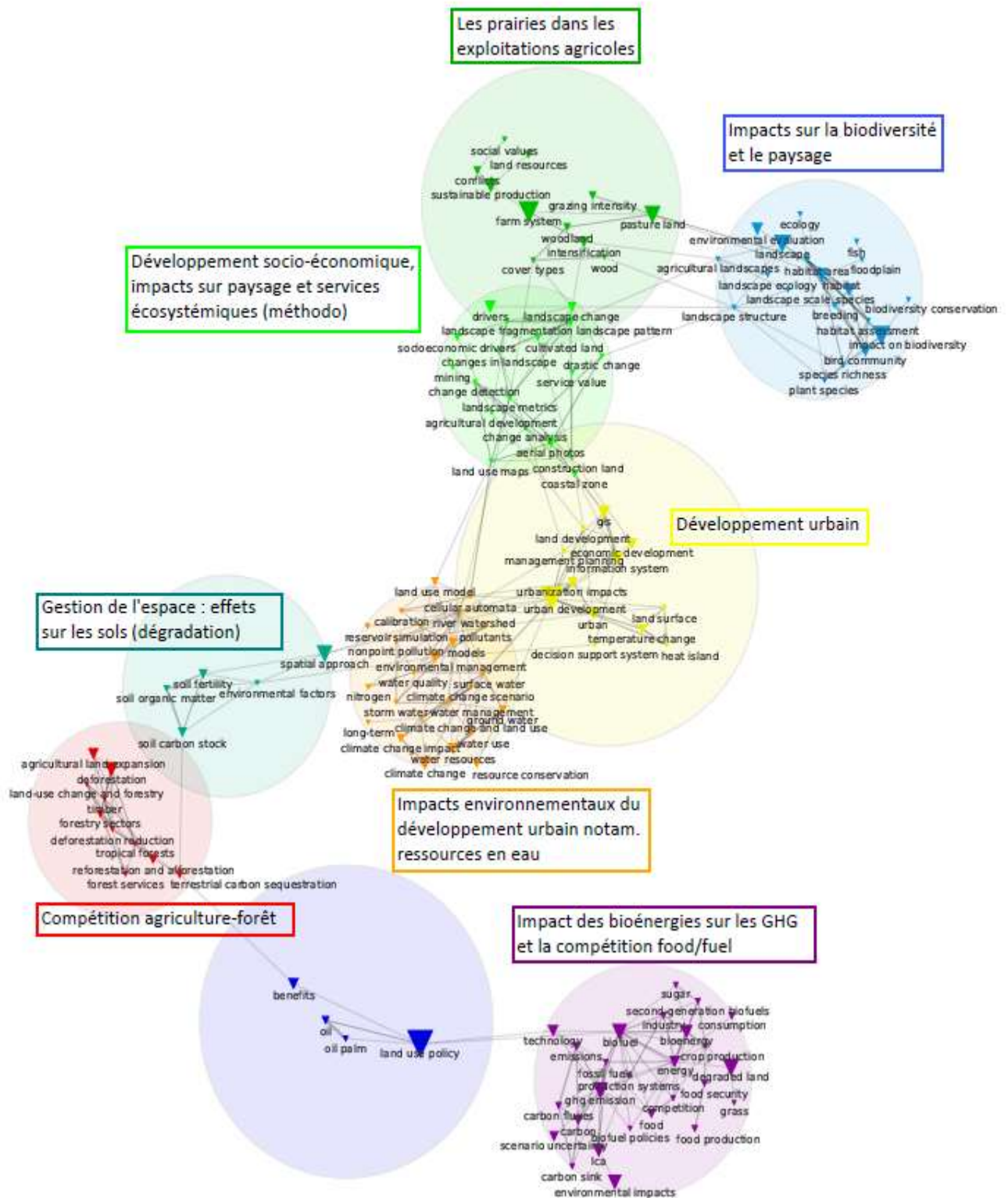


Figure I-24. Cartographie du sous-corpus « Urbanisation » sur la période globale 1989-2015

6.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Urbanisation » sur la période récente 2012-2015

Le sous-corpus « urbanisation » sur la période récente 2012-2015 est constitué de 738 références.

Par rapport à l'ensemble de la période, cette période récente fait apparaître de multiples liens entre les différents clusters (Figure I-25). Ce plus grand degré de co-occurrence des identifiants thématiques indique que les articles de ce sous-corpus récent étudient le sujet des changements d'affectation des sols de manière plus intégrée.

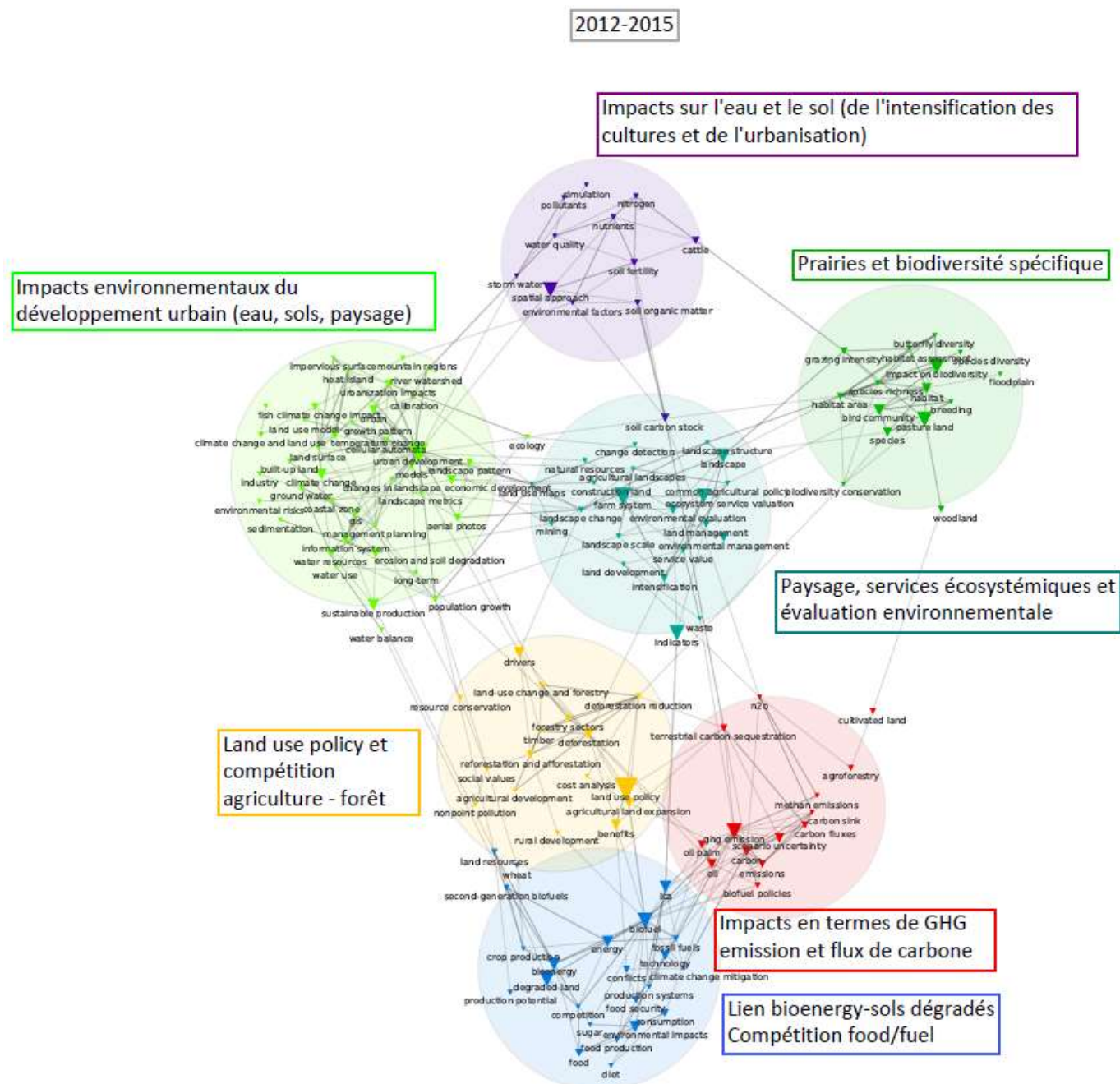


Figure I-25. Cartographie du sous-corpus « Urbanisation » sur la période récente 2012-2015

On retrouve un ensemble de clusters plus ou moins directement articulés autour de la thématique urbaine.

Un cluster est centré sur le développement urbain, dans un contexte de croissance démographique et de développement économique. Le cluster incorpore un certain nombre d'impacts de l'urbanisation parmi lesquels la gestion des ressources en eau (en quantité), des sols (dégradation) et du paysage.

Deux clusters sont fortement liés au cluster centré sur le développement urbain. D'une part, un cluster sur qualité de l'eau et fertilité des sols, que l'on peut interpréter comme le volet qualitatif des deux impacts identifiés dans le cluster développement urbain, et d'autre part, un cluster centré sur le paysage et l'évaluation environnementale des systèmes d'élevage et de leur intensification, dont l'interaction avec le cluster de développement urbain traduit probablement les interactions urbanisation-agriculture (compétition, services réciproques, externalités, etc.).

Un cluster sur lequel converge les deux précédents est consacré aux impacts sur la biodiversité (des écosystèmes naturels et des prairies) ; par sa position, il est moins directement lié au développement urbain. En effet, il n'y a quasiment pas de lien direct entre ce cluster et celui sur le développement urbain. On aurait ainsi une orientation des publications qui traiteraient des impacts de l'urbanisation sur les ressources (eau) le milieu (sol) et le paysage, les évolutions de ces trois composantes auraient elles-mêmes des impacts sur la biodiversité. Plus finement, on note que les impacts sur la biodiversité semblent évoqués surtout lorsque les thèmes de l'élevage ou de politique agricole sont présents dans les articles (lien avec « cattle », avec « common agricultural policy » par exemple).

Sur la période récente, on observe également que le cluster « bioénergies » (Figure I-26) se scinde en 2 clusters (Figure I-27). D'un côté, un cluster qui regroupe les deux angles de traitement qui émergeaient sur la période globale, la compétition avec la production de biomasse alimentaire d'une part et une relation aux terres dégradées d'autre part. D'un autre côté, un cluster qui traite des « impacts en termes d'émissions de GES et flux de carbone » et qui est plus en prise avec le développement des bioénergies.

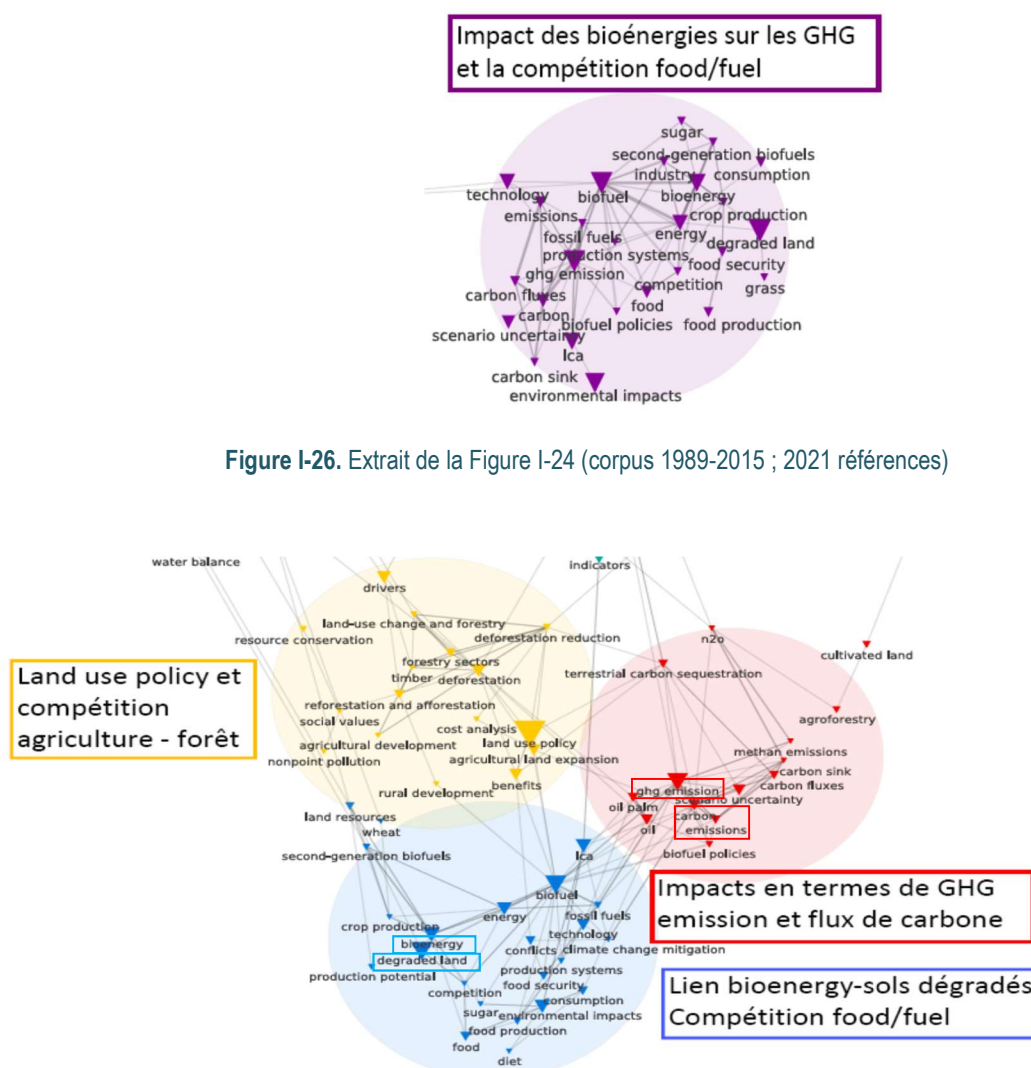


Figure I-26. Extrait de la Figure I-24 (corpus 1989-2015 ; 2021 références)

Figure I-27. Extrait de la Figure I-24 (corpus 1989-2015 ; 2021 références)

Ces 2 clusters forment, avec le cluster qui concerne les politiques de *land use*, un ensemble de trois clusters en apparence moins liés avec les thématiques urbaines.

On peut faire l'hypothèse de l'émergence d'une problématique de faisabilité du développement des cultures pour la bioénergie sur des terres marginales, tendance déjà évoquée dans l'analyse du sous-corpus centré sur les bioénergies. L'outil d'approche privilégié pour ces cas d'études est l'analyse de cycle de vie (ACV).

Le lien de cet ensemble de trois clusters avec le cluster « développement urbain » se fait *via* l'IT « population growth » notamment, ce qui dénote une problématique de compétition pour l'usage des terres.

Sur l'ensemble de la période, le cluster « land use policy » n'embarquait que l'exploitation d'huile de palme. Sur la période récente, il aborde l'ensemble des aspects « urbanisation-forêt-agriculture ». Ce cluster est par ailleurs relié au cluster sur les évaluations environnementales *via* l'identifiant thématique « intensification », ainsi qu'au cluster sur le développement urbain *via* « aerial photo » et « GIS ».

Les deux clusters « land use policy » et « bioenergy » s'articulent très fortement avec le cluster centré sur les émissions de GES et flux de carbone : cela traduit très probablement le fait que ce cluster traite de l'impact en termes de GES des deux types d'orientation décrits dans les deux clusters évoqués ci-dessus : le développement de la bioénergie (possiblement sur des terres marginales et en compétition avec la production alimentaire) d'une part, et la compétition pour l'usage des terres entre l'agriculture et la forêt d'autre part.

6.4. Eléments à retenir de l'étude du sous-corpus « Urbanisation »

L'analyse des différentes cartes et clusters montrent que la thématique « urbanisation » est abordée en lien fort avec des éléments de contexte : développement démographique et socio-économique, land use policy. Les articles du corpus ne se limitent donc pas à la description de l'artificialisation des terres seulement.

D'autres réorientations sont reliées à l'urbanisation dans un contexte de politiques publiques et de stratégies de développement : la compétition agriculture-forêt d'une part, et la concurrence food-fuel d'autre part.

Plusieurs types d'impacts apparaissent en relation avec l'urbanisation, principalement les impacts sur les ressources en eau, sur la biodiversité, sur les sols et le paysage.

Cette thématique a évolué au cours du temps, avec notamment l'apparition d'identifiants thématiques en rapport avec les terres marginales et les terres dégradées, et l'autonomisation d'un cluster en rapport avec les politiques publiques.

Dans ce corpus, les méthodologies sont renseignées dans les différents clusters, il s'agit principalement de méthodes mises en place pour l'évaluation spatiale : GIS, photo aérienne.

7. Approfondissement de l'étude sur la thématique « impacts sur la biodiversité »

Contrairement aux deux chapitres précédents, celui-ci est centré sur un impact plutôt que sur une réorientation. Il s'agit de l'impact des changements d'affectation des sols sur la biodiversité, quelles que soient les réorientations qui les ont entraînés.

Ce cluster (Figure I-28) est construit à partir de 2 095 articles.

Ces références ont été extraites afin de construire le sous-corpus « biodiversité ».

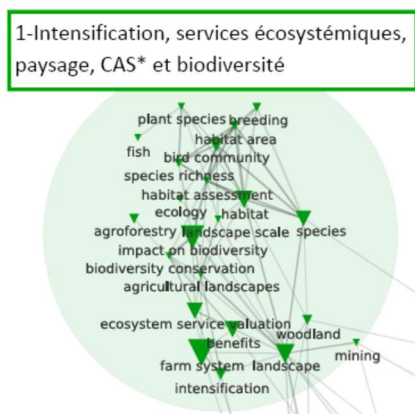


Figure I-28. Cluster « Biodiversité » de la carte du corpus global 1976-2015 (extrait de la Figure I-2)

L'étude de ce sous-corpus permet de mieux différencier les impacts sur la biodiversité (et leur origine) décrits dans le corpus.

7.1. Description du sous-corpus « Biodiversité »

Cette thématique n'a commencé à être traitée dans la littérature scientifique qu'à partir de l'année 1990 (Figure I-29). Le nombre de publication dans le sous-corpus biodiversité augmente pour passer d'une dizaine de publications en 1994 à 300 publications en 2014 ; le nombre d'articles publiés par année a été multiplié par 30 au cours des 20 dernières années.

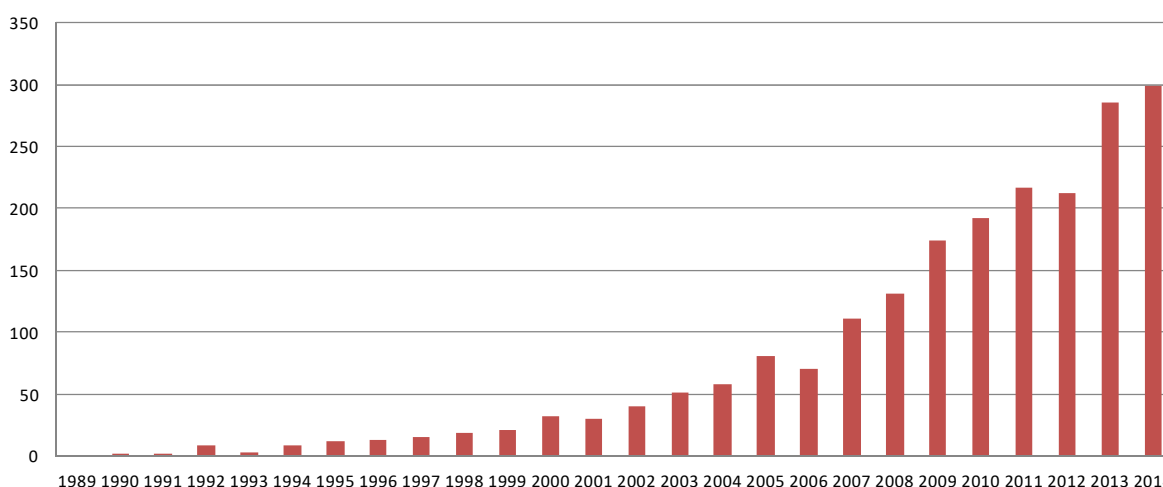


Figure I-29. Evolution du nombre d'articles étudiés dans le sous-corpus Biodiversité (2 095 références) au cours du temps

La Figure I-30 montre que la proportion d'articles du WoS qui traitent de la thématique augmente au fil des ans, comme pour le corpus général, ce qui reflète le développement de cette thématique.

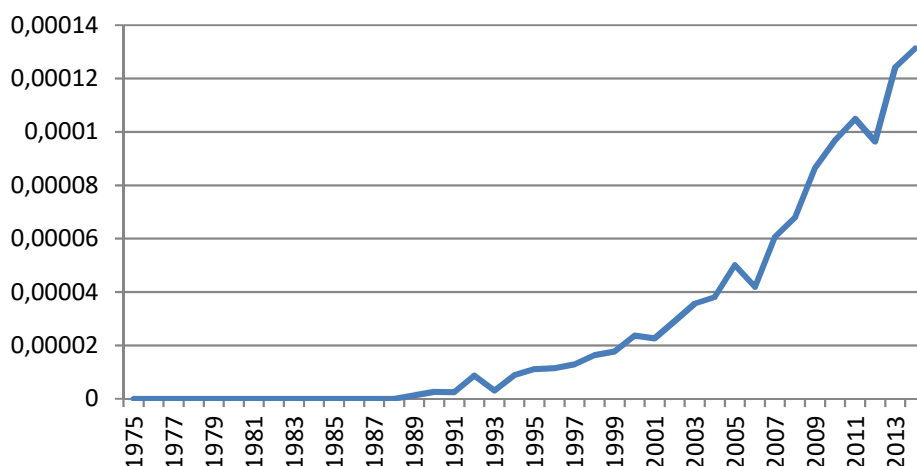


Figure I-30. Nombre d'articles publiés dans le sous-corpus Biodiversité par année par rapport au nombre d'articles dans le WoS

Le Tableau I-10 liste les revues les plus fréquentes pour les articles de ce sous-corpus.

Revue	Nombre art.
AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT	68
LAND USE POLICY	55
LANDSCAPE AND URBAN PLANNING	54
BIOLOGICAL CONSERVATION	40
PLOS ONE	37
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	35
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	33
JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	32
INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT	31
ECOLOGICAL MODELLING	30

Tableau I-10. Principales revues concernées (1989-2015) (nombre d'articles ≥ 30)

7.2. Analyse textuelle du sous-corpus « Biodiversité » sur toute la période 1989-2015

Le Tableau I-10 contient les identifiants thématiques les plus fréquents dans le sous-corpus biodiversité. Certains identifiants thématiques (Tableau I-11) sont relativement plus représentés dans ce sous-corpus que dans le corpus global : c'est le cas de tous ceux qui relèvent de la biodiversité, ce qui est cohérent : « impact on biodiversity », « landscape », « habitat », « ecosystem service valuation », « species ». A l'inverse, « land use policy » et « GHG emissions » sont sous-représentés par rapport à leur rang dans le corpus global, ce qui semble indiquer que les travaux étudiant les impacts des CAS sur la biodiversité mobilisent peu les politiques de *land use* et ne traitent pas systématiquement des impacts conjoints sur les émissions de GES. Enfin, un certain nombre de mots-clés maintiennent sensiblement le même rang que dans le corpus global : erosion and soil degradation, pasture land, et farm system.

De façon plus précise, les identifiants les plus fréquents du cluster biodiversité de la carte globale (cluster n°1) à partir duquel a été construit ce sous-corpus se retrouvent de façon logique dans cette liste (surlignés en bleu). « Farm system » est l'ID le plus présent, ce qui montre que c'est le niveau d'échelle qui reste privilégié pour étudier les impacts d'un CAS sur la biodiversité.

Index	dans le sous-corpus "Biodiversité"		Rang dans le corpus global
	Nombre occ.	Rang	
Farm system	1785	1	4
Impact on biodiversity	1498	2	7
Landscape	1327	3	9
Habitat	948	4	17
Pasture land	940	5	5
Ecosystem service valuation	896	6	19
Land use policy	888	7	2
Species	801	8	23
GHG emission	556	9	1
Erosion and soil degradation	519	10	8

Tableau I-11. Principaux identifiants thématiques de l'index (1989-2015) (nombre d'occurrences >500)

Par ailleurs, des identifiants qui sur la carte globale appartenaient à d'autres clusters sont également présents : « land use policy » qui appartient au cluster n°8 consacré à l'urbanisation, « pasture land » présent dans le cluster n°4 consacré aux pâturages, « erosion and soil degradation » issu du cluster n°2 consacré aux impacts sur sol et eau, « GHG emissions » présent dans le corpus bioénergies. Pour les trois premiers, il s'agit d'identifiants qui étaient très fortement reliés au cluster biodiversité, il n'est donc pas étonnant qu'ils se retrouvent parmi les principaux ID d'un corpus centré sur les impacts sur la biodiversité.

Le cas de « GHG emission » est différent, puisqu'il n'est pas directement en lien avec le cluster biodiversité sur la carte générale. Cependant, étant donné que c'est un des ID les plus présents dans le corpus, les chaînes de lien de proche en proche, comme GHG emission - flux de carbone dans le sol (cluster n°6) – impacts sur eau et sol (cluster n°2) - cluster biodiversité sont suffisamment fortes pour que cet ID soit présent dans un corpus centré sur les impacts sur la biodiversité. Ou, dit d'une autre façon, le nombre d'articles étudiant conjointement les impacts d'un CAS sur les émissions de GES et sur la biodiversité reste assez nombreux.

La carte de co-occurrences du sous-corpus « Biodiversité » (Figure I-31) fait apparaître clairement les principaux facteurs d'impacts sur la biodiversité.

La lecture de la carte se fait en partant des clusters les plus nettement en prise avec les questions de biodiversité et en allant vers ceux qui en sont plus éloignés.

La Figure I-31 montre la présence d'un cluster très dense « impacts sur la biodiversité ». Cette densité provient du fait qu'il regroupe non seulement des identifiants thématiques liés directement à la biodiversité (espèces, habitats), mais aussi le changement climatique, les prairies et leur exploitation. Cette proximité peut être l'indice d'études sur le recul des prairies (au profit de cultures ou de forêt) ayant un impact sur la biodiversité, soit que cette évolution se fasse sous l'effet du changement climatique (qui modifie le potentiel agronomique de terres pour la prairie), soit que l'étude mesure l'impact sur le changement climatique de ce CAS (déstockage de carbone lors du retournement d'une prairie par exemple).

Ce cluster présente des liens forts avec le cluster regroupant une série d'éléments du contexte socio-économique (land use policies, economic development), une réorientation principale (urban development, urbanisation impacts) et des mots-clés d'indicateurs concernant le paysage et services écosystémiques : on retrouve l'urbanisation comme un important facteur d'impact sur la biodiversité. Une deuxième réorientation, également en lien avec des éléments du contexte socio-économique, est présente dans ce cluster : « agricultural land expansion », qui se connecte avec un cluster consacré aux « farming systems ».

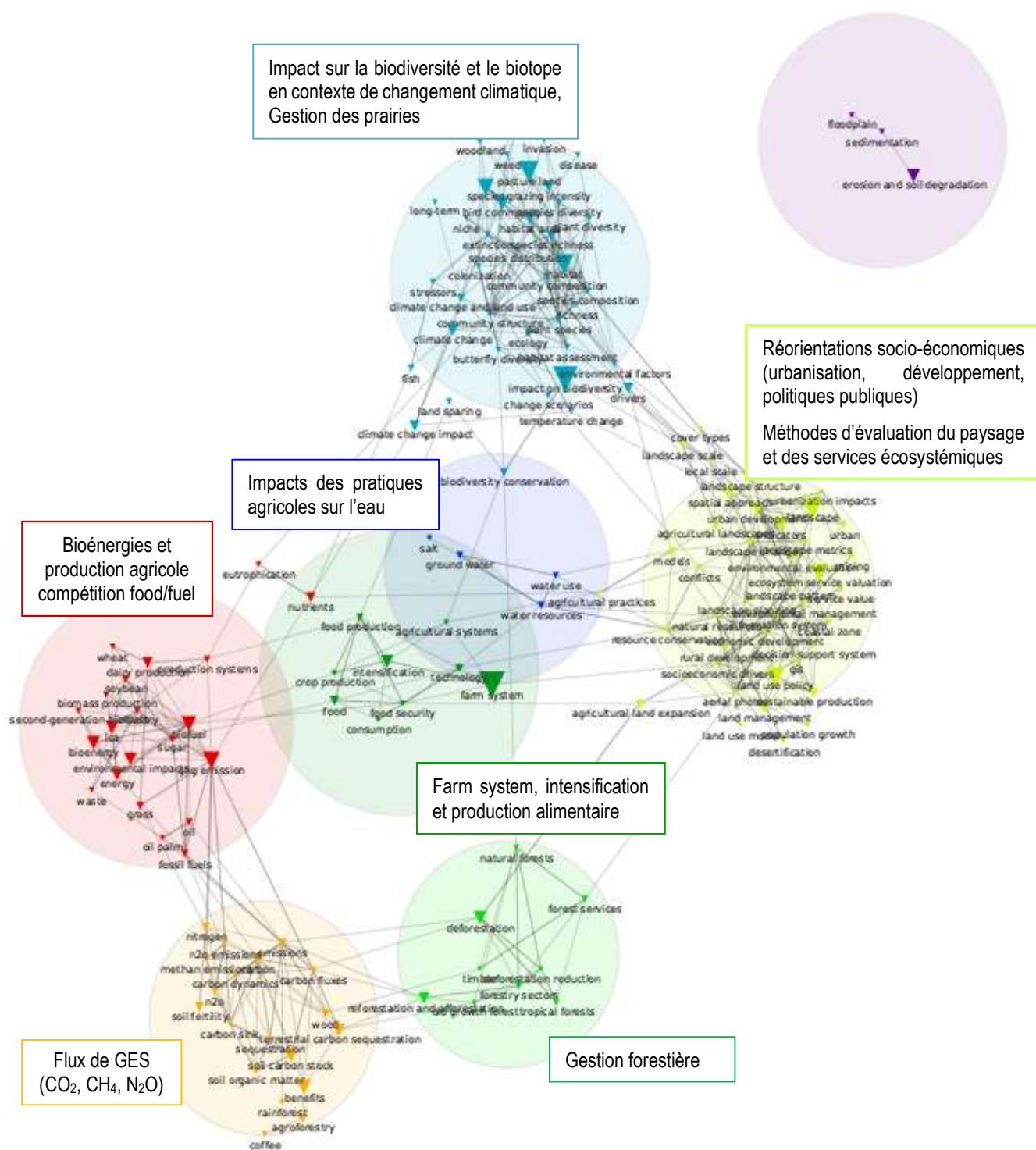


Figure I-31. Carte représentant le sous-corpus Biodiversité sur la période globale (1989-2015)

Le cluster impact sur la biodiversité est par ailleurs relié par plusieurs mots-clés concernant le contexte du changement climatique et de ses impacts à un cluster sur les bioénergies et les GES, soit directement, soit via un cluster associant farming system, sécurité alimentaire et intensification, et un cluster sur la raréfaction des ressources en eau. Ceci semble souligner la place centrale de l'exploitation agricole comme niveau d'échelle où se jouent les décisions concernant la réorientation vers les bioénergies, avec des impacts sur la biodiversité, le tout dans un contexte de changement climatique qui peut prendre aussi bien une dimension de driver que d'impact (Figure I-32).

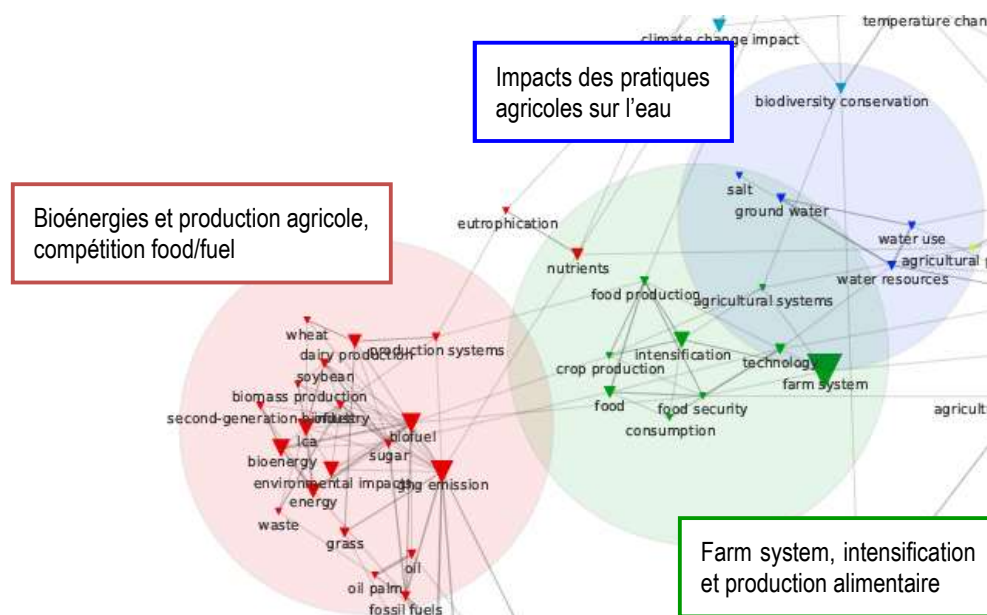


Figure I-32. Extrait de la Figure I-31

Dans le détail, les identifiants thématiques plus spécifiques aux bioénergies sont peu liés directement au cluster sur les impacts sur la biodiversité, ce qui laisse supposer que la question de la biodiversité n'est qu'un des aspects des impacts étudiés dans l'évaluation environnementale des biofuels. Les impacts des bioénergies en termes d'émissions de GES sont les plus étudiés, les identifiants « environnemental impacts » et « GHG emissions », étant présents au sein même du cluster. Le cluster est en revanche bien lié à celui sur l'intensification de la production, la sécurité alimentaire et les farming system, ce qui semble indiquer que la thématique biofuel est traitée, pour ce qui concerne les impacts, plutôt sous l'angle de la compétition feed/food/fuel, ses impacts sur la biodiversité se faisant indirectement *via* ce cluster.

Le cluster centré sur les land use policies (Figure I-33) est lié à celui sur la gestion forestière par l'intermédiaire de l'identifiant thématique « agricultural land expansion », ce qui indique probablement des articles traitant de la concurrence forêt-agriculture pour le land use.

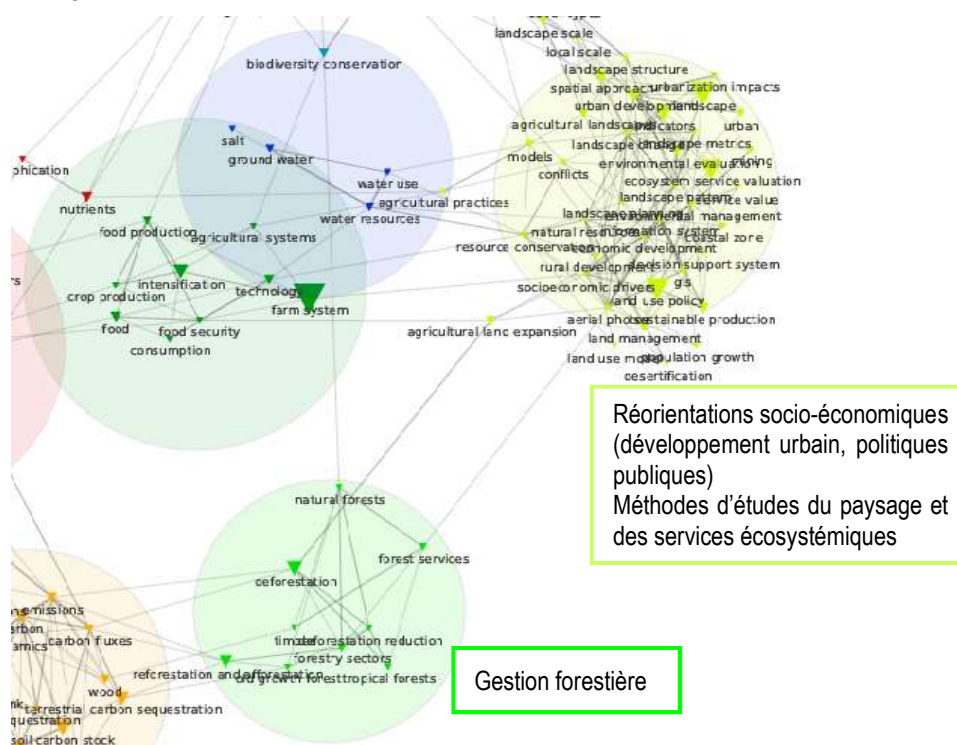


Figure I-33. Extrait de la Figure I-31

Ce cluster consacré à la gestion forestière se relie aux impacts sur la biodiversité *via* le lien entre « natural forest » et « biodiversity conservation ».

Si l'on compare la carte issue de ce sous-corpus à la carte générale de tout le corpus, on observe une structuration en un ensemble de clusters assez similaire. C'est logique si l'on considère que l'on ciblait un impact apparu comme majeur sur la carte principale, en embarquant potentiellement toutes les réorientations qui, *via* un CAS, avaient un impact sur la biodiversité. La principale différence est de voir un lien bioénergie - impacts sur la biodiversité renforcé par rapport à la carte générale : dans le corpus général, les études, nombreuses, qui ne s'intéressaient qu'au lien bioénergies - émissions de GES ont été éliminées, ce qui permet de faire apparaître plus clairement celles qui étudient aussi l'impact sur la biodiversité. *A contrario*, le lien urbanisation - impacts sur la biodiversité reste aussi fort d'une carte à l'autre, ce qui montre que les études sur l'urbanisation impliquant un CAS considèrent de façon assez systématique l'impact sur la biodiversité.

7.3. Analyse textuelle du sous-corpus « Biodiversité » sur la période récente 2013-2015

Le sous-corpus délimité pour la thématique biodiversité sur la période récente (2013-2015) contient 590 articles.

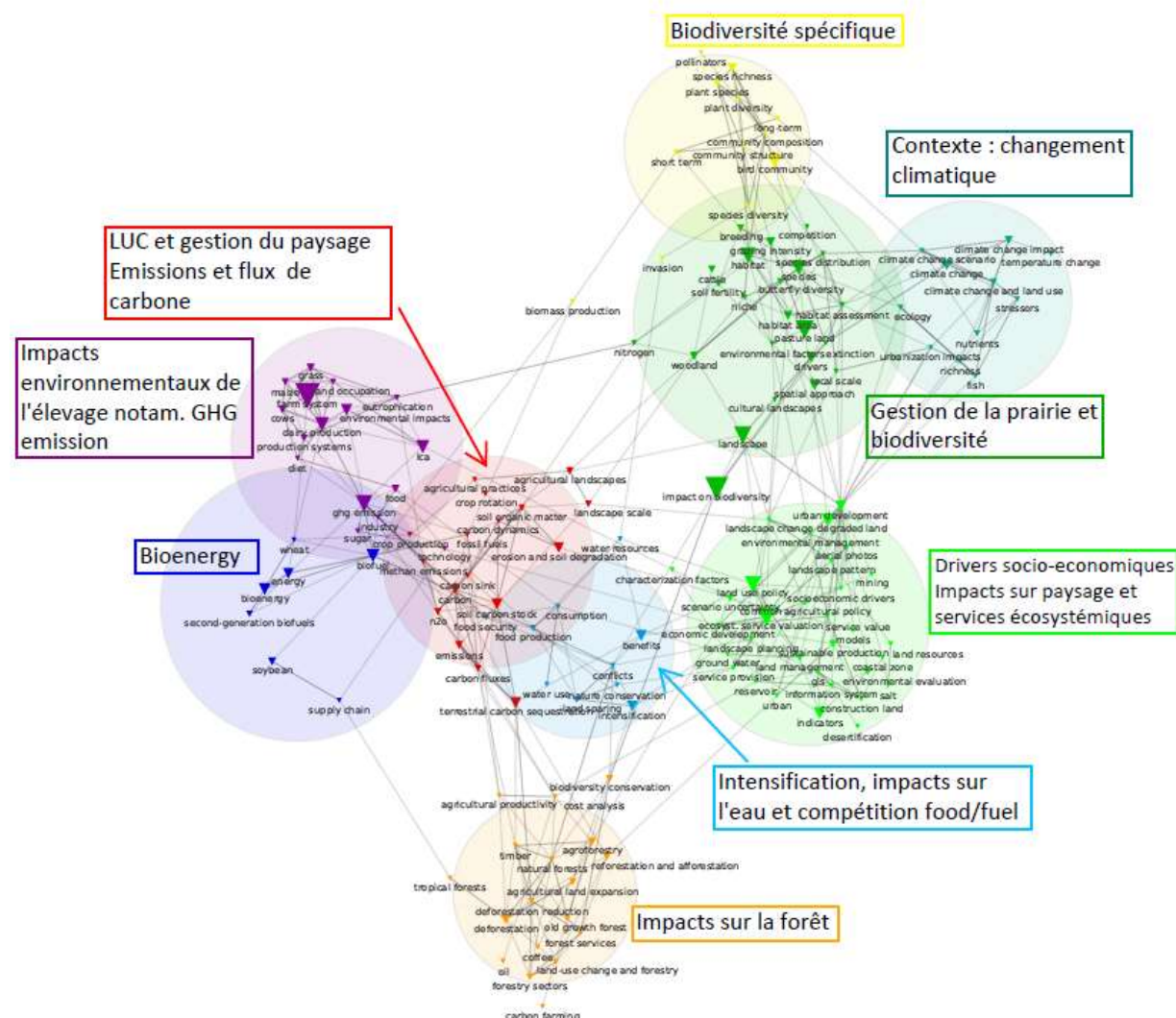
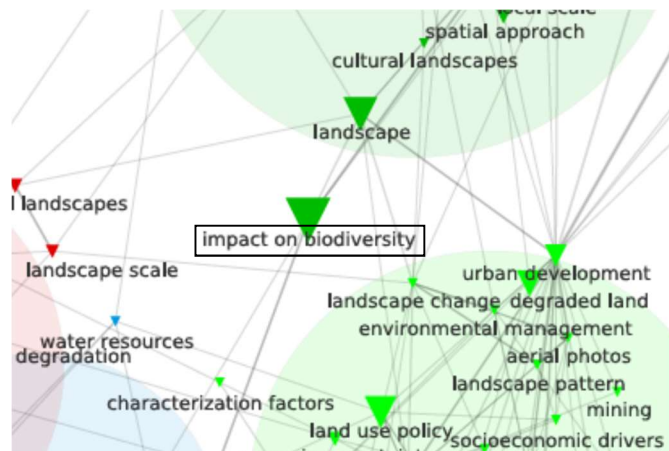


Figure I-34. Carte du sous-corpus Biodiversité dans la période récente 2013-2015

La carte de cette période récente (Figure I-34) fait apparaître des thématiques nettement plus liées entre elles que sur la carte globale. Les questions des impacts environnementaux, notamment sur la biodiversité, semblent donc plus systématiquement prises en compte dans les publications récentes.

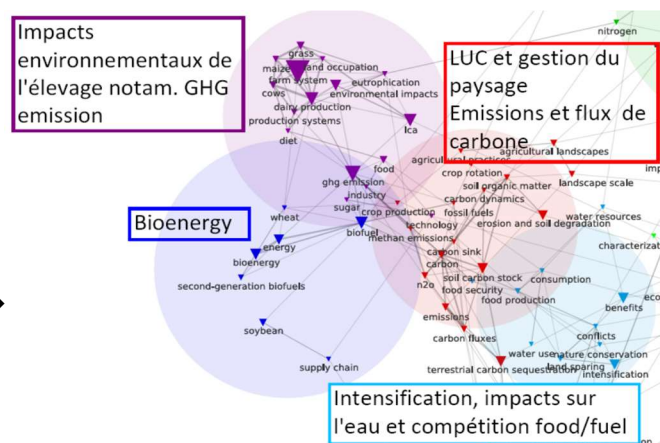
Impact sur la biodiversité et biotope
en contexte de chgt climatique
Gestion de la prairie



Extrait de la Figure I-34 (corpus 2013-2015)

On retrouve ainsi, plus fortement articulés autour de l'identifiant thématique « impact on biodiversity », les clusters :

- Sur la période récente, les thématiques « Compétition food/fuel » et « GHG emissions » sortent du cluster sur les bioénergies pour intégrer respectivement le cluster « intensification, impacts sur l'eau » et le cluster sur les farming systems et les impacts environnementaux de l'élevage (Figure I-36). Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas systématiquement liées aux biocarburants, elles sont étudiées de façon plus transversale au sein des farming systems, quel que soit le type de changement d'affectation des sols et la réorientation qui l'a induit.



Extrait de la Figure I-34 (corpus 2013-2015)

Ce cluster « Bioénergies » reste très lié :

- 66

Le cluster « Impact sur la biodiversité et biotope en contexte de changement climatique, Gestion de la prairie » de la carte générale de tout le sous-corpus biodiversité se scinde en 3 clusters qui s'autonomisent, ce qui indique une probable consolidation de leurs thématiques respectives dans la littérature.

Ces trois clusters sont :

- Gestion de la prairie et biodiversité,
- Biodiversité spécifique,
- Contexte du changement climatique.

Cela semble indiquer un intérêt croissant pour les services rendus par les prairies, non seulement en termes de stockage de carbone, mais aussi en termes de maintien de la biodiversité et de la fertilité des sols.

Éléments à retenir de l'étude du sous-corpus « Biodiversité »

L'analyse des identifiants thématiques et cartes relatives à ce corpus révèle une certaine hiérarchisation des réorientations ayant un impact sur la biodiversité : en premier lieu la gestion des prairies en lien avec le changement climatique, puis le développement urbain en lien avec les land use policies, enfin l'intensification de la production, notamment sous l'effet du développement des bioénergies.

Dans la période récente, cette hiérarchisation s'amoindrit, les impacts sur la biodiversité prennent une place plus centrale, les trois facteurs d'impacts identifiés se retrouvant avec sensiblement le même poids relatif et auxquels se rajoute le facteur de la gestion forestière, dont le lien avec la biodiversité était beaucoup plus ténu sur la carte principale.

8. Focus sur les thématiques « élevage » et « production alimentaire »

Ces deux thématiques apparaissent peu dans le corpus, du fait qu'il s'agit de sujets assez récents, mais dont l'émergence présente un intérêt important d'un point de vue prospectif.

8.1. Méthodologie mise en place

Pour ces deux thématiques peu présentes dans le corpus global, deux approches ont été conduites de manière simultanée.

La première méthode consiste à mettre en place une carte de co-occurrences des 500 identifiants thématiques les plus fréquents de l'index de 1 331 identifiants thématiques obtenu à partir du corpus global de 5 730 articles. Cette carte est construite sur le sous-corpus des articles publiés entre 2014 et début 2015 et comprend 749 références. Elle constitue donc un enrichissement de la carte de la Figure I-4 (section 3.4) qui n'incluait que les 200 identifiants thématiques les plus fréquents. Cette approche est représentée par la carte de la Figure I-37.

Le choix de 500 identifiants thématiques, qui rend la carte peu lisible, permet cependant de rendre compte de la présence de thématiques de moindre importance ou émergentes sur cette dernière période.

La deuxième méthode, quant à elle, consiste à extraire et choisir les identifiants thématiques en rapport avec l'élevage et la consommation alimentaire à partir de l'index global de 1 331 termes (construit à partir du corpus de 5 730 références).

Ces extractions ont permis de créer un index de 98 identifiants thématiques liés à ces deux thématiques, les plus fréquents étant listés dans le Tableau I-12. Une carte représentative des co-occurrences de ces 98 identifiants thématiques a été alors construite (voir Figure I-40).

Index	Nb d'occ	Index	Nb d'occ	Index	Nb d'occ
Food production	751	Cattle	173	Reproduction	55
Farmers	611	Well-being	150	Sugar	52
Farm animals	603	Manure	140	Beet sugar	49
Pasture	554	Rice	138	Beef production	49
Corn	420	Farming systems	132	Beef	46
Feed	383	Diet	126	Legume	45
Livestock	374	Forage	121	Sorghum	44
Livelihood	352	Coffee	112	Fatty acid-Lipid	44
Grass	339	Cereal	105	Grazing management	41
Health	312	Pasture land	95	Food insecurity	40
Food	298	Rice cultivation	94	Overgrazing	40
Soybean	297	Rapeseed	84	Pig	39
Oil palm	290	Wine	84	Vegetable	39
Sugarcane	288	Water consumption	75	Mammals	38
Fish	274	Fruit	75	Food supply	38
Grazing	273	Livestock production	74	Nutrition	37
Methane	248	Sheep	73	Human consumption	36
Animal	245	Food demands	72	Egg	35
Litter	220	Cattle pasture	71	Food prices	35
Food security	213	Herbivore	68	Grazing systems	34
Breed	206	Food crops	68	Cocoa	34
Grain	202	Grain production	66	Herd	33
Maize	197	Dairy animals	64	Vegetable oil	33
Wheat	193	Dairy farm	56	Lifestyle	32
Milk production	187	Meat	56	Food web	31

Tableau I-12. Nombre d'occurrences des principaux identifiants thématiques se rapportant à Alimentation ou Elevage sur la période 1976-2015

La Figure I-37 représente les 500 identifiants les plus fréquents de l'index global de 1 331 identifiants thématiques.

2014-2015

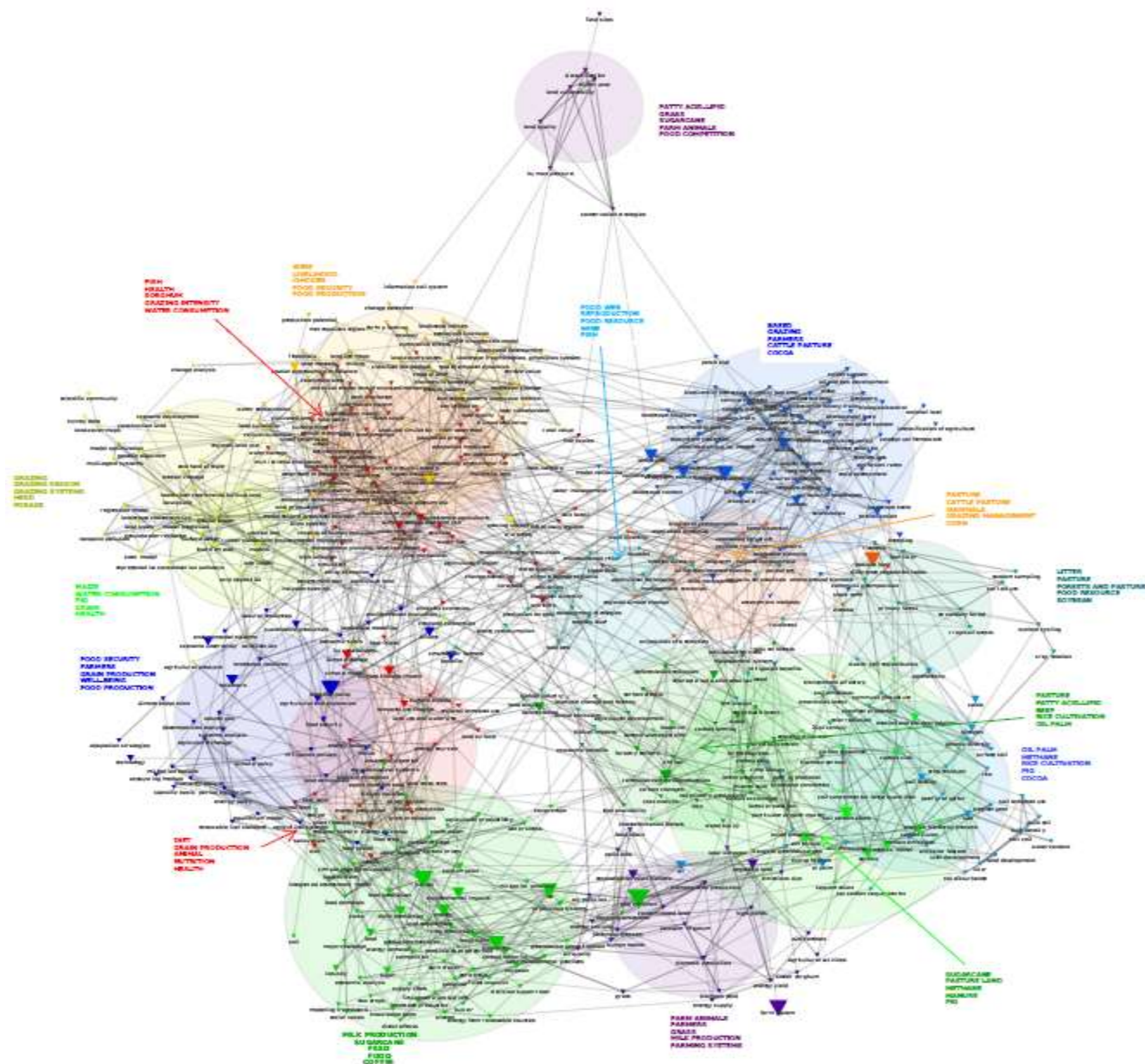


Figure I-37. Carte de la thématique sur élevage-alimentation sur la période 2014-2015 (749 références), 500 identifiants les plus fréquents

- aux biofuels de première génération et gaz à effet de serre (cluster vert),
- aux biofuels de seconde génération (cluster violet).

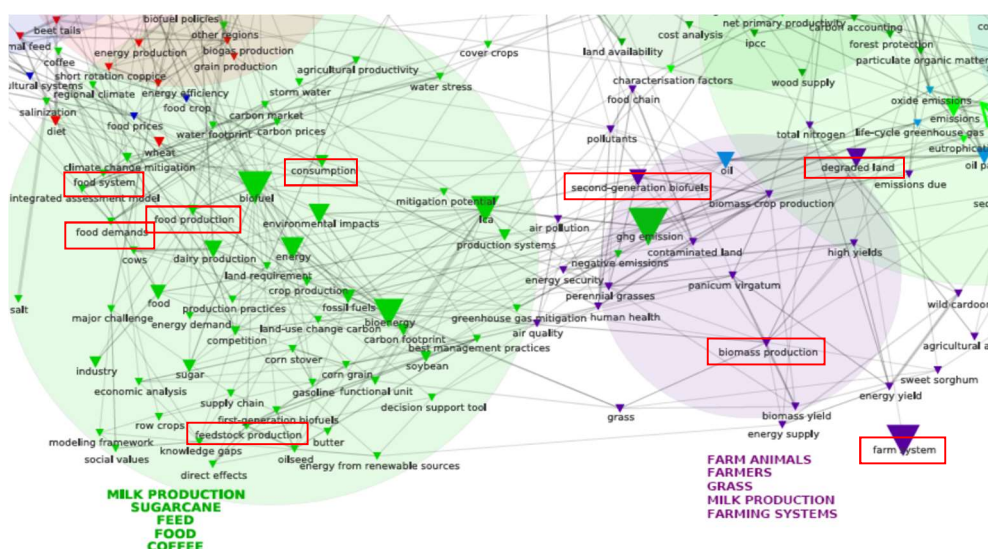


Figure I-38. Extrait de la Figure I-37

On observe dans le cluster des biofuels de deuxième génération un lien fort entre « biomass production » et « degraded land » lui-même très lié à l'identifiant thématique « farm system ». On peut penser qu'il s'agit de références évoquant la valorisation des terres dégradées.

Les identifiants thématiques liés à la consommation alimentaire sont uniquement présents dans le cluster qui concerne les biofuels de première génération. Dans notre corpus, la consommation alimentaire semble ainsi être uniquement abordée de l'angle de la compétition pour l'usage des terres entre food et fuel. Ceci confirme les hypothèses déduites des cartes précédentes.

Les impacts de la modification des régimes alimentaires n'apparaissent pas. Les identifiants thématiques liés au régime alimentaire comme « diet » sont associés à l'alimentation animale « animal feed » (Figure I-39) et sont très liés aux identifiants thématiques évoquant l'occupation d'espaces dédiés à la production d'alimentation animale.

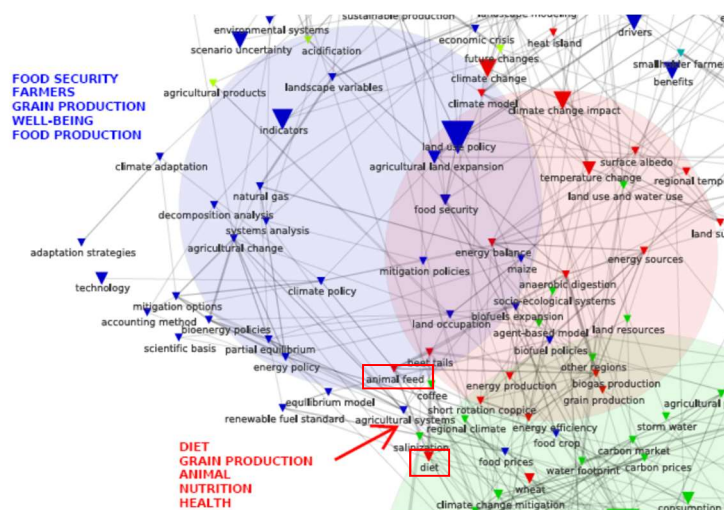


Figure I-39. Extrait de la Figure I-37

émission ». Le thème de l'alimentation semble plutôt se retrouver dans des articles sur les impacts de la demande accrue de la bioénergie sur les marchés alimentaires.

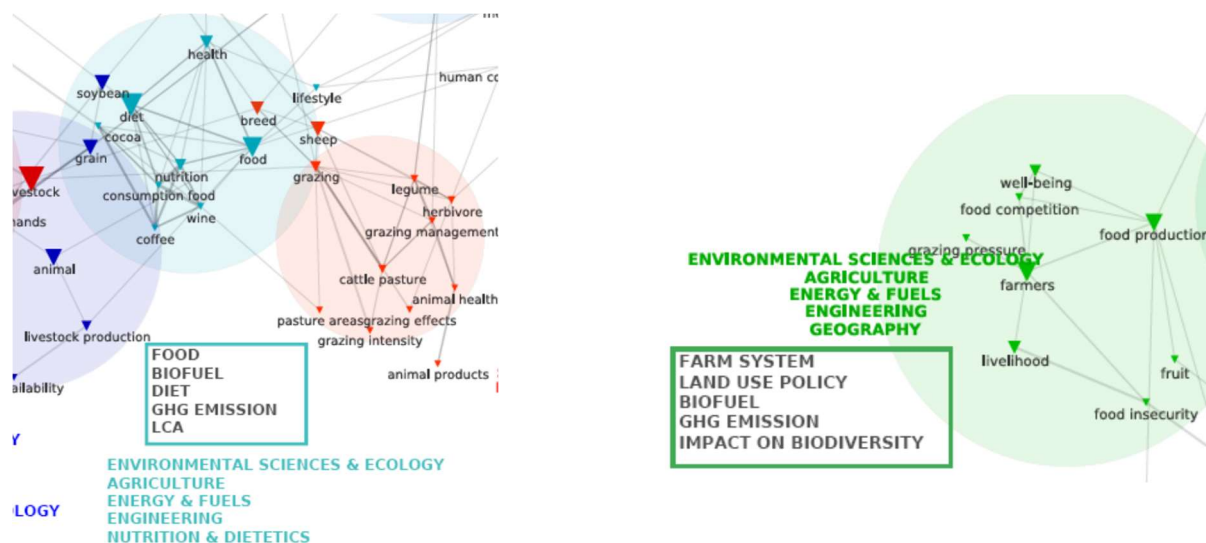


Figure I-41. Deux extraits de la carte de la thématique alimentation-élevage sur la période récente (Figure I-40)

La proximité et les liens avec les 2 clusters sur les pâturages et le bétail amène par ailleurs à penser qu'une partie des occurrences du mot « diet » peuvent être liés non pas à la nutrition humaine mais à la nutrition animale.

On peut donc en conclure que les articles traitant de l'impact sur les changements d'affectation des sols de l'évolution de la demande et des comportements alimentaires sont assez peu présents dans le corpus. Ce sont les demandes pour les usages autres qu'alimentaires (fuels, feed) qui sont les plus étudiés sous l'angle des CAS qu'ils induisent, la demande alimentaire n'étant qu'abordée que sous l'angle de la concurrence qu'elle subit de ces deux réorientations prédominantes.

9. Conclusion

L'analyse textuelle mise en œuvre avec CorText a permis d'analyser de manière synthétique les thèmes abordés dans 5 730 articles académiques (de 1976 à 2015) identifiés par une requête d'interrogation bibliographique combinant des mots-clés liés à l'évaluation environnementale à ceux des changements d'affectation des sols. Ces articles traitent de différents types de réorientations dans l'espace conduisant à des CAS, et étudient les impacts environnementaux qui en découlent.

Les articles qui constituent le corpus ont été sélectionnés à l'intersection des deux domaines de l'évaluation environnementale au sens large et du changement d'affectation des sols. Le but du croisement de ces deux domaines de connaissance était d'accéder à l'ensemble des réorientations des systèmes agricoles et forestiers et de l'aménagement du territoire ayant entraîné un changement d'affectation de sols ; cela devait également donner des éléments sur les déterminants biophysiques et socio-économiques à l'origine de ces réorientations. Cela devait enfin donner accès à la gamme des impacts environnementaux consécutifs à un changement d'affectation des sols. L'interprétation des cartes obtenues se fait donc au regard de cette chaîne causale réorientations / changements d'affectation des sols / impacts environnementaux, en cherchant à identifier, hypothétiquement, par les liens de co-occurrences, si elle est déclinée dans le corpus et sous quelles modalités, et en incluant en amont de la chaîne, le cas échéant, les déterminants biophysiques et socio-économiques pouvant expliquer les réorientations à l'œuvre.

La carte générale de co-occurrence au sein du corpus a permis d'identifier les principales thématiques traitées dans les articles sélectionnés, en les rattachant de façon préférentielle à l'un ou l'autre des compartiments de cette chaîne causale (contexte socio-économique et biotechnique → réorientation dans la mise en valeur du territoire → changement d'affectation des sols → impacts environnementaux). Cette carte distingue huit clusters :

- un cluster traitant du changement climatique comme élément de contexte biophysique, fortement articulé avec un cluster traitant des flux de carbone dans les écosystèmes terrestres et des flux de gaz à effet de serre en général ;
- un cluster associant étroitement une réorientation (production de bioénergie) et un impact environnemental (émissions de gaz à effet de serre) ;
- trois clusters « réorientations dominant » traitant du développement urbain, de la conduite des prairies, de la gestion forestière ;
- deux clusters « impact dominant » traitant respectivement des impacts sur la biodiversité et sur la ressource en eau.

Cette ventilation selon la dominante du cluster est simplificatrice : au sein du cluster ou dans les liens avec les autres clusters, on retrouve des mots-clés qui permettent de replacer ces thématiques dominantes au sein de la chaîne causale décrite. Elle permet néanmoins de donner une première image du contenu du corpus.

La représentation dynamique du corpus dans le temps apporte des informations ou questionnements complémentaires :

- l'évolution du traitement de la problématique des GES : on observe au cours du temps une généralisation des études à l'ensemble des GES d'origine agricole (CO_2 , N_2O , CH_4) et une spécialisation des articles selon le type de réorientation (écosystème forestier, production de bioénergie) ;
- de façon hypothétique, la montée de la préoccupation de concurrence pour l'usage des sols entre alimentation humaine, alimentation animale et production de bioénergie (à partir de 2008) ;
- l'émergence du contexte de changement climatique, très fortement relié dans la période récente à la question de l'impact sur l'eau (à partir de 2008) ;
- la permanence au cours du temps de certaines thématiques, comme l'impact des CAS sur la biodiversité ou l'effet de l'urbanisation sur les CAS.

L'approfondissement de l'analyse sur trois sous-corpus vient confirmer ces analyses en apportant quelques précisions :

Analyse du sous-corpus « biomasse non-alimentaire » :

Cette réorientation s'inscrit dans le contexte socio-économique des politiques d'aménagement du territoire dépendant à la fois de réglementations nationales ou supranationales (UE) et dans un contexte qui fait référence à la dégradation des terres. Dans un contexte de « land use policies » qui prend de plus en plus en compte les questions de compétition pour l'usage des terres, cette référence aux terres dégradées peut hypothétiquement être interprétée comme le développement d'études sur la valorisation des terres dégradées comme solution pour la production de bioénergie (notamment biocarburants de seconde génération) entrant peu en concurrence avec la production alimentaire. L'analyse détaillée du sous-corpus « réorientation biomasse non alimentaire » a, par ailleurs, mis en évidence la prédominance des analyses de cycle de vie comme méthode d'étude des impacts de la production de bioénergies. On dispose ainsi d'un important pool d'études partageant une méthodologie commune qui pourra faire l'objet d'études approfondies. Il sera également intéressant d'étudier si la méthode utilisée a statistiquement une influence sur les résultats des évaluations environnementales conduites.

Analyse du sous-corpus « urbanisation » :

L'approfondissement de l'étude a essentiellement permis de préciser les impacts dominants étudiés dans la littérature : il s'agit, *via* les changements d'affectation des sols induits par l'urbanisation, des impacts sur la biodiversité et le paysage, et sur la ressource en eau.

Analyse du sous-corpus « impacts sur la biodiversité » :

L'exploitation agricole apparaît comme le niveau d'échelle privilégié pour l'étude de ces impacts. Le focus a par ailleurs permis d'identifier les réorientations qui, *via* les CAS, induisent le plus d'impacts sur la biodiversité (ou du moins celles qui sont étudiées dans la littérature scientifique) : gestion des prairies, urbanisation, intensification de la production notamment sous l'effet du développement des bioénergies.

L'approfondissement de l'étude sur des mots-clés liés au développement de l'élevage et à l'évolution des régimes alimentaires, thématiques qui semblaient peu présentes dans le corpus et que l'on pouvait imaginer comme en émergence, a simplement permis de retrouver la problématique de concurrence food-feed-fuel, sans que l'évolution des régimes alimentaires ne semble émerger de façon significative. Mais l'outil utilisé manque probablement de sensibilité pour détecter des sujets au tout début de leur émergence.

Finalement, les pistes tracées dans ce rapport montrent à la fois l'intérêt et les limites de l'analyse textuelle : en dressant des cartes de co-occurrence de mots-clés qui ont eux-mêmes été sélectionnés en grande partie par le logiciel, elle constitue un outil d'analyse assez « objectif », établissant une description du corpus qui s'affranchit de la formulation d'hypothèses préalables. Elle livre ainsi une première description du corpus, utile pour cerner les thématiques présentant le plus d'intérêt à approfondir. *A contrario*, comme elle ne repose pas sur le test d'une hypothèse dans le cadre d'un modèle probabiliste mais se contente de montrer des corrélations d'occurrence de mots-clés, elle n'a pas, ou peu, de pouvoir explicatif : elle permet seulement d'inférer des hypothèses sur la façon dont la chaîne causale qui a permis de délimiter le corpus « réorientations → CAS → impacts environnementaux » se décline de façon concrète, hypothèses qu'il s'agira de reprendre dans l'analyse plus détaillée du contenu des articles.

Références bibliographiques citées

- De Cara, S.; Goussebaïlle, A.; Grateau, R.; Levert, F.; Quemener, J.; Vermont, B.; Bureau, J.-C.; Gabrielle, B.; Gohin, A.; Bispo, A., 2012. *Revue critique des études évaluant l'effet des changements d'affectation des sols sur les bilans environnementaux des biocarburants*. Angers: Ademe, (contrat n°10-60-C0039), 96 p. http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=7AC5DFA02A2CE66DFDE000D7FA33AA56_tomcatlocal1333626720098.pdf
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Multiscale Assessments: Findings of the Sub-Global Assessments Working Group*. Island Press, 416 p.
- Reboud, X.; Founie, r.D.; Leiser, H.; Taty, M.-V.; Barbier, M.; Cointet, J.-P., 2012. Analyse lexicale du corpus bibliométrique « agroécologie » au sens restreint. In: Inra, ed. *Rapport INRA du chantier Agro-écologie*. 85-87.
- Sandoval, M.; Tarot, C., 2014. *Etude bibliométrique sur les transitions nutritionnelles. Les transitions nutritionnelles dans la littérature scientifique internationale. Méthodologie (démarche d'exploration) et résultats d'analyses. Rapport de l'étude bibliométrique sur l'axe 6 du MP GloFoodS*.
- Searchinger, T.; Heimlich, R.; Houghton, R.A.; Dong, F.X.; Elobeid, A.; Fabiosa, J.; Tokgoz, S.; Hayes, D.; Yu, T.H., 2008. Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319 (5867): 1238-1240. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1151861>
- Tancoigne, E.; Barbier, M.; Cointet, J.-P.; Richard, G., 2014. *Les services écosystémiques dans la littérature scientifique : démarche d'exploration et résultats d'analyse*, 69 p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01157253>



INRA

SCIENCE & IMPACT

Délégation à l'Expertise scientifique,
à la Prospective et aux Études

147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07
France

Tél. : +33 1 42 75 94 90
Fax : +33 1 42 75 91 72
www.inra.fr

