



HAL
open science

La littérature scientifique sur l'exposition aux radiofréquences et leurs effets biologiques et sanitaires.

David Demortain, Aurélien Féron, Marc Barbier

► To cite this version:

David Demortain, Aurélien Féron, Marc Barbier. La littérature scientifique sur l'exposition aux radiofréquences et leurs effets biologiques et sanitaires.. [Rapport de recherche] INRAE LISIS. 2021, 141 p. hal-03367330

HAL Id: hal-03367330

<https://hal.science/hal-03367330v1>

Submitted on 6 Oct 2021

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

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

**La littérature scientifique sur
l'exposition aux radiofréquences et
leurs effets biologiques et sanitaires**
Une analyse scientométrique

David Demortain et Aurélien Féron,
avec Marc Barbier

Table des matières

Introduction.....	4
1 Méthode de constitution du corpus et effets de cadrage	6
1.1 <i>Résumé du processus d'élaboration de l'équation de recherche et choix de la base de données</i>	<i>8</i>
1.2 <i>L'équation de recherche</i>	<i>10</i>
2 Analyse quantitative du corpus	16
2.1 <i>Présentation des quantités de résultats relatives à différents segments de l'équation de recherche</i>	<i>16</i>
2.2 <i>Caractéristiques générales du corpus (1996-2019)</i>	<i>20</i>
3 ANALYSE DE LA STRUCTURATION GENERALE DU CHAMP DE RECHERCHE PAR LE PRISME DES CO-PUBLICATIONS	34
3.1 <i>Informations préliminaires (analyse quantitative sur les noms d'auteurs, les pays et les revues les plus publiants).....</i>	<i>34</i>
3.2 <i>Réseau de co-publication</i>	<i>40</i>
4 ANALYSES FOCALISEES SUR DES TERMES D'INTERET VISANT A DECRIRE QUI TRAVAILLE SUR QUOI ET COMMENT	53
4.1 <i>Objectif et méthode de constitution d'une classification de termes d'intérêt.....</i>	<i>53</i>
4.2 <i>Indications générales sur la classification des termes</i>	<i>54</i>
4.3 <i>Apports et limites de l'utilisation de la liste de termes à des fins de quantification</i>	<i>55</i>
4.4 <i>Termes jugés intéressants mais absents du corpus.....</i>	<i>56</i>
4.5 <i>Analyses temporelles</i>	<i>57</i>
4.6 <i>« Qui travaille sur quoi et comment ? » : vue générale au prisme des auteurs les plus publiants et des termes les plus présents dans le corpus.....</i>	<i>82</i>
5 Analyse du positionnement de groupes d'experts.....	95
5.1 <i>Bioinitiative.....</i>	<i>95</i>
5.2 <i>CIRC</i>	<i>96</i>
5.3 <i>ICNIRP.....</i>	<i>99</i>
5.4 <i>SCENIHR.....</i>	<i>100</i>
5.5 <i>Vue d'ensemble des différents groupes d'experts.....</i>	<i>101</i>
Conclusion	106
Annexe.....	107

A.1. Equations de recherche ayant servi à comparer le nombre de résultats fournis par les moteurs de recherche Scopus et WOS (29/03/2019)	107
A.2. Liste des noms d'auteurs non désambiguïsée.....	109
A.3. Liste des 37 termes qui figurent dans la liste des termes d'intérêt mais n'apparaissent pas dans le corpus (ordre alphabétique)	110
A.4. Liste des termes d'intérêt.....	112
5.6 Technologies.....	112
5.7 Fréquences / types d'ondes.....	123
5.8 Effets biologiques et sanitaires.....	125
5.9 Entités biologiques.....	133
5.10 Notions liées aux modalités d'exposition et aux normes de contrôle des champs électro-magnétiques.....	136
5.11 Types d'études	139
5.12 Organisations / Programmes de recherche.....	140

Remerciements

Le travail de conception de la requête, de production du corpus et d'analyse des données dont les résultats sont présentés dans ce rapport, a été conduit par David Demortain et Aurélien Féron, avec l'aide de Marc Barbier, tous trois chercheurs au Laboratoire Interdisciplinaire Sciences Innovations Sociétés (LISIS). Un travail substantiel a été réalisé par Olivier Merckel et Olivia Roth-Delgado de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES), en collaboration avec Aurélien Féron, pour produire la liste hiérarchisée des termes scientifiques d'intérêts, afin de produire les analyses de contenu ciblées présentées dans la quatrième partie du rapport. Qu'ils soient tous deux remerciés pour leur temps et leur investissement. Le rapport est le produit d'un processus de travail qui s'est étalé sur plus d'une année, jalonnée de plusieurs réunions de travail entre le LISIS et l'ANSES, durant lesquelles les auteurs ont pu recevoir les apports et commentaires de Benoit Vergriette, que nous remercions ici pour le pilotage d'ensemble du processus, ainsi que de Sophie Guitton. Une version préliminaire de ce rapport a été relue et corrigée par Benoit Vergriette, Olivier Merckel et Olivia Roth-Delgado. Le contenu du rapport n'engage toutefois que David Demortain et Aurélien Féron.

INTRODUCTION

Le sujet des radiofréquences et de la santé est un sujet qui a été examiné à différentes reprises ces vingt dernières années, que soit par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire et du Travail, ou l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES). Les différents rapports d'expertise produits ont concerné les effets sanitaires des radiofréquences (2009, 2013), les débits d'absorption spécifiques (2019), l'exposition des enfants aux radiofréquences (2016), les compteurs communicants (2017), l'électro-hypersensibilité (2018). Chacun des rapports a mobilisé des spécialités scientifiques diverses, de la dosimétrie à la biologie des radiations, en passant par la bio-électromagnétique et l'épidémiologie. Si l'on représente les aires bibliographiques plus ou moins larges que représente chaque rapport, on obtient l'image d'un champ de recherche particulièrement vaste et composite. Les rapports ont utilisé un ensemble de références communes (voir la figure ci-dessous), qui incarnent le cœur ou les cœurs du sujet.

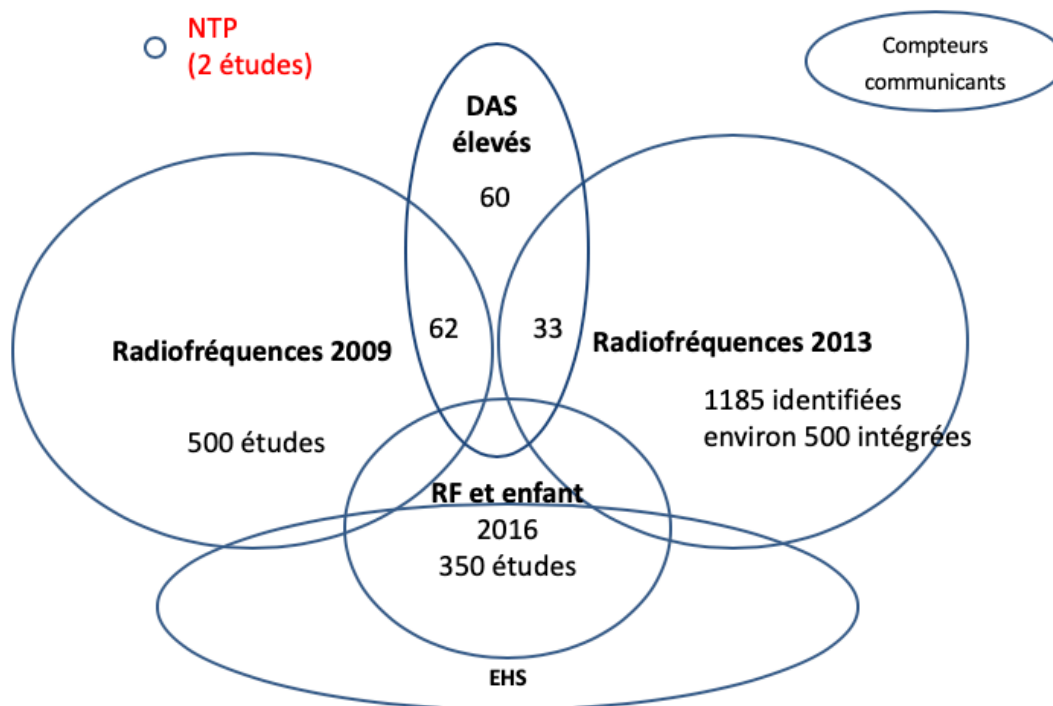


Figure 1. Visualisation des références bibliographiques communes aux différents rapports AFSSSET et ANSES sur les radiofréquences et la santé (source : ANSES)

La scientométrie, discipline de l'analyse quantitative des textes scientifiques, est une des méthodes qui permet d'appréhender ce ou ces champs de recherche imbriqués, et ce de manière holistique. Le travail de scientométrie présenté ici vise à analyser le champ des publications scientifiques portant sur l'exposition aux radiofréquences (RF) et leurs effets biologiques et sanitaires, à l'échelle internationale depuis les années 1996. Le travail vise à appréhender l'ensemble des spécialités et aires de recherche qui participent de l'étude des radiofréquences et de la santé, et leurs inter-relations.

Il est guidé par une question d'ensemble : en matière de radiofréquences et santé, qui travaille sur quoi, et avec qui ? Cette question descriptive permet de tirer des enseignements sur un ensemble d'autres questions : faut-il approcher le sujet radiofréquences et santé comme un

ensemble d'aires de recherches liées les unes aux autres par quelques spécialistes ou collectifs et auteurs clés, ou existe-t-il une aire de recherche interdisciplinaire centrale en la matière ? Y a-t-il une diversité de réseaux de recherche distincts sur le sujet, ou peut-on distinguer des réseaux plus centraux et intégrateurs ? Si oui, sur quoi se spécialisent-ils, quelles questions posent-ils (et ne posent-ils pas) ? Quels effets sanitaires et quelles technologies émettrices d'onde regardent-ils prioritairement ? Dans quelle mesure et comment ces groupes structurent-ils l'offre d'expertise scientifique ?

Les analyses présentées dans ce rapport ont été principalement réalisées avec l'outil informatique de la plateforme CorText, appelé CorText Manager, sur un corpus de 25 980 notices bibliographiques collectées via Scopus le 06/05/2019. Le corpus généré est un corpus que l'on peut considérer comme large, et hétérogène en termes de spécialités scientifiques. Le corpus est donc calibré pour attraper la diversité des sous-champs et de réseaux de recherches sur les radiofréquences et santé, et analyser la structure d'ensemble de leurs relations, plus qu'il n'est conçu pour faire l'analyse fine, indépendante, de sous-champs ou de réseaux faisant partie du champ d'ensemble.

Le rapport est structuré en cinq parties. La première introduit la méthode suivie pour constituer le corpus, et explicite les effets de la requête choisie pour interroger la base de données Scopus. La deuxième partie présente un ensemble de tableaux généraux des publications constituant le corpus. La troisième partie rentre dans l'analyse de la structure du champ de recherche, par l'intermédiaire de la visualisation des réseaux de co-publication. La quatrième partie croise les données sur les auteurs, avec les données sur la fréquence des termes décrivant ce sur quoi ils travaillent (technologies, effets). La cinquième partie localise les scientifiques agissant comme expert dans différents organismes dans le champ de recherche, afin de proposer des analyses sur la question de savoir quelle science, et quels réseaux de recherche sont mobilisés dans l'expertise.

1 METHODE DE CONSTITUTION DU CORPUS ET EFFETS DE CADRAGE

En scientométrie, la définition de l'équation de recherche ainsi que le choix de la base de données sur laquelle est effectuée ladite recherche constituent des choix cruciaux dans la constitution d'un corpus, puisque c'est à travers cette équation et cette base de données que sont déterminées plusieurs caractéristiques importantes du corpus analysé :

- son périmètre (l'étendue du champ des publications scientifiques analysé),
- son volume (la quantité de documents correspondant),
- la qualité des données et des métadonnées collectées :
 - en un sens non normatif, c'est-à-dire en termes de qualification des documents collectés. Par exemple : A quels types de documents aura-t-on / n'aura-t-on pas accès (éditoriaux, articles publiés dans des revues, chapitres d'ouvrages, actes de conférences, etc.) ? A quelle revue aura-t-on / n'aura-t-on pas accès (puisque les différentes bases des données n'indexent pas toutes les mêmes « bouquets » de revues) ? Etc.
 - en un sens normatif, parfois formulé en termes de propreté/saleté. Par exemple : Les champs des notices bibliographiques sont-ils tous renseignés ? Le sont-ils de manière standardisée ? Etc.

L'équation de recherche a été élaborée au fil de deux processus :

- des échanges entre les auteurs de ce rapport et des agents de l'ANSES,
- des tests de l'équation visant à ajuster cette dernière pour capter le plus possible de documents pertinents vis-à-vis du cadre de l'étude, et le moins possible de documents non pertinents.

L'équation de recherche obtenue au terme de ce travail peut être schématisée ainsi :

(fréquences/ondes OR technologies)

AND (exposition OR effets biologiques ou sanitaires)

AND NOT (utilisation à des fins thérapeutiques OR traitement de matériaux)

AND PUBYEAR > 1995

Dans cette partie, nous précisons d'abord le processus au fil duquel cette équation de recherche a été élaborée ainsi que les considérations qui nous ont conduit à choisir le moteur de recherche Scopus pour constituer notre corpus. Puis nous reviendrons sur le détail de l'équation de recherche utilisée dans la présente étude et sur le détail des choix qui y ont amené.

Il est particulièrement important de retenir, pour la lecture des parties suivantes (2, 3, 4 et 5) de ce rapport, un point qui sera détaillé dans cette première partie (cf. en particulier « 1.2.3 Présentation conjointe de l'équation de recherche finale et des choix qui y ont amené »), et qui concerne un effet de cadrage induit par l'un des choix présenté dans ladite section : il a été décidé de focaliser la présente étude sur les questions touchant aux expositions environnementales et professionnelles, et, a contrario – pour pouvoir analyser plus finement ces questions – d'exclure une importante quantité de publications portant sur les utilisations des RF à des fins thérapeutiques (les techniques d'ablation par radiofréquences, les radiothérapies, etc.).

1.1 RESUME DU PROCESSUS D'ELABORATION DE L'EQUATION DE RECHERCHE ET CHOIX DE LA BASE DE DONNEES

1.1.1 Résumé du processus d'élaboration de l'équation de recherche

L'équation de recherche a initialement été construite à partir des listes de mots-clefs figurant dans les rapports d'expertise publiés par l'ANSES au sujet des radiofréquences. Comme indiqué ci-dessus, elle a ensuite fait l'objet de différents amendements, au fil des tests et des discussions entre les agents de l'ANSES et les membres du LISIS.

Concernant les tests évoqués brièvement ci-dessus, ils ont consisté pour la plupart à contrôler que chacun des termes (hormis ceux qui font directement référence au domaine des radiofréquences, comme par exemple *radiofrequenc**, *hyperfrequenc**, *microwave**¹) permettait bien (sur Scopus) de capter des publications scientifiques portant sur l'exposition aux radiofréquences (RF) et leurs effets biologiques et sanitaires, et le moins possible de documents ne relevant pas de ce champ.

Par ailleurs, Olivier Merckel et Olivia Roth-Delgado ont fourni une liste de vingt-et-une références bibliographiques sélectionnées parmi celles qui figurent dans quatre des derniers rapports de l'AFSSET et de l'ANSES concernant les radiofréquences et la santé². Cette liste de références a ainsi permis de tester à la fois la pertinence de l'équation de recherche et le périmètre du corpus défini à travers elle³. Elle a elle aussi débouché sur des amendements de l'équation de recherche.

1.1.2 Choix de la base de données

Le CorText Manager offre la possibilité de travailler sur des données issues de trois portails de recherches bibliographiques différents : Pubmed, Web Of Science et Scopus. Or, Pubmed étant un moteur de recherche tourné vers les domaines de la biologie et de la médecine, une partie des productions scientifiques concernées par le cadre de notre étude, à savoir celle qui aborde les questions d'exposition aux radiofréquences sans aborder celles des effets biologiques et sanitaires (et notamment les questions qui portent plus spécifiquement sur la

¹ Au sujet du métacaractère (ou « wildcard ») * : cf. ci-après la « Note sur quelques éléments de syntaxe d'une équation de recherche dans Scopus ».

² AFSSET (2009) *Les radiofréquences* ; ANSES (2013) *Radiofréquences et Santé. Mise à jour de l'expertise* ; ANSES (2016) *Exposition aux radiofréquences et santé des enfants* ; ANSES (2018) *Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques*.

³ En s'appuyant sur leur propre connaissance du domaine, Olivier Merckel et Olivia Roth-Delgado ont ainsi sélectionné des références bibliographiques qui correspondaient à leurs yeux à différents types de publications et d'auteurs : des publications ayant eu un impact sur l'évaluation des risques ; des publications ayant été beaucoup discutées, commentées, ou ayant eu un certain impact médiatique ; des publications concluant à l'existence d'effets sanitaires et d'autres concluant à l'absence d'effets sanitaires ; des publications se situant à la limite du cadre de notre étude scientométrique ; des chercheurs ayant signé beaucoup d'articles sur le sujet et ayant une importante notoriété auprès de leurs pairs ; des chercheurs ayant des positions relativement marginales dans le domaine de recherche considéré et d'autres ayant des positions plus conventionnelles.

modélisation de cette exposition), est en principe non indexée à la base de données bibliographique Medline dont Pubmed tire les résultats de recherche. Ainsi restaient-ils deux possibilités concernant le choix du moteur de recherche à utiliser pour constituer notre corpus : Web Of Science (WOS) ou Scopus.

La base de données de Scopus est connue pour être plus volumineuse que l'ensemble des bases de données regroupées sous le nom de « Web of Science Core Collection »⁴. Elle donne donc en principe une vue plus complète des productions scientifiques, mais la différence de volume de résultats fournis par les moteurs de recherche de Scopus et de WOS pour une équation de recherche donnée dépend avant tout de cette équation⁵. Ainsi, des tests ont été réalisés sur ces deux moteurs de recherche, à différents moments de l'élaboration de la requête, afin d'évaluer la différence de volume des résultats fournis par l'un et l'autre.

Le tableau ci-dessous montre les résultats d'une comparaison réalisée avec deux équations de recherche légèrement différentes⁶, et qui, puisqu'elles ont été testées pendant le travail d'élaboration de la requête, ne correspondent pas exactement (ni l'une ni l'autre) à la requête finale (cf. ci-après, section « 1.2. Détail concernant l'équation de recherche et son processus d'élaboration », et en particulier sous-section « Equation de recherche finale »).

Avec ces deux équations de recherche, le nombre de résultats (autrement dit le volume de documents correspondant à notre requête) s'est montré nettement supérieur sur Scopus :

		Nombre de documents	
		SCOPUS	WOS
ER 1	TITLE-ABS-KEY ((fréquences _{ER1}) AND (expositon _{ER1} OR effet _{ER1}) AND NOT(médical _{R1}))	~ 40 000	~ 27 000
ER 2	TITLE-ABS-KEY ((fréquences _{ER2}) AND (expositon _{ER1} OR effet _{ER1}) AND NOT(médical _{ER1}))	~ 11 000	~ 8 000

Tableau 1 : Comparaison du nombre de résultats fournis par les moteurs de recherche Scopus et WOS, pour deux équations de recherche différentes. Cette comparaison a été réalisée au cours du processus d'élaboration de l'équation (aucune de ces deux équations ne correspond à l'équation de recherche finale utilisée dans cette étude, mais elles s'en approchent). Les équations sont présentées ici dans une version schématisée, et suivant la syntaxe utilisée dans Scopus (la formule TITLE-ABS-KEY(...) dans Scopus équivaut à TS=(...) dans WOS).

⁴ Voir par exemple Glänzel, W., Moed, H. F., Schmoch, U., & Thelwall, M. (Eds.). (2019). *Springer Handbook of Science and Technology Indicators*. Springer Nature, p. 103.

⁵ Des chercheurs ayant procédé à une revue de la littérature comparant WOS et Scopus indiquent ainsi que : « Ces études comparatives [...] concluent que ces deux bases de données s'améliorent en permanence. Elles concluent également que l'avantage de choisir l'une de ces deux sources dépend du domaine étudié. » (cf. référence en fin de note). De manière générale, ces études montrent que les avantages de l'une ou l'autre de ces bases de données dépendent de ce qui est analysé, et en particulier du domaine scientifique et de la période considérée. (Aghaei Chadegani, A., Salehi, H., Yunus, M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18-26., p. 18-19.

⁶ Cette comparaison du nombre de résultats fournis par Scopus et WOS a été réalisée le 29/03/2019. La différence entre l'équation de recherche ER1 et l'équation de recherche ER2 tient uniquement à une série de termes (correspondant aux notions d'hyperfréquences, micro-ondes et ondes millimétriques) présente dans ER1 et absente dans ER2 (cf. Annexe A.1. pour le détail de ces équations).

La structure de l'équation de recherche finale, quant à elle, ne nous permet pas de procéder à une telle comparaison entre les volumes respectifs des résultats fournis par Scopus et par WOS, pour la raison suivante : cette équation contient une condition d'« intersection » faisant intervenir une série de termes qui ne doivent être recherchés que parmi les mots-clés associés aux documents indexés dans la base de données (cf. « Précisions sur le processus d'élaboration de l'équation de recherche » ci-après) – dans Scopus, cela revient à utiliser la formule KEY(...) au lieu de TITLE-ABS-KEY(...). Or, il est impossible sur WOS, d'utiliser une telle restriction (le moteur de recherche ne le permet pas).

Ainsi, seule une partie de l'équation de recherche finale peut être utilisée pour une comparaison de la quantité de résultats correspondants sur Scopus et sur WOS :

		Nombre de documents	
		SCOPUS	WOS
ER3	TITLE-ABS-KEY (fréquences/ondes OR technologies _{ER3})	~ 769 000	~ 555 000

Tableau 2 : Comparaison du nombre de résultats fournis par les moteurs de recherche Scopus et WOS, pour une partie de l'équation de recherche finale (l'équation entière ne pouvant être utilisée dans WOS).
Les équations sont présentées ici dans une version schématisée, et suivant la syntaxe utilisée dans Scopus.

Étant donné que ces comparaisons ont toutes montré que le nombre de résultats fourni par Scopus était supérieur à celui fourni par WOS, il a été choisi de mener notre étude à partir d'un corpus issu de Scopus.

Enfin, sachant que les données issues de Scopus sont plus complètes et plus « propres » pour les documents publiés après 1995⁷, il a été décidé de constituer notre corpus pour la période allant de 1996 (inclus) jusqu'à la date de téléchargement des données (06/05/2019 pour le corpus analysé avec CorText).

1.2 L'ÉQUATION DE RECHERCHE

1.2.1 Processus d'élaboration de l'équation de recherche

La comparaison des équations de recherches ER1 et ER2 présentée ci-dessus a été réalisée à un moment où nous envisagions de ne pas inclure dans l'équation de recherche de termes se référant aux technologies, parce que ceux-ci apportaient un grand nombre de résultats non pertinents par rapport au cadre de notre étude.

Cependant, le test de l'équation de recherche réalisé par la suite à partir de la liste de vingt-et-une références bibliographiques sélectionnées par Olivier Merckel et Olivia Roth-Delgado, évoqué ci-dessus, a montré qu'il était préférable, pour disposer d'un corpus plus « complet » (là encore, vis-à-vis du cadre de notre étude), d'inclure des termes se référant aux

⁷ Pour davantage d'informations sur la différence entre les jeux de données post-1995 et pre-1996 sur Scopus, voir par exemple : *Scopus Content Coverage Guide* (août 2017), Elsevier.

technologies, ainsi que des termes correspondant aux notions d'hyperfréquences, de micro-ondes et d'ondes millimétriques, comme ceux qui figuraient dans ER1 et pas dans ER2.

Afin d'assurer que l'apport à notre corpus de ces termes relatifs aux fréquences et aux technologies soit pertinent vis-à-vis du cadre de notre étude, nous les avons ajoutés tout en contraignant leur apport à une condition (en l'occurrence une « intersection ») : pour qu'un document contenant l'un de ces termes dans son titre, son résumé, ou parmi ses mots-clés, fasse partie des résultats de l'équation de recherche, il faut qu'apparaisse dans les mots-clés (et uniquement dans les mots-clés) associés à ce document au moins un terme relatif aux questions d'exposition, de santé et d'effets biologiques (cf. deuxième parenthèse de termes en jaune ci-dessous).

Note sur la syntaxe d'une équation de recherche dans Scopus

TITLE-ABS-KEY (terme) : la recherche du terme choisi porte sur le titre, le résumé et les mots-clés associés aux documents indexés dans la base de données Scopus. Autrement dit, il suffit que le terme apparaisse dans un de ces champs (titre ou résumé ou mots-clés) pour que le document correspondant face partie des résultats de l'équation de recherche et donc du corpus de documents téléchargés.

KEY (terme) : la recherche du terme choisi porte uniquement sur les mots-clés associés aux documents indexés dans la base de données Scopus.

Dans l'outil de recherche Scopus, les formules "terme composé", terme-composé et (a fortiori) "terme-composé" sont strictement équivalentes.

* : Comme dans de nombreux moteurs de recherche, ce caractère remplace n'importe quel caractère ou chaîne de caractères. Par exemple *radiofrequenc** est équivalent à *radiofrequency OR radiofrequencies*.

? : Ce caractère remplace n'importe quel autre caractère. Par exemple *leuk?mia* est équivalent à *leukemia OR leukæmia*.

1.2.2 Structure de l'équation de recherche

Rappelons d'abord la structure générale de l'équation de recherche finale :

(fréquences/ondes OR technologies)

AND (exposition OR effets biologiques ou sanitaires)

AND NOT (utilisation à des fins thérapeutiques OR traitement de matériaux)

AND PUBYEAR > 1995

Ci-dessous, la colonne de gauche présente l'équation de recherche finale (en respectant le code couleur utilisé ci-dessus pour la présenter schématiquement), et la colonne de droite précise différents constats qui ont amené à ajouter des conditions d'intersection ((...) AND (...)), à appliquer l'une d'elle avec certains mots-clés (KEY(...)), à ne pas utiliser dans cette requête certains termes initialement envisagés, ou encore à utiliser des conditions d'exclusion (AND NOT(...)).

((TITLE-ABS-KEY (radiofrequenc* OR radio-frequenc* OR radiowave* OR radio-wave* OR rf-electromagnetic OR rf-device* OR rf-field* OR rf-energy OR rf-environment OR rf-expos* OR rf-radiation* OR rf-signal* OR rf-wave* OR rf-emf* OR rf-emr* OR rf-ems* OR rf-emw*) OR (TITLE-ABS-KEY (hyperfrequenc* OR hyper-frequenc* OR hf-emf* OR hf-emw* OR microwave* OR micro-wave* OR mw-emf* OR millimet*-wave* OR milli-

Constatant que des documents portant sur l'exposition aux RF et leurs effets biologiques et sanitaires ne comportent pas systématiquement le terme « radiofrequency » ou différentes formes comme par exemple « RF-radiation » renvoyant sans ambiguïté aux RF (cf. première parenthèse de l'équation)⁸, il a été choisi d'intégrer dans l'équation de recherche une série de termes qui correspondent 1) à des fréquences ou des ondes

⁸ Ce constat a été fait à partir d'une série d'équations de recherche conçues pour capter une partie de la littérature scientifique portant sur la téléphonie mobile, technologie utilisant des fréquences unanimement considérées comme faisant partie des radiofréquences.

met*-wave* OR mm-emf* OR decimet*-wave* OR cordless-telephone* OR cordless-phone* OR radiotelephone* OR radio-telephone* OR wireless-phone* OR wireless-telephone* OR smartphone* OR smart-phone* OR mobilephone* OR mobile-phone* OR cellphone* OR cell-phone* OR cellular-phone* OR radiophone* OR radio-phone* OR base-station* OR basestation* OR rfid OR smart-meter* OR smartmeter* OR rectenna* OR radar-wave* OR wimax OR wi-max OR bluetooth OR wifi OR wi-fi OR ((antenna* OR "Radiocom 2000" OR nmt OR gsm OR cdma OR gprs OR edge OR umts OR wcdma OR hsdpa OR hsupa OR "HSPA+" OR fdma OR tdma OR ofdma OR lte OR 2g OR 3g OR 4g OR 5g) AND (electromagnetic-field* OR electromagnetic-wave* OR radiation*)) AND KEY (human* OR animal* OR health OR "biological effect*" OR "population exposure" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure" OR "maternal exposure"))

inclus dans la bande des RF (termes en bleu clair et 2) à des technologies qui les utilisent (termes en orange).

Par ailleurs, différents tests ont montré que ces termes relatifs aux fréquences et aux technologies devaient, pour diminuer la part des documents non pertinents par rapport au cadre de notre étude, être associés dans l'équation à d'autres termes relatifs aux questions d'exposition, de santé et d'effets biologiques (cf. deuxième parenthèse de termes en jaune). Ces tests ont également montré que cette restriction visant à mieux adapter le périmètre des documents captés au cadre de notre étude était plus efficace si elle s'appuyait sur les mots-clés (« KEY ») associés aux documents.

Enfin, certains systèmes et normes techniques, notamment des acronymes, peuvent avoir un autre sens que celui qui nous intéresse dans le cadre de cette étude. Il nous est ainsi apparu utile d'associer ces termes à d'autres termes renvoyant au contexte d'énonciation qui nous intéresse : nous ne les recherchons que lorsqu'ils sont utilisés dans des études qui traitent des radiations / champs / ondes électromagnétiques (cf. première parenthèse de termes en jaune).

AND TITLE-ABS-KEY (exposure* OR expose* OR exposing OR exposition* OR exposome OR coexpos* OR co-expos* OR "Specific Absorption Rate*" OR dosimet* OR "health effect*" OR "health impact*" OR bioeffect* OR bio-effect* OR "biological effect*" OR "adverse effect*" OR adenoma* OR alzheimer OR apoptosis OR "auditory function*" OR "birth defect*" OR blood-brain-barrier OR "bone marrow" OR metabolism OR cancer* OR carcino* OR "cell death" OR "cellular proliferation*" OR "central nervous system" OR "cerebral blood flow" OR "circadian rhythm*" OR "cognitive disorder*" OR "cognitive function*" OR "cognitive development" OR "cognitive defect*" OR "cognitive deficit*" OR "cognitive performance*" OR "congenital abnormalit*" OR "congenital defect*" OR dementia* OR "baby development" OR "child development" OR "foetal development" OR "fetal development" OR "newborn development" OR "DNA break*" OR "DNA damage*" OR "DNA repair*" OR electroencephalogram* OR electroencephalogram* OR electrosensitiv* OR electro-sensitiv* OR electrohypersensitiv* OR electro-hypersensitiv* OR electro-hyper-sensitiv* OR "electromagnetic hypersensitiv*" OR epigenetic* OR "evoked

Concernant les effets biologiques et sanitaires, différents termes que nous avons envisagé d'intégrer dans l'équation de recherche ont finalement été écartés car ils apportaient de très nombreux résultats non pertinents. Par exemple, *memory* et *sleep* apportent de nombreux articles qui ne traitent pas de questions biologiques ou sanitaires mais des fonctions de mémoire et de mise en veille de certains systèmes techniques.

<p>potentials" OR *fertility OR "genomic instabilit*" OR glioma* OR "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field*" OR iei-emf* OR leuk?mia* OR leukaemia* OR lymphoma* OR meningioma* OR mutation* OR necrosis OR neoplasia* OR neoplasm* OR neurodegenerativ* OR neur?lemoma OR neur?lemmoma OR neuroma* OR "non-thermal effect*" OR "oxidative stress" OR parkinson OR phosphene* OR pregnant OR pregnancy OR schwannoma* OR sclerosis OR *thermal-effect* OR *toxi* OR tumor* OR tumour*)</p>	
<p>AND NOT (TITLE-ABS-KEY (sputter* OR thin-film* OR plasma-treatment* OR proton-therapy) OR KEY (ablati* OR intravascular OR *endoscop* OR *laparoscop* OR catheter*) OR TITLE (ablati* OR intravascular OR *endoscop* OR *laparoscop* OR catheter* OR *surgery OR surgical* OR radiation-therapy OR cancer-therapy))) AND PUBYEAR > 1995</p>	<p>L'association de certains termes permettant de capter les productions scientifiques pertinentes pour notre corpus apportent aussi : une grande quantité de documents correspondant à des recherches portant sur des questions de traitements de matériaux – donc non pertinents vis-à-vis du cadre de notre étude ; une quantité encore plus grande de documents portant sur l'utilisation des RF à des fins thérapeutiques. Dans l'absolu, ces documents ne peuvent pas être considérés comme non pertinents par rapport au cadre de la présente étude, car ils informent sur les effets biologiques des RF. Cependant, il a été décidé de focaliser la présente étude sur les questions touchant aux expositions environnementales et professionnelles, et non aux expositions « thérapeutiques ». Or, exclure d'importants volumes de documents correspondant à une utilisation des RF à des fins thérapeutiques, permet d'analyser plus finement le reste du champ (expositions environnementales et professionnelles). Une importante quantité de documents correspondant respectivement à des recherches sur des procédés de traitement de matériaux et sur l'utilisation de RF à des fins thérapeutiques a donc été écartée du corpus grâce à l'ajout des termes en gris et en rouge ci-contre. Comme cela est rendu visible dans le Tableau 3 et sur la Figure 1 (section 2.1.), l'exclusion de ces documents permet de réduire de presque moitié le volume du corpus analysé.</p>

1.2.3 Équation de recherche finale

L'équation de recherche finale, utilisée pour toutes les analyses présentées dans la suite de ce rapport, est la suivante :

```
((TITLE-ABS-KEY (radiofrequenc* OR radio-frequenc* OR radiowave* OR radio-wave* OR rf-electromagnetic OR rf-device* OR rf-field* OR rf-energy OR rf-environment OR rf-expos* OR rf-radiation* OR rf-signal* OR rf-wave* OR rf-emf* OR rf-emr* OR rf-ems* OR rf-emw*) OR (TITLE-ABS-KEY (hyperfrequenc* OR hyper-frequenc* OR hf-emf* OR hf-emw* OR microwave* OR micro-wave* OR mw-emf* OR millimet*-wave* OR milli-met*-wave* OR mm-emf* OR decimet*-wave* OR cordless-telephone* OR cordless-phone* OR radiotelephone* OR radio-telephone* OR wireless-phone* OR wireless-telephone* OR smartphone* OR smart-phone* OR mobilephone* OR mobile-phone* OR cellphone* OR cell-phone* OR cellular-phone* OR radiophone* OR radio-phone* OR base-station* OR basestation* OR rfid OR smart-meter* OR smartmeter* OR rectenna* OR radar-wave* OR wimax OR wi-max OR bluetooth OR wifi OR wi-fi OR ((antenna* OR "Radiocom 2000" OR nmt OR gsm OR cdma OR gprs OR edge OR umts OR wcdma OR hsdpa OR hsupa OR "HSPA+" OR fdma OR tdma OR ofdma OR lte OR 2g OR 3g OR 4g OR 5g) AND (electromagnetic-field* OR electromagnetic-wave* OR radiation*))) AND KEY (human* OR animal* OR health OR "biological effect*" OR "population exposure" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure" OR "maternal exposure")))) AND TITLE-ABS-KEY (exposure* OR expose* OR exposing OR exposition* OR exposome OR coexpos* OR co-expos* OR "Specific Absorption Rate*" OR dosimet* OR "health effect*" OR "health impact*" OR bioeffect* OR bio-effect* OR "biological effect*" OR "adverse effect*" OR adenoma* OR alzheimer OR apoptosis OR "auditory function*" OR "birth defect*" OR blood-brain-barrier OR "bone marrow" OR metabolism OR cancer* OR carcino* OR "cell death" OR "cellular proliferation*" OR "central nervous system" OR "cerebral blood flow" OR "circadian rhythm*" OR "cognitive disorder*" OR "cognitive function*" OR "cognitive development" OR "cognitive defect*" OR "cognitive deficit*" OR "cognitive performance*" OR "congenital abnormalit*" OR "congenital defect*" OR dementia* OR "baby development" OR "child development" OR "foetal development" OR "fetal development" OR "newborn development" OR "DNA break*" OR "DNA damage*" OR "DNA repair*" OR electroencephalogram* OR electro-encephalogram* OR electrosensitiv* OR electro-sensitiv* OR electrohypersensitiv* OR electro-hypersensitiv* OR electro-hyper-sensitiv* OR "electromagnetic hypersensitiv*" OR epigenetic* OR "evoked potentials" OR *fertility OR "genomic instabilit*" OR glioma* OR "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field*" OR iei-emf* OR leuk?mia* OR leukaemia* OR lymphoma* OR meningioma* OR mutation* OR necrosis OR neoplasia* OR neoplasm* OR neurodegenerativ* OR neur?lemoma OR neur?lemmoma OR neuroma* OR "non-thermal effect*" OR "oxidative stress" OR parkinson OR phosphene* OR pregnant OR pregnancy OR schwannoma* OR sclerosis OR *thermal-effect* OR *toxi* OR tumor* OR tumour*) AND NOT (TITLE-ABS-KEY (sputter* OR thin-film* OR plasma-treatment* OR proton-therapy) OR KEY (ablati* OR intravascular OR *endoscop* OR *laparoscop* OR catheter*) OR TITLE (ablati* OR intravascular OR *endoscop* OR *laparoscop* OR catheter* OR *surgery OR surgical* OR radiation-therapy OR cancer-therapy))) AND PUBYEAR > 1995
```

2 ANALYSE QUANTITATIVE DU CORPUS

2.1 PRÉSENTATION DES QUANTITÉS DE RÉSULTATS RELATIVES À DIFFÉRENTS SEGMENTS DE L'ÉQUATION DE RECHERCHE

Les analyses présentées ici ont été réalisées avec l'équation de recherche présentée dans la première partie du rapport, à partir des résultats fournis par Scopus mais à des dates différentes. Comme la base de données qu'interroge le moteur de recherche Scopus est amendée quotidiennement (outre des corrections qui peuvent être faites sur les métadonnées, de nouvelles notices bibliographiques y sont associées chaque jour), les analyses présentées dans la partie 2 portent donc sur des corpus légèrement différents de celui qui est analysé dans les parties suivantes (3, 4 et 5). Le tableau présenté ci-dessous récapitule cela, et montre que la différence entre ces corpus, estimée ici à partir de la quantité de notices bibliographiques qui les composent, est très réduite, puisqu'elle représente tout au plus 6% du volume du corpus analysé avec CorText.

<i>Parties/sections du présent rapport</i>	<i>Date de constitution du corpus</i>	<i>Nombre de notices bibliographiques au sein du corpus</i>
2.1. Analyse des quantités de résultats relatives aux différents segments de l'équation de recherche <i>Comparaison de quantités de résultats fournies par différentes requêtes sur Scopus</i>	20/06/2019	26 186
2.2. Analyse des caractéristiques générales du corpus (1996-2019) <i>Analyses réalisées avec l'outil « Analyze results » de Scopus</i>	31/01/2020	27 659
Ensemble des parties 3, 4 et 5 <i>Analyses réalisées avec le logiciel CorText Manager</i>	06/05/2019	25 980

Le tableau et le diagramme suivants présentent les quantités de résultats correspondant à différents segments de l'équation de recherche, opérée le 20/06/2019 sur Scopus⁹. Ils visent à quantifier les augmentations et les réductions de volumes de résultats qu'induisent les différents segments de l'équation, articulés entre eux à travers les opérateurs OR et AND et à travers la condition d'intersection (évoquée ci-avant) entre des termes recherchés à la fois dans les titres, les résumés et les mots-clés et certains termes particuliers recherchés spécifiquement dans les mots-clés associés aux documents.

⁹ Les parties 3, 4 et 5 ci-après se basent sur un corpus qui a bien été constitué avec l'équation de recherche présentée ci-dessus et analysée ci-dessous, mais à une date différente (. La différence entre les volumes de résultats est cependant minime

Le diagramme figurant sur la page suivante permet plus particulièrement de visualiser les proportions des différences de quantités de résultats correspondant aux segments de l'équation de recherche présentés dans le tableau.

Portion du schéma de la requête correspondant : (Toutes ces requêtes ont été opérées avec la condition PUBYEAR > 1995)	Abréviation	Nombre de résultats
fréquences/ondes sans condition d'intersection avec des mots-clefs	F	493 088
technos sans condition d'intersection avec des mots-clefs	T	335 509
fréquences/ondes OR technos sans condition d'intersection avec des mots-clefs	F or T	768 529
fréquences/ondes dans notre requête, c'est-à-dire avec une condition d'intersection avec certains mots-clefs : fréquences/ondes AND KEY(human* OR animal* OR health OR "biological effect*" OR "population exposure" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure" OR "maternal exposure")	Fk	184 318
technos dans notre requête, c'est-à-dire avec une condition d'intersection avec certains mots-clefs : technos AND KEY(human* OR animal* OR health OR "biological effect*" OR "population exposure" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure" OR "maternal exposure")	Tk	42 524
(fréquences/ondes OR technos) dans notre requête, c'est-à-dire comportant une condition d'intersection avec certains mots-clefs : (fréquences/ondes OR technos) AND KEY(human* OR animal* OR health OR "biological effect*" OR "population exposure" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure" OR "maternal exposure")	Fk or Tk	221 179
<i>Portion de notre requête correspondant à</i> (fréquences/ondes OR technos) AND (exposition)	(Fk or Tk) & Ex	14 287
<i>Portion de notre requête correspondant à</i> (fréquences/ondes OR technos) AND (effets biologiques ou sanitaires)	(Fk or Tk) & Ef	40 969
<i>Requête « finale sans parenthèse d'exclusion » :</i> (fréquences/ondes OR technos) AND (exposition OR effets biologiques ou sanitaires)	(Fk or Tk) & (Ex or Ef)	48 791
<i>Requête « finale totale » :</i> (fréquences/ondes OR technos) AND (exposition OR effets biologiques ou sanitaires) AND NOT (utilisation à des fins thérapeutiques OR traitement de matériaux)	(Fk or Tk) & (Ex or Ef) &NOT (UT or TM)	26 186

Tableau 3 : tableau présentant les quantités de résultats correspondant à différents segments de l'équation de recherche sur Scopus (au 20/06/2019) ainsi que les abréviations correspondantes, utilisées dans le diagramme suivant.

Dans le diagramme ci-dessous, chaque barre représente un segment de l'équation de recherche finale, et la longueur de chaque barre représente la quantité de résultats correspondant sur Scopus. L'intersection entre deux barres est proportionnelle au nombre de résultats communs aux deux requêtes correspondantes.

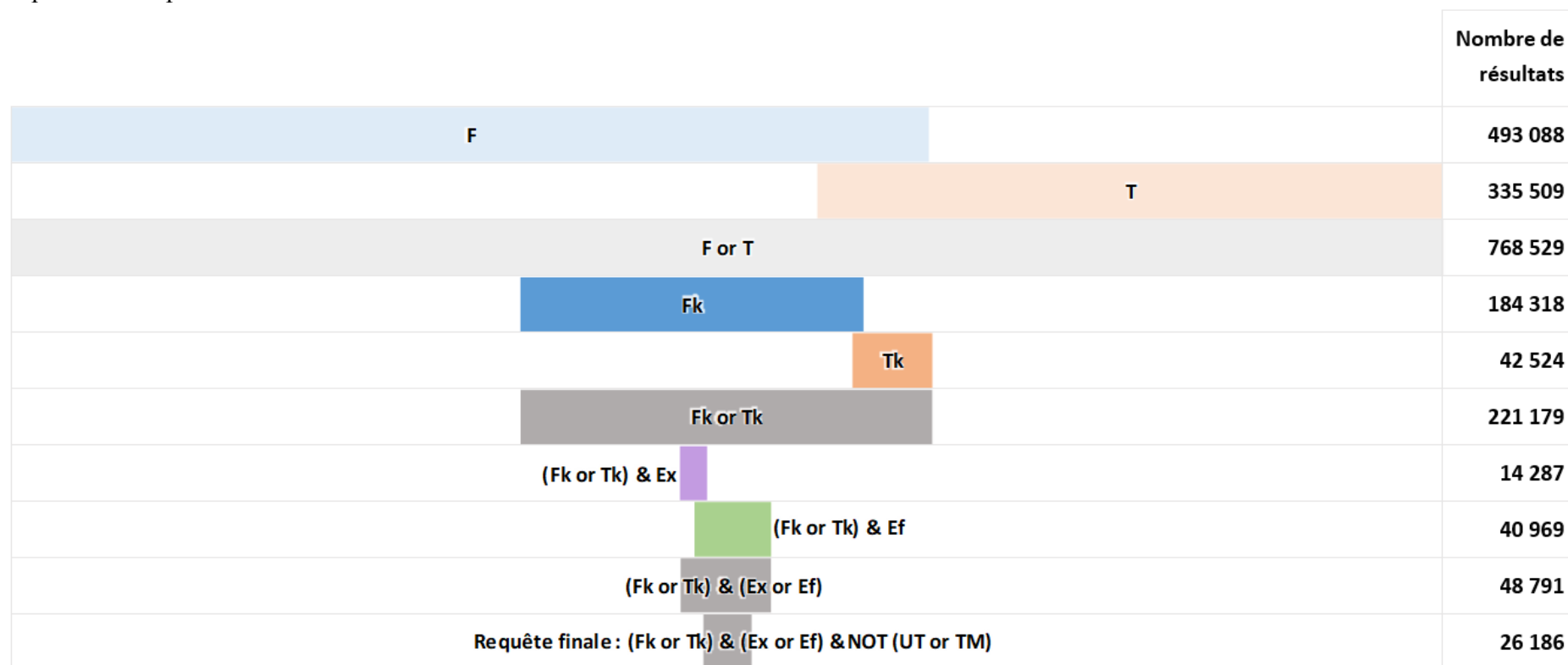


Figure 2 : Diagramme représentant différents segments de l'équation de recherche (cf. tableau ci-dessus pour le sens des abréviations utilisées ici) et la quantité de résultats correspondant sur Scopus (au 20/06/2019).

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU CORPUS (1996-2019)

Les analyses présentées dans cette section sont directement issues de l'outil fourni par Scopus pour analyser les résultats d'une équation de recherche donnée (outil « Analyze results », à partir de la page de présentation des résultats d'une requête, sur Scopus.com). Elles ont été réalisées le 31/01/2020 et portent sur l'ensemble de la période 1996-2019¹⁰. A cette date, l'équation de recherche renvoyait 27 659 notices. Si les données de cette analyse complémentaire ont été relevées après avoir constitué le corpus analysé dans les parties 3, 4, et 5 (analyses avec CorText Manager, basées sur un corpus téléchargé le 06/05/2019 via Scopus), la différence entre les quantités de résultats de la requête finale à ces deux dates différentes n'est que de 0,8%.

Note lexicale : de quoi est constitué un tel corpus ? Doit-on parler de résultat de l'équation de recherche, de notice, de document, ou encore de référence ?

Lorsqu'elle est opérée sur une base de données comme celles auxquelles donnent accès les moteurs de recherche Scopus et WOS, une équation de recherche renvoie un ensemble de résultats (un corpus), qui correspond en fait à un ensemble de notices bibliographiques, correspondant elles-mêmes à des « documents ». Ces documents peuvent être des articles publiés dans des revues scientifiques, des communications présentées dans des congrès ou colloques (« conference papers »), des éditoriaux de revues scientifiques, des chapitres d'ouvrages scientifiques, etc. La notice correspondant à un document contient quant à elle de nombreuses informations sur ce document, et notamment son/ses auteur(s), son titre, son résumé, les mots-clés qui y ont été associés (par les auteurs, par la revue dans laquelle il a été publié, ou encore par un portail de recherche bibliographique comme Pubmed...), les références bibliographiques citées dans ce document, etc.

Ainsi, chaque notice correspond à la fois à l'un des résultats de l'équation de recherche et à un document. Elle correspond aussi, d'une certaine manière, à une référence bibliographique, mais l'on préférera parler, dans le cadre de cette étude, de références uniquement lorsqu'il sera question des références bibliographiques qui figurent dans un document donné (et donc une notice donnée).

Ce sont ces notices qui constituent le corpus analysé directement sur Scopus.com ou téléchargé depuis ce site web, et à partir desquelles, une fois téléchargé, le travail sur CorText est réalisé. Pour autant, il revient au même, dans le cadre de cette étude de parler par exemple du « nombre de notices » ou du « nombre de documents » qui constituent notre corpus (même si la seconde expression n'est pas la plus rigoureuse).

Notons enfin que les notices bibliographiques téléchargées ne comportent pas le corps de texte des documents correspondants.

¹⁰ Ainsi l'équation de recherche utilisée pour produire les analyses présentées dans ces deux sections ne se termine pas simplement par « PUBYEAR > 1995 » comme celle présentée ci-dessus, mais par « PUBYEAR > 1995 AND PUBYEAR < 2020 ».

2.2.1 Distribution temporelle

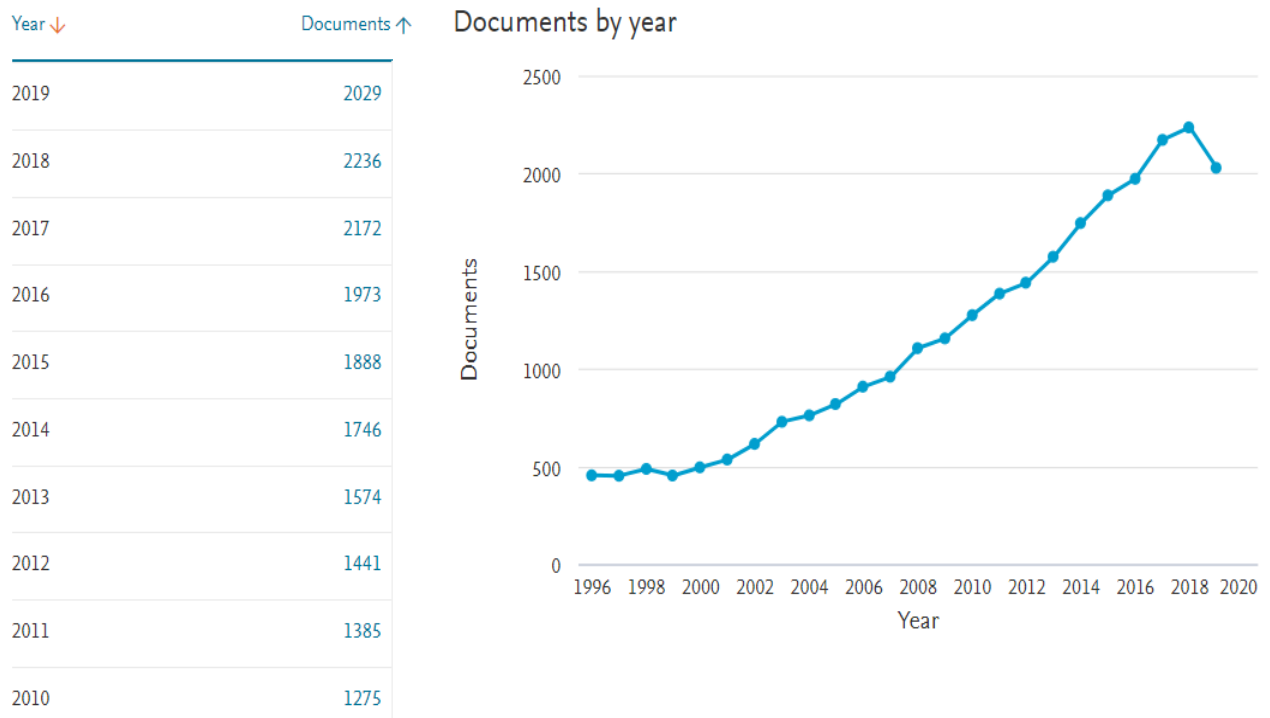


Figure 3 : A gauche : tableau présentant le nombre de documents présents dans le corpus et publiés pendant l'une des 10 dernières années.

A droite : courbe présentant le nombre de documents présents dans le corpus en fonction de leur date de publication.

Ces données de distribution temporelle montrent que la production scientifique annuelle dans ce champ de recherche sur les radiofréquences augmente de manière régulière tout le long de la période étudiée : entre 1995 et 2000, il y a environ 500 publications par an. A partir de 2000, la production scientifique annuelle augmente chaque année de 10% environ. La régularité de la croissance des publications laisse à penser qu'il n'y a pas de biais créé par la politique d'indexation de Scopus (qui ferait sinon apparaître des paliers plus nets, comme par exemple le choix d'inclure, à partir d'une certaine date, les *conference papers*).

Deux autres observations peuvent être faites : le taux de croissance du nombre de publications n'est pas particulièrement élevé. Il ne correspond pas à la croissance que connaît un champ de recherche qui serait dans la phase exponentielle de croissance, suivant la courbe en S typique du développement des champs de recherche (modèle de Price : démarrage lent, croissance exponentielle, puis déclin progressif¹¹). On peut noter, par ailleurs, que de ce point de vue quantitatif, on ne peut distinguer de "moments" ou de phases dans la production scientifique, liés par exemple à l'arrivée successive de nouvelles générations de technologies de télécommunication.

¹¹ Voir Fernández-Cano A., Torralbo M., Vallejo M., 2004, « Reconsidering Price's model of scientific growth: An overview », *Scientometrics*, 61, 3, p. 301-321.

2.2.2 Distribution par types de documents

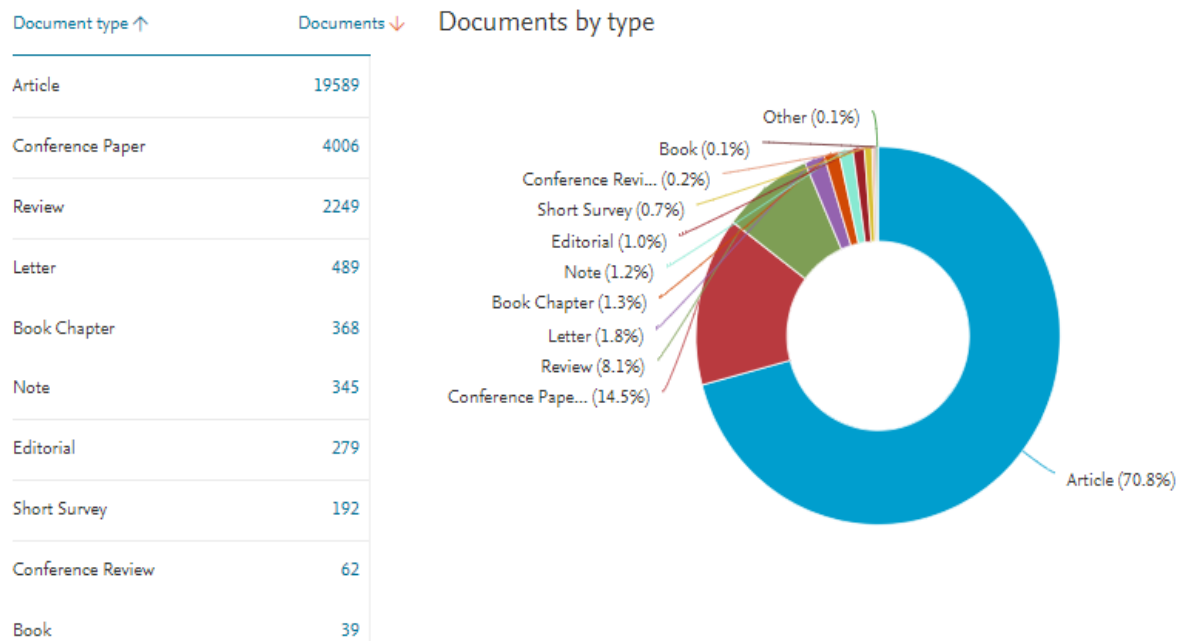


Figure 4 : A gauche : tableau présentant le nombre de documents correspondant aux 10 principaux types de documents présents dans le corpus.

A droite : Diagramme présentant les différents types de documents en fonction de la part du corpus qu'ils représentent. (Étiquettes tronquées : « Conference Paper » ; « Conference Review »)

Selon ces données, la proportion de publications scientifiques de type "conference papers", même si elle reste près de cinq fois plus faible que la proportion de publications de types "articles", est assez élevée. Cela marque l'importance des conférences organisées par les associations médicales et d'ingénierie médicale dans ce champ, notamment les suivantes: Proceedings of SPIE The International Society For Optical Engineering (121 références); Proceedings of The Annual International Conference Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society (EMBS) (96); Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics (90); IEEE International Symposium On Electromagnetic Compatibility (74); Progress In Biomedical Optics And Imaging Proceedings Of SPIE (63); Ifmbe Proceedings (61); Studies In Health Technology And Informatics (56).

Le nombre de publications de type "review", ou état de l'art, paraît également assez élevé. Les titres des revues publiant les plus fréquemment ces "reviews" étant les suivants: Bioelectromagnetics, Cochrane Database of Systematic Reviews, Progress In Biophysics And Molecular Biology, International Journal of Environmental Research And Public Health, NMR In Biomedicine, Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America, Medycyna Pracy, Reviews On Environmental Health, Journal of Medical Internet Research, Health Physics, Critical Reviews In Biomedical Engineering. Ces revues sont liées à la fois au segment que Scopus considère comme le segment « médical » de ce champ de recherche (1630 reviews produites par les revues de ces domaines), et au segment de l'étude des effets biologiques des radiofréquences (Bioelectromagnetics¹², Health Physics).

¹² Le champ de cette revue est présenté comme suit sur son site internet : « It is a peer-reviewed, internationally circulated scientific journal that specializes in reporting original data on biological effects and applications of

electromagnetic fields that range in frequency from zero hertz (static fields) to the terahertz undulations of visible light. Both experimental and clinical data are of interest to the journal's readers as are theoretical papers or reviews that offer novel insights into or criticism of contemporary concepts and theories of field-body interactions. The Bioelectromagnetics Society, which sponsors the journal, also welcomes experimental or clinical papers on the domains of sonic and ultrasonic radiation. » (voir <https://www.bems.org/journal/about>)

2.2.3 Distribution par domaines de recherche ou « *subject area* » (définis par Scopus)

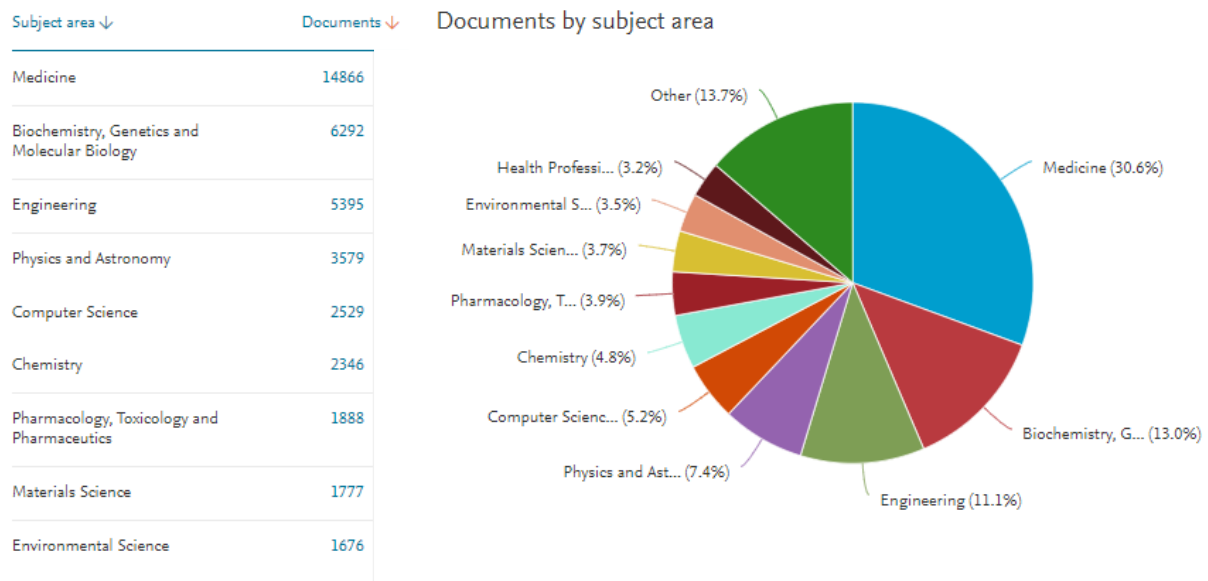


Figure 5 : A gauche : tableau présentant le nombre de documents correspondant aux 10 principaux domaines de recherche spécifiés par Scopus présents dans le corpus.

A droite : Diagramme présentant les différents domaines de recherche spécifiés par Scopus en fonction de la part du corpus qu'ils représentent (Medicine ; Biochemistry, Genetics and Molecular Biology ; Engineering ; Physics and Astronomy ; Computer Science ; Chemistry ; Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics ; Materials Science ; Environmental Science ; Health Professions)

Selon la définition des « *subjects area* » de Scopus, le corpus est très largement dominé par le domaine médical, quantitativement parlant. Si l'on recoupe cette information avec le classement des revues, et considérant ici les plus publiantes dans notre corpus, cela peut s'expliquer par la forte présence :

- d'une part de revues qui comprennent des questions médicales parmi leurs centre d'intérêt, mais traitent tout aussi centralement de la recherche sur les effets biologiques et sanitaires de l'exposition aux champs électromagnétiques : *Bioelectromagnetics*, *Plos One*, *Radiation Protection Dosimetry*, *Radiation Research* ;
- d'autre part de revues qui s'intéressent aux questions d'instrumentation médicale (notamment l'usage des radiations à des fins d'imagerie), et aux thérapies (notamment celles utilisant les radiofréquences) : *Magnetic Resonance in Medicine*, *Physics in Medicine and Biology*, *Medical Physics*, *International Journal of Hyperthermia*, *Electromagnetic Biology and Medicine*, *International Journal of Radiation Biology*, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*.

2.2.4 Pays

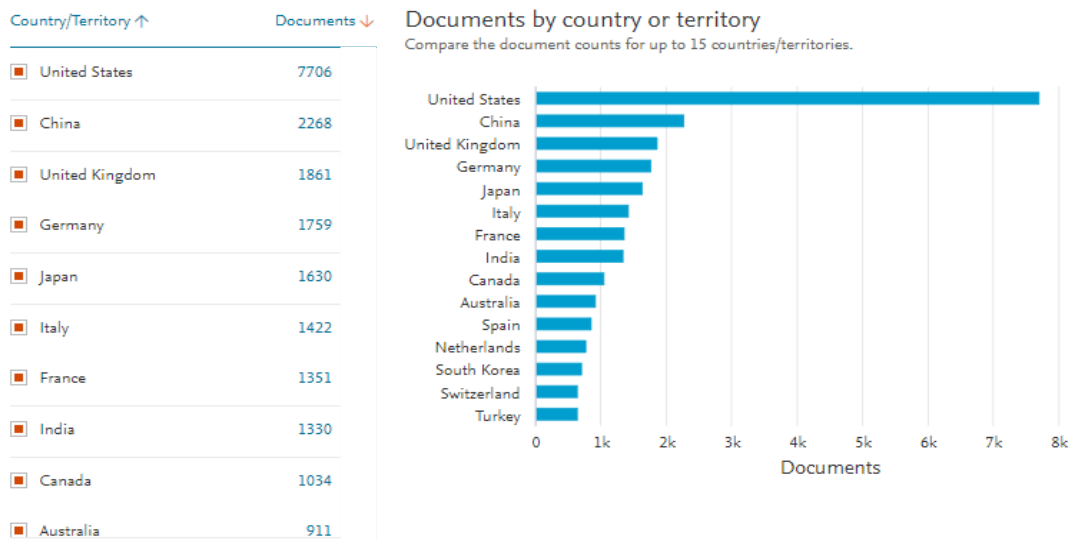


Figure 6 : A gauche : tableau présentant les 10 pays les plus publiants au sein du corpus et le nombre de documents correspondant (un document est compté lorsqu'au moins un de ses auteurs est affilié au pays correspondant) A droite : histogramme représentant la quantité de documents présents dans le corpus correspondant à chacun des 15 pays les plus publiants.

Les publications du corpus sont issues de 151 pays différents, c'est à dire un panel assez large. Les États-Unis dominent outrageusement le classement des pays.

Ce classement est globalement conforme à celui des pays classés en fonction du nombre de documents scientifiques produits en général (c'est-à-dire au-delà des recherches sur les radiofréquences, tous documents scientifiques confondus), mis à part que dans le cas présent, comme on peut l'observer dans le tableau présenté ci-dessous, les second (Chine), troisième (Royaume-Uni), quatrième (Allemagne) et cinquième (Japon) du classement, et en particulier la Chine, sont davantage surpassés par les États-Unis, en termes de nombres de documents publiés¹³. Dans ces deux classements (comme en atteste également le tableau présenté ci-dessous), les 11 premiers pays sont les mêmes, et les 5 premiers pays sont strictement au même rang, tandis que le classement des 6 suivants est légèrement différent.

¹³ Données issues du [Scimago Journal & Country Rank](https://www.scimagojr.com/countryrank.php) : <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>

Classement général (tous documents scientifiques confondus) (1996-2018) ¹⁴				Classement pour notre corpus (1996-2019)		
Rang	Pays	Nombre de documents	En proportion du nombre de documents publiés par les USA	Pays	Nombre de documents	En proportion du nombre de documents publiés par les USA
1	USA	12 070 144		USA	7 706	
2	China	5 901 404	49%	China	2 268	29%
3	UK	3 449 243	29%	UK	1 861	24%
4	Germany	3 019 959	25%	Germany	1 759	23%
5	Japan	2 750 108	23%	Japan	1 630	21%
6	France	2 120 161	18%	Italy	1 422	18%
7	Canada	1 744 508	14%	France	1 351	18%
8	Italy	1 744 314	14%	India	1 330	17%
9	India	1 670 099	14%	Canada	1 034	13%
10	Spain	1 376 358	11%	Australia	911	12%
11	Australia	1 362 848	11%	Spain	846	11%

Notons enfin qu'au sein de notre corpus, la distribution des publications entre les pays est relativement grande, puisque 50 pays se situent au-dessus de la barre de 50 publications dans le champ.

2.2.5 Affiliations

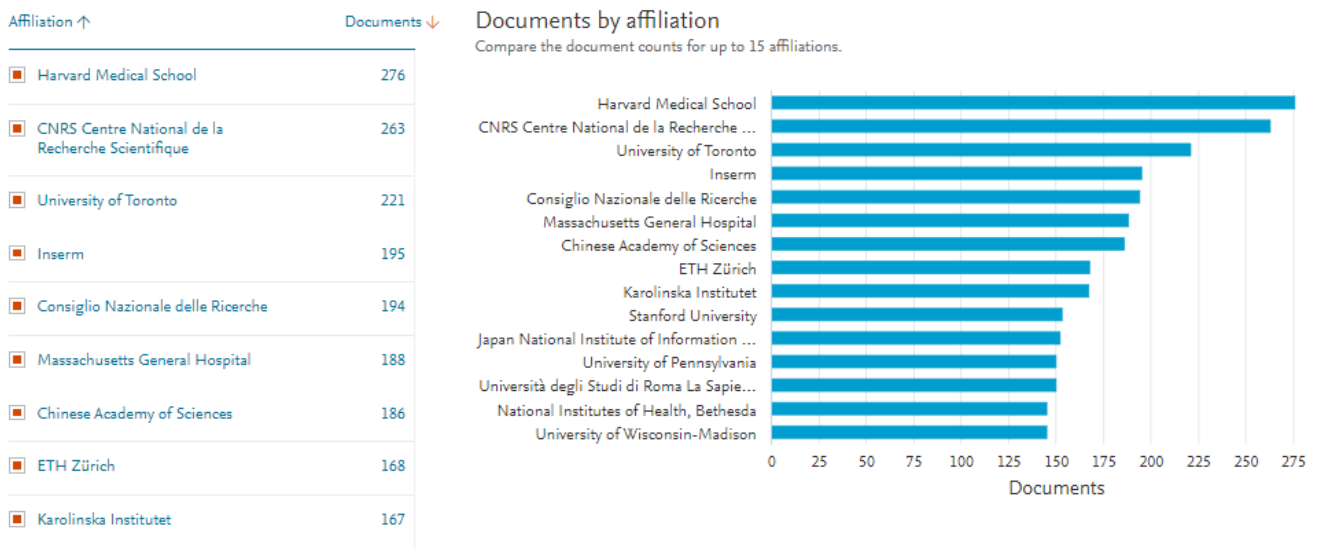


Figure 7 : A gauche : tableau présentant les 10 institutions de recherche les plus publiantes au sein du corpus et le nombre de documents correspondant (un document est compté lorsqu'au moins un de ses auteurs est affilié à l'institution de recherche correspondante)

A droite : histogramme représentant la quantité de documents dans le corpus correspondant à chacune des 15 institutions de recherche les plus publiantes.

¹⁴ Données issues du [Scimago Journal & Country Rank](https://www.scimagojr.com/countryrank.php) : <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>

(Étiquettes tronquées : « CNRS Centre National de la Recherche Scientifique » ; « Japan National Institute of Information and Communications Technology » ; « Università degli Studi di Roma La Sapienza »)

L'affiliation est l'établissement d'appartenance déclaré par les auteurs des documents. La distribution des documents à travers ces établissements est assez grande, puisque 160 établissements ont contribué à hauteur d'au moins 50 documents du corpus.

Parmi les 15 premiers établissements de ce classement, on remarque une majorité à vocation généraliste (CNRS ; University of Toronto ; Consiglio Nazionale delle Ricerche ; Chinese Academy of Sciences ; Stanford University ; University of Pennsylvania ; Università degli Studi di Roma La Sapienza ; University of Wisconsin-Madison), quatre établissements positionnés dans le champ de la recherche médicale (Harvard Medical School ; Inserm ; Massachusetts General Hospital ; National Institutes of Health, Bethesda) et deux spécialisés dans le domaine des technologies (ETH Zürich ; Japan National Institute of Information and Communications Technology).

2.2.6 Auteurs

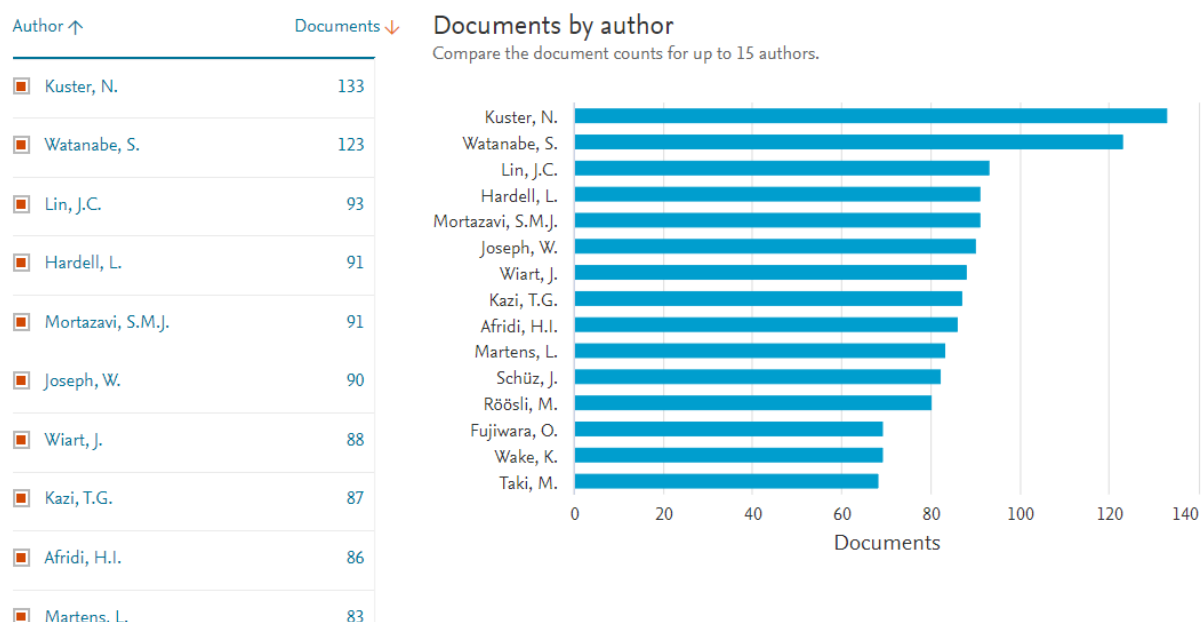


Figure 8 : A gauche : tableau présentant les 10 auteurs les plus publiants au sein du corpus et le nombre de documents correspondant.

A droite : histogramme présentant la quantité de documents dans le corpus correspondant à chacun des 15 auteurs les plus publiants.

Le champ compte 160 auteurs ayant contribué à hauteur d'au moins 20 publications. Les quinze premiers auteurs sont présentés dans le tableau ci-dessous¹⁵.

Nom	Affiliation	Formation	Thèmes de publication
Kuster, Nils	ETH Zürich	Génie électrique	measurement techniques, computational electromagnetics, and dosimetry and exposure assessments as well as on bioexperiments

¹⁵ Le corpus compte au total plus de 77000 auteurs.

Watanabe, S.	National Institute of Information and Communications Technology, Japan	Génie électrique	Radiofrequency fields, biomedical electromagnetic compatibility, voxel human models, uncertainty evaluation, calibration, and validation of radiation protection standards
Lin, J.C.	University of Illinois in Chicago	Génie électrique	Biomedical instrumentation, Electromagnetic Engineering for Biology and Medicine, Imaging and Sensing, Bioelectromagnetics, Mobile Telecommunication Safety, Biological Interactions of Electromagnetic Radiation Including RF, Microwaves, and Lasers
Hardell, L.	Université de Örebro, Suède	Oncologie, épidémiologie	Risques de cancer liés à l'exposition aux produits chimiques, pesticides, radiofréquences ou technologies de communication sans fil.
Mortazavi, S.M.J.	Université de Shiraz, Iran	Medecine physique et radiologique	Cancer, Radiation Protection, Radiation Shielding, Non-Ionizing Radiation, EMF
Joseph, W.	Université de Gant	Génie électrique, micro-électronique	Electromagnetic field exposure assessment, in-body electromagnetic field modelling, electromagnetic medical applications, propagation for wireless communication systems, IoT, antennas and calibration.
Wiert, J.	Université Paris-Saclay	Ingénieur telecom	Exposure assessment to radiofrequencies and electromagnetic
Kazi, T.G.	University of Sindh, Jamshoro, Pakistan	Chimie analytique	Analyse médicaments, extraction et détection de substances chimiques
Afridi, H.I.	Center of Excellence in Analytical Chemistry, Pakistan	Chimie analytique	Evaluation de la qualité de l'eau, détection de métaux dans milieux biologiques, biodisponibilité des polluants
Martens, L.	Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Utrecht	Epidémiologie	Evaluation des risques, évaluation de l'exposition, perception des risques, téléphonie mobile
Schüz, J.	Section Environment and Radiation, CIRC	Epidémiologie	Causes environnementales du cancer, risques liés à l'exposition à la téléphonie mobile et aux champs électromagnétiques
Röösli, M.	Department of Epidemiology and Public Health, Swiss Tropical & Public Health Institute, Basel	Epidémiologie environnementale	Exposition environnementale, mesures d'exposition, radiation non-ionisante, champs électromagnétiques.
Fujiwara, O.	Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya	Génie électrique	Bioélectromagnétique, absorption, champs électromagnétiques, mesures d'exposition, modélisation, effets de l'exposition aux radiofréquences.
Wake, K.	National Institute of Information and Communications Technology, Tokyo	Génie électrique	Mesure de champs électriques, dosimétrie, effets biologiques des micro-ondes, effets biologiques des radiations, dosimétrie, normes IEEE.

Hirata, A.	Department of Electrical and Mechanical Engineering , Nagoya Institute of Technology	Génie électrique	Dosimétrie, mesure de champs électriques, exposition humaine aux ondes électromagnétiques.
Taki, M.	Department of Electrical Engineering, Tokyo	Génie électronique, physique électronique	Bioelectromagnétique, électromagnétique, technologie micro-onde, ingénierie des radiofréquences, électromagnétique computationnelle

2.2.7 Financeurs

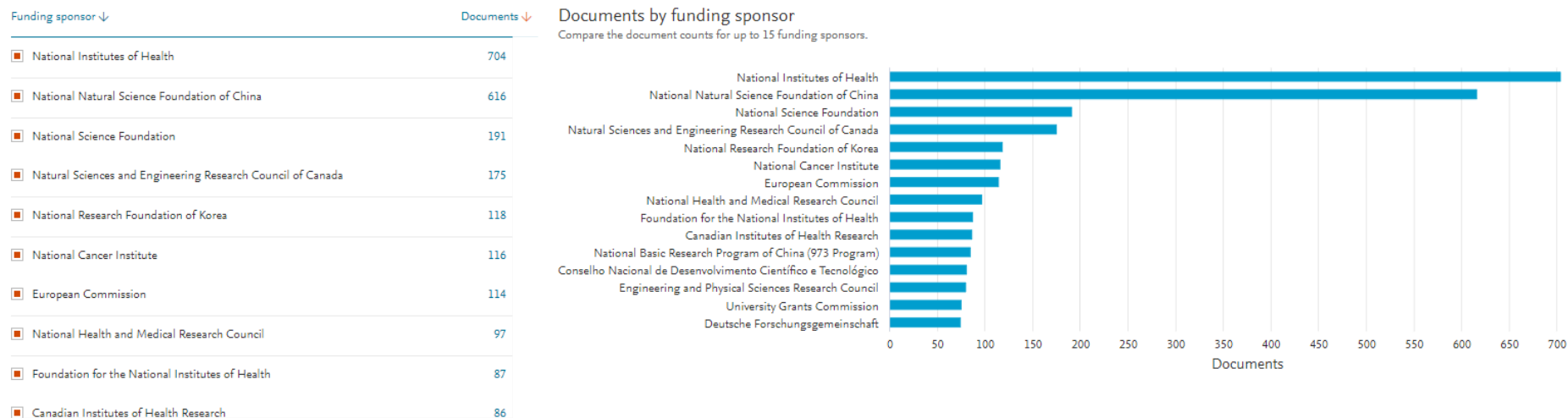


Figure 9 : A gauche : tableau présentant les 10 financeurs de recherche les plus présents dans le corpus et le nombre de documents correspondant. A droite : histogramme représentant la quantité de document dans le corpus correspondant aux 15 financeurs de recherche qui y sont le plus présents.

Les données fournies par Scopus se limitent aux financeurs qui sont mentionnés au moins onze fois dans le corpus. Le nombre de ces derniers s'élève à 159. Notons cependant que selon ces mêmes données près de 22 000 documents dans notre corpus ne mentionnent pas de financeur.

La liste des 159 financeurs est essentiellement constituée de noms d'agences de financement nationales et généralistes (le NIH, premier institut dans ce classement, est l'institut national de recherche sur la santé aux États-Unis, qui chapeaute de multiples institutions spécialisés, comme le National Cancer Institute, National Human Genome Research Institute, National Institute for Environmental Health Sciences...), au sein de laquelle l'Agence Nationale de la Recherche et le CNRS, premiers financeurs français, apparaissent aux environs de la 30^e position.

Le fait que la grande majorité des documents présents dans le corpus (21777 documents sur 27659, soit 79%), selon les données fournies par Scopus, ne mentionnent pas de source de financement, ne permet pas d'apporter d'indications quant à la répartition des types de financement (par exemple public/privé) du champ de recherche étudié ici. Les mentions de financement dans les articles n'incluent généralement pas les

sommes monétaires consacrées à la recherche, peu d'informations peuvent donc être extraites sur l'évolution des budgets de recherche globaux du domaine.

2.2.9 Revues

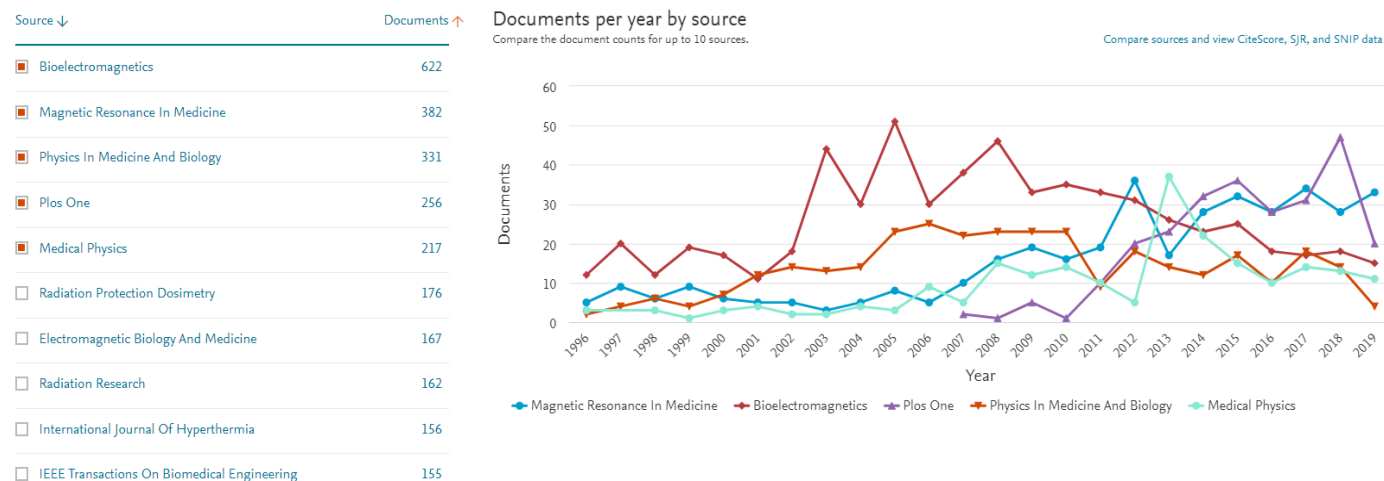


Figure 10 : A gauche : tableau présentant les 10 revues les plus publiantes au sein du corpus et le nombre de documents correspondant. A droite : courbes représentant la distribution temporelle du nombre de documents publiés par les 5 revues les plus publiantes au sein du corpus.

Dans l'ensemble, 150 revues ont contribué à ce corpus à hauteur de plus de 20 documents, et 20 d'entre elles ont contribué à hauteur de plus de 100 documents. La revue *Bioelectromagnetics* est la principale source de publications du corpus sur la période complète. C'est la revue de la *Bioelectromagnetics Society*, une association savante réunissant selon sa présentation officielle « *biological and physical scientists, physicians and engineers interested in the interactions of electromagnetic fields with biological systems*¹⁶ ». De 1996 à 2012, c'est cette revue qui a publié le plus grand nombre de documents chaque année. Depuis 2009, le nombre de documents concernant les thématiques constitutives du corpus publiées chaque année est en baisse constante. Trois autres revues ont, à compter de 2010, augmenté leur production sur les thématiques du corpus, pour dépasser *Bioelectromagnetics* : il s'agit de *Magnetic Resonance in Medicine*, revue dédiée aux applications médicales de la résonance magnétique nucléaire (positionnée donc dans une tout autre partie du champ que compose les documents du corpus) ; de *Physics in Medicine and Biology*, revue internationale de physique médicale et radiologique publiant des articles pour le compte de plusieurs sociétés professionnelles

¹⁶ <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/1521186x/homepage/society.html>, consultée le 14/02/2020.

médicales nationales. La troisième revue concernée est *Plos One*, qui apporte au corpus un ensemble de documents sur les effets des ondes électromagnétiques principalement, mais aussi, quoiqu'en plus faible quantité, des documents sur les applications médicales.

3 ANALYSE DE LA STRUCTURATION GENERALE DU CHAMP DE RECHERCHE PAR LE PRISME DES CO-PUBLICATIONS

Cette partie s'appuie sur le corpus de 25 980 notices bibliographiques constitué via Scopus le 06/05/2019, et analysé avec le CorText manager.

Nous présentons d'abord ci-dessous quelques analyses quantitatives concernant les auteurs, les pays et les revues les plus publiantes au sein de notre corpus, semblables à certaines de celles qui ont été présentées ci-avant dans la partie 2 (« Analyse quantitative du corpus »). Nous revenons ici sur ces données (section 3.1) parce qu'elles permettent de confirmer que les caractéristiques générales du corpus constitué le 06/05/2019 sont identiques à celle du corpus analysé directement sur Scopus le 31/01/2020, pour toute la période 1996-2019, mais aussi parce qu'il s'agit d'informations importantes à garder en tête pour l'analyse des réseaux de co-publication présentés juste après (section 3.2).

3.1 INFORMATIONS PRELIMINAIRES (ANALYSE QUANTITATIVE SUR LES NOMS D'AUTEURS, LES PAYS ET LES REVUES LES PLUS PUBLIANTS)

3.1.1 Noms d'auteurs les plus publiants dans le corpus (janvier 1996 – avril 2019)

On trouve plus de 77 000 noms d'auteurs dans le fichier fourni par Scopus. Si ces données fournies par Scopus permettent de dresser une liste des noms d'auteurs les plus fréquents dans notre corpus (cf. figure présentée en annexe A2), cette liste souffre cependant de problèmes d'homonymie : certains noms correspondent à plusieurs chercheurs différents et les données, telles qu'elles sont fournies dans le fichier au format RIS téléchargé de Scopus.com, ne permettent pas de les différencier¹⁷.

Notons d'ailleurs que la gestion des homonymies et des synonymies de noms d'auteurs constitue un problème d'actualité au sein de la communauté de recherche en scientométrie¹⁸. De nombreuses personnes travaillent aujourd'hui encore à proposer des méthodes de désambiguïsation applicables à de larges jeux de données de littérature académique¹⁹.

La figure 1 ci-dessous présente une liste des noms d'auteurs les plus fréquents dans le corpus partiellement désambiguïsée, classés selon le nombre de publications correspondantes : par rapport à la figure présentée en annexe A2, ont été retirés les noms des auteurs dont nous

¹⁷ D'où l'usage, ici, de l'expression « noms d'auteurs », puisque l'on ne peut dire avec certitude pour les 77000 noms, qu'il s'agit bien d'auteurs différents. Certains auteurs sont présents sous plusieurs graphies dans cette liste de 77000 noms.

¹⁸ Voir par exemple Fournier, D. (2015). Enjeux de l'identification des auteurs et solutions actuelles, *L'identité du publiant à l'épreuve du numérique*, Bordeaux, 16 juin 2015, http://weburfist.univ-bordeaux.fr/wp-content/uploads/2015/10/20150616_FOURNIER_URFIST-ID-AUTEURS.pdf. Sur les questions d'homonymie et de synonymie, voir en particulier p. 11 à 15.

¹⁹ Voir par exemple Kim, J., Kim, J., & Owen-Smith, J. (2019). Generating automatically labeled data for author name disambiguation: an iterative clustering method. *Scientometrics*, 118(1), 253-280.

sommes certains qu'ils sont ambigus (autrement dit : dont nous sommes certains qu'ils correspondent à au moins deux auteurs différents).

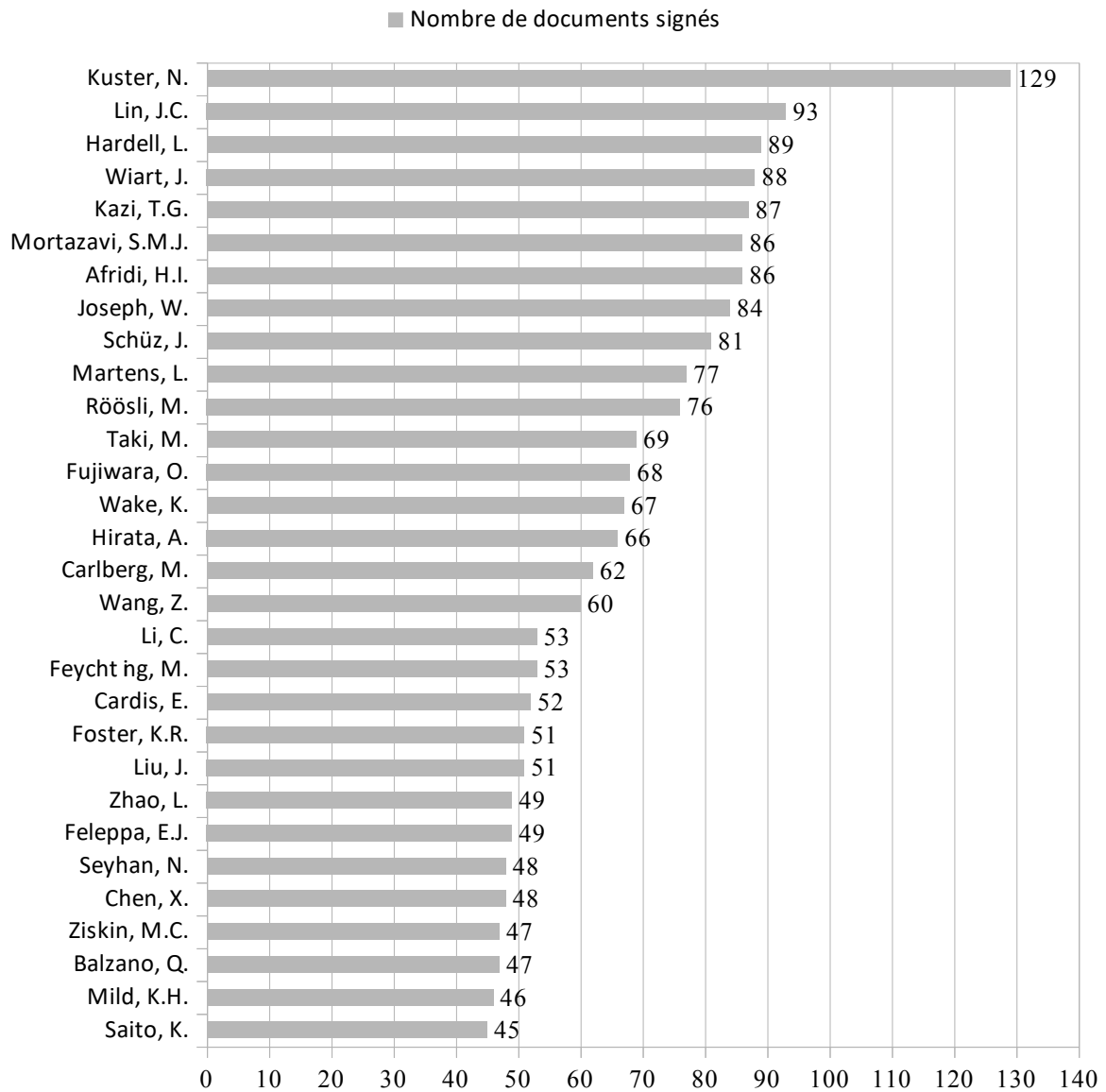


Figure 11 : Liste (partiellement désambiguïsée) des 30 noms d'auteurs les plus publiants dans le corpus (janvier 1996 – avril 2019).

3.1.2 Pays les plus publiants dans le corpus (janvier 1996 – avril 2019)

On trouve au total **148 pays différents** dans les affiliations des auteurs.

Vue statique sur l'ensemble de la période janvier 1996 – avril 2019

Le graphique et le tableau suivants présentent les pays les plus publiants au sein du corpus, classés selon le nombre de documents attribuables à chaque pays.

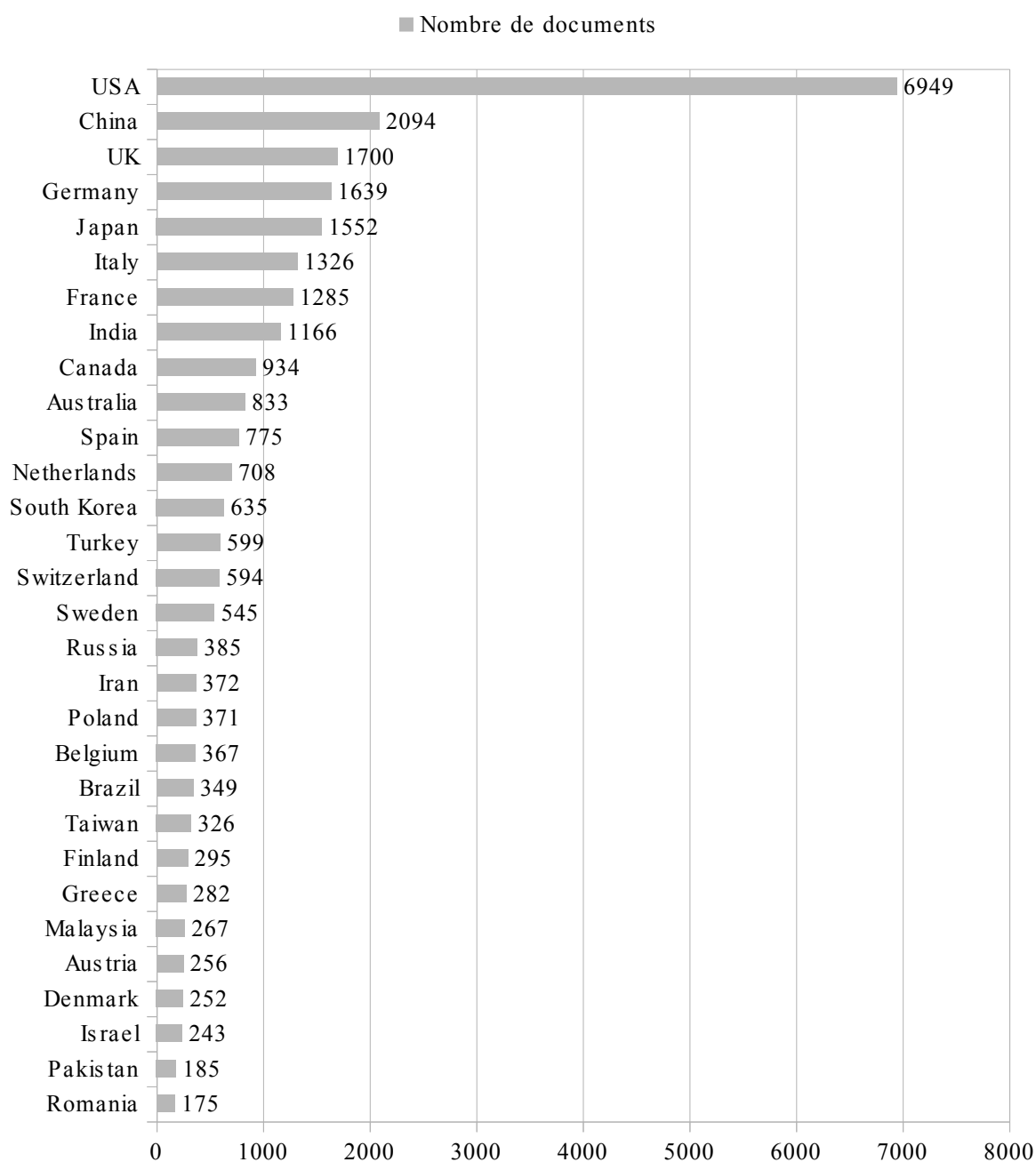


Figure 12 : Les 30 pays les plus publiants (selon le nombre de documents distincts attribuables à chaque pays²⁰)

Vue dynamique au long de la période 1996-2018

²⁰ Le calcul du nombre de documents attribuables à chaque pays est effectué à partir des pays indiqués dans les affiliations des auteurs, mais c'est bien le nombre de documents attribuable à chaque pays qui est compté : si un document est cosigné par trois auteurs français, par exemple, l'occurrence de « France » comptée pour ce document est de 1 (et non de 3).

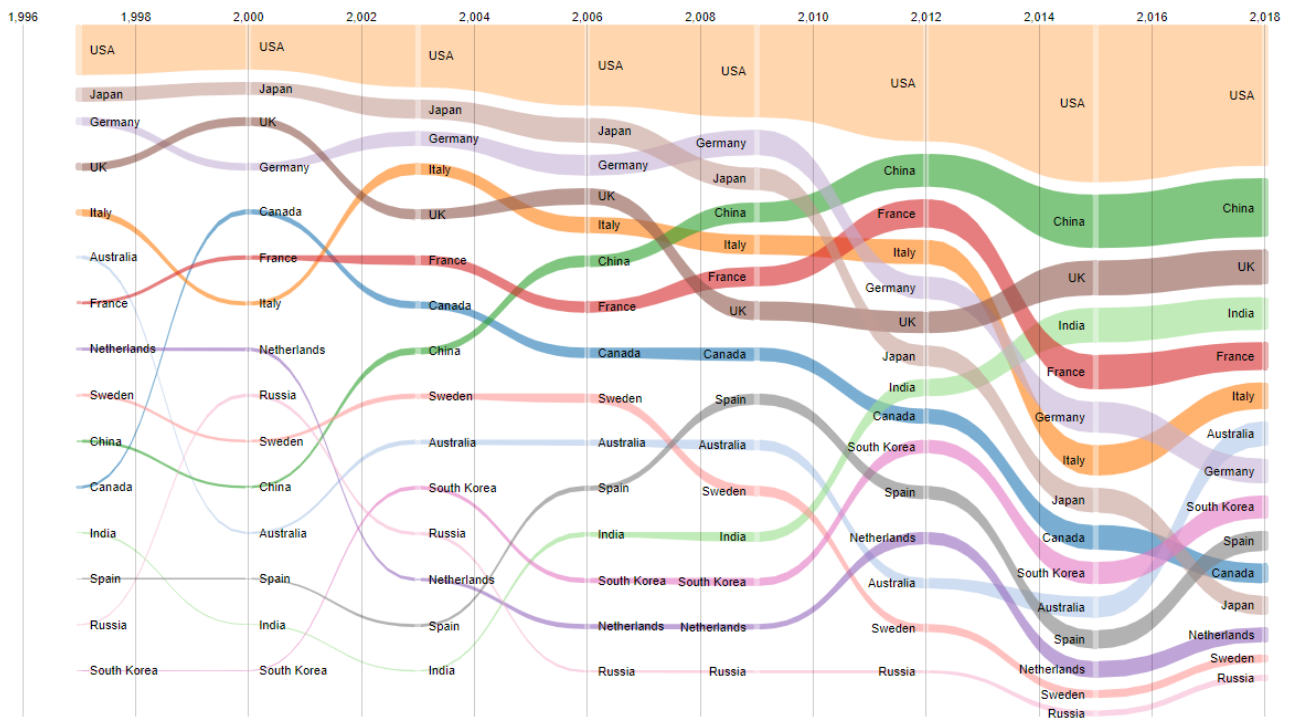


Figure 13 : Diagramme permettant de visualiser l'évolution de la quantité de documents publiés par un pays (représenté par l'épaisseur du trait) et le classement de celui-ci (en termes de quantité de documents publiés). Apparaissent ici les 15 pays que l'on retrouve le plus souvent parmi les 9 en tête du classement, sur l'ensemble de la période 1996-2018.

On peut notamment observer :

- que les USA sont restés en tête du classement pendant toute la période
- une montée dans le classement, progressive mais importante (sept rangs), pour la Chine et de l'Inde (passage, respectivement, de la 9^e à la 2^e place et de la 11^e à la 4^e place) et légèrement moins importante (six rangs) pour la Corée du Sud (15^e à 9^e)
- une descente du Japon dans le classement, elle aussi progressive mais importante (passage de la 2^e à la 10^e place)
- une descente dans le classement un peu moins importante (de 5 rangs) pour l'Allemagne (de la 3^e à la 8^e place), les Pays-Bas (8^e à 13^e), et la Suède (9^e à 14^e)
- une situation relativement stable pour le Royaume-Uni et la France (oscillant tous deux entre 3^e et 7^e place), l'Italie (oscillant entre 4^e et 7^e place), l'Espagne (entre 9^e et 13^e), et légèrement moins stable pour l'Australie (entre 6^e et 13^e), le Canada (entre 5^e et 11^e), et la Russie (entre 9^e et 15^e)

3.1.3 Revues les plus publiantes dans le corpus (janvier 1996 – avril 2019)

Vue statique sur l'ensemble de la période janvier 1996 – avril 2019²¹

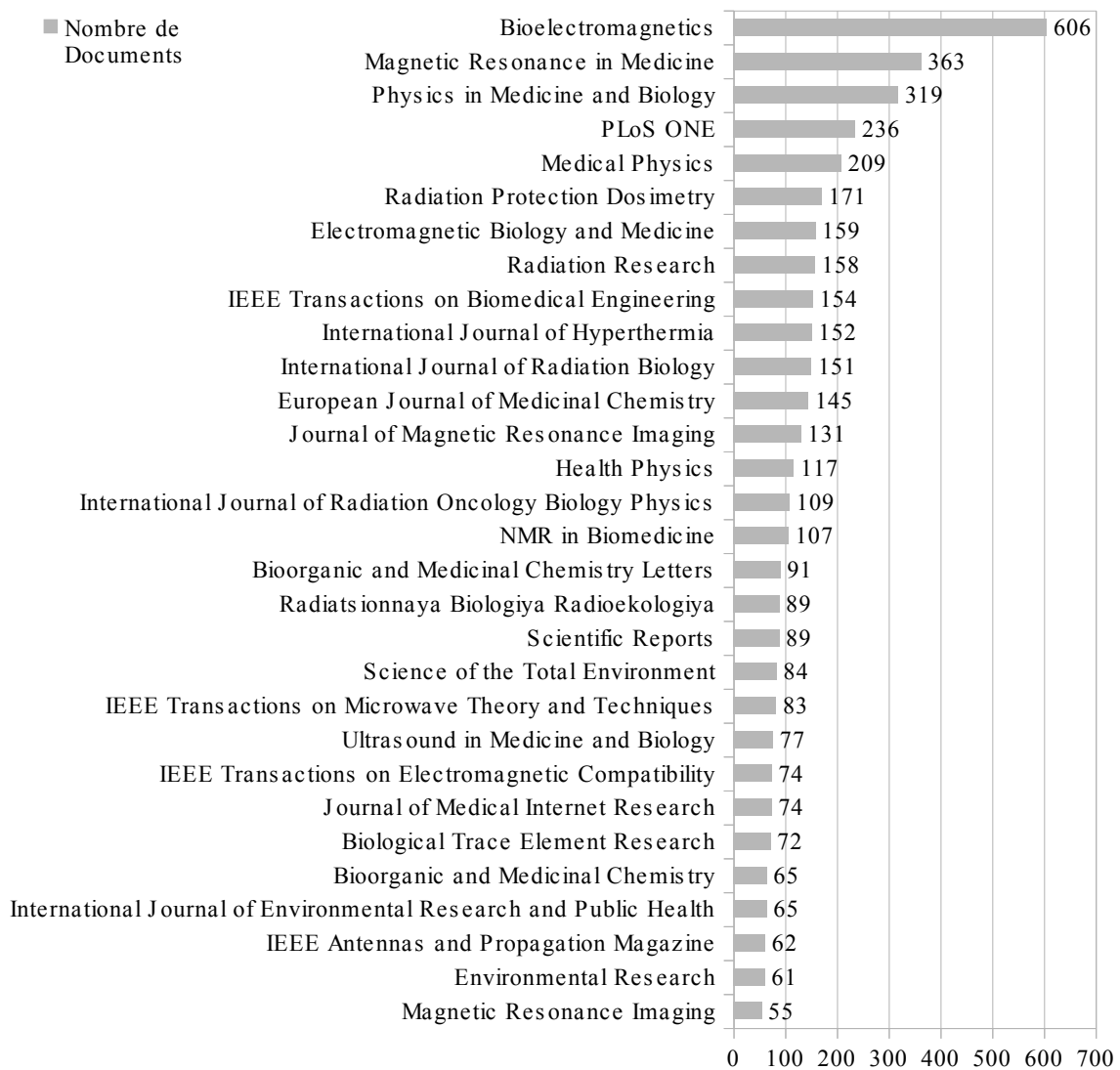


Figure 14 : Les 30 revues les plus publiantes au sein du corpus (janvier 1996 – avril 2019)

²¹ Magnetic Resonance in Medicine, International Journal of Hyperthermia, Ultrasound in Medicine and Biology, Journal of Medical Internet Research, Biological Trace Element Research, Bioorganic and Medicinal Chemistry, relèvent probablement plus strictement que les autres revues du domaine médical, et publient de manière moins fréquente sur la question des effets biologiques des radiofréquences et l'exposition à celles-ci.

Vue dynamique au long de la période 1996-2018

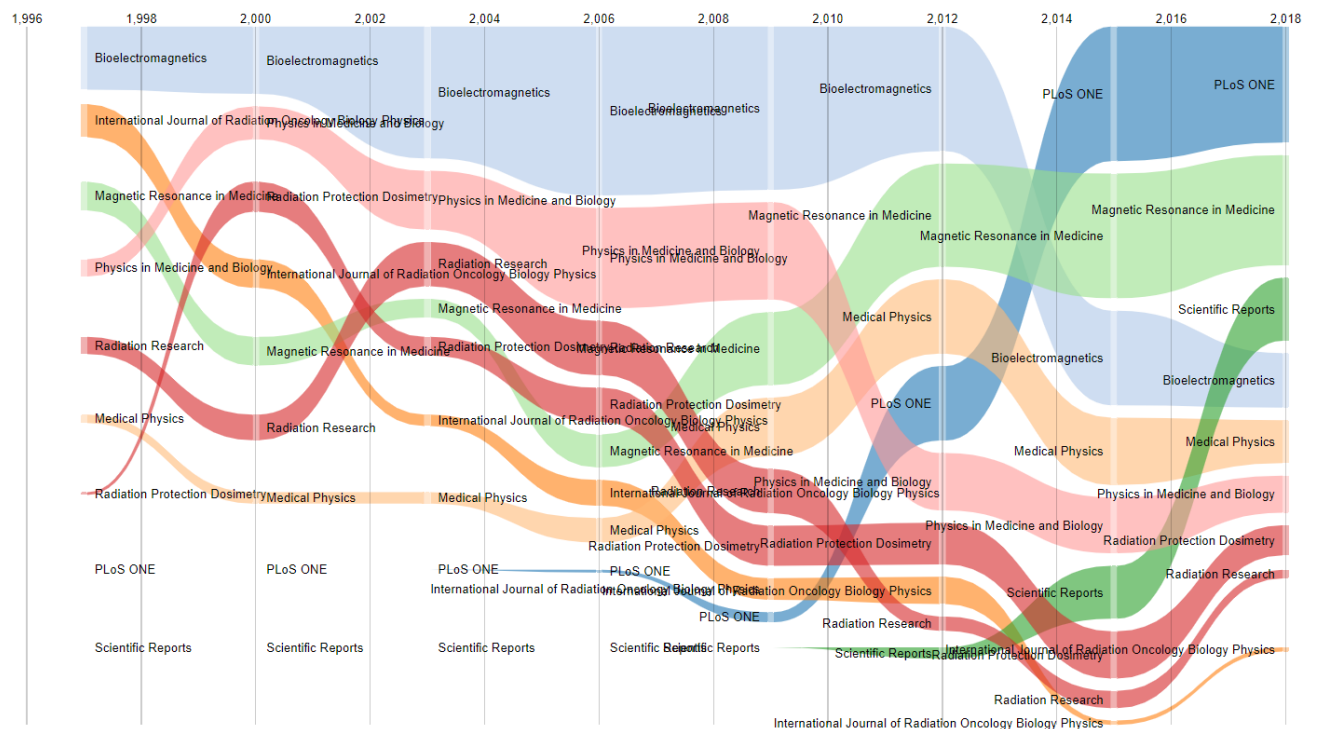


Figure 15 : Diagramme permettant de visualiser l'évolution de la quantité de documents publiés par une revue (représenté par l'épaisseur du trait) et le classement de celle-ci (en termes de quantité de documents publiés). Apparaissent ici les 9 revues que l'on retrouve le plus souvent parmi les 3 en tête du classement, sur l'ensemble de la période 1996-2018.

La liste des revues publiant le plus de documents du corpus au cours du temps, laisse apparaître un changement net sur la fin de la période, avec un recul du poids relatif de la revue *Bioelectromagnetics*, et une montée en force de la revue *Plos One* tout particulièrement, ainsi que *Scientific Reports* (support Open Access du groupe *Nature*). Le poids croissant de *Plos One* et *Scientific Reports* suit la progression générale du nombre d'article publiés par ces deux revues (ou *mega-journals* comme ils tendent à être appelés aujourd'hui). Du côté de *Bioelectromagnetics*, le passage du premier au quatrième rang semble devoir être imputé à une baisse du nombre d'articles publiés spécifiquement sur le sujet de l'exposition et des effets négatifs des champs électromagnétiques liés aux technologies de communication, après des années pendant lesquelles le sujet a fait l'objet d'un plus grand nombre de publications (2010-2014). Le nombre d'articles sur le sujet dans la revue suit une courbe en cloche, qui peut signifier soit une baisse du nombre de soumissions sur le sujet à la revue, ou un intérêt éditorial déclinant de la part de la revue elle-même. Quelle que soit la raison, l'évolution du poids des articles de la revue dans le corpus global est un signe possible de l'investissement moindre sur le sujet au cours du temps.

3.2 RESEAU DE CO-PUBLICATION

Note générale sur l'interprétation des cartes

CorText permet d'analyser des ensembles de données via des graphes de différents types. Pour ce qui est des graphes présentés sous forme de réseaux, trois éléments sont à prendre en compte : les nœuds (matérialisés sur les graphes par des triangles ou des cercles plus ou moins gros) ; les liens entre ces

nœuds ; et les clusters (ensembles de nœuds d'une même couleur, matérialisés dans les images présentées ici par des disques de la même couleur que les nœuds qui y sont rattachés).

La taille des nœuds varie en fonction du nombre d'occurrences de l'entité considérée (auteur, terme, etc.) dans le corpus. Par exemple, si le nœud représente un auteur, le point sera gros si l'auteur a publié un grand nombre d'articles du corpus.

S'agissant des liens : deux nœuds sont reliés par un trait si leur cooccurrence dans le corpus dépasse un certain seuil (choisi par la personne qui a produit le graphe). Si la cooccurrence est élevée, le lien sera à la fois plus foncé et plus épais.

Nota Bene : En fonction du seuil choisi, deux entités peuvent apparaître au sein d'un même document du corpus sans que cette cooccurrence soit matérialisée sur la carte. L'absence de lien entre deux nœuds peut donc signifier deux choses : soit il est effectivement inexistant dans le corpus (ces deux entités n'apparaissent jamais dans un même document, au sein du corpus étudié), soit ce lien est plus faible que les autres qui sont représentés sur la carte.

Les clusters rassemblent des nœuds qui ont des relations fortes entre eux. La position spatiale des clusters ne doit pas être sur-interprétée : elle est définie par le logiciel de manière à ce que la carte d'ensemble soit la plus lisible possible. Leur position peut varier selon l'algorithme de clusterisation choisi.

Note sur la consultation des cartes en ligne (au format gefx)

Les cartes présentées ci-dessous sont consultables en lignes dans un format (gefx) qui permet de les explorer de façon plus dynamique et plus détaillée (les liens correspondant à chacune des cartes sont indiqués en-dessous d'elles). En effet, sur la page web correspondante, il est notamment possible de :

- zoomer sur une partie de la carte,
- procéder à une recherche de l'entité sur la carte en entrant le mot correspondant dans une barre de recherche (la carte est alors recentrée sur ce mot, s'il est présent sur la carte),
- cliquer sur une entité pour voir apparaître dans la colonne de droite la liste des autres entités qui y sont liées sur la carte.

En revanche, les « étiquettes » (cf. Note sur l'interprétation du contenu des « étiquettes » ci-après) et les disques de couleurs correspondant aux clusters ne sont pas visibles sur les cartes lorsqu'elles sont consultées en format gefx. (Les clusters restent néanmoins visibles du fait que les nœuds appartenant à un même cluster sont de la même couleur).

Toutes les cartes de cette section présentent un réseau de co-publication dans lequel figurent les 413 noms d'auteurs les plus publiants dans notre corpus (ce qui correspond à l'ensemble des noms d'auteurs auxquels sont rattachés au moins 16 documents²²).

²² Le choix de 16 (documents) comme seuil minimal résulte d'un compromis entre une volonté de faire apparaître un grand nombre de noms d'auteurs (et donc de prendre en compte un maximum d'auteur dans le réseau de co-publication présenté) et des enjeux de lisibilité des données.

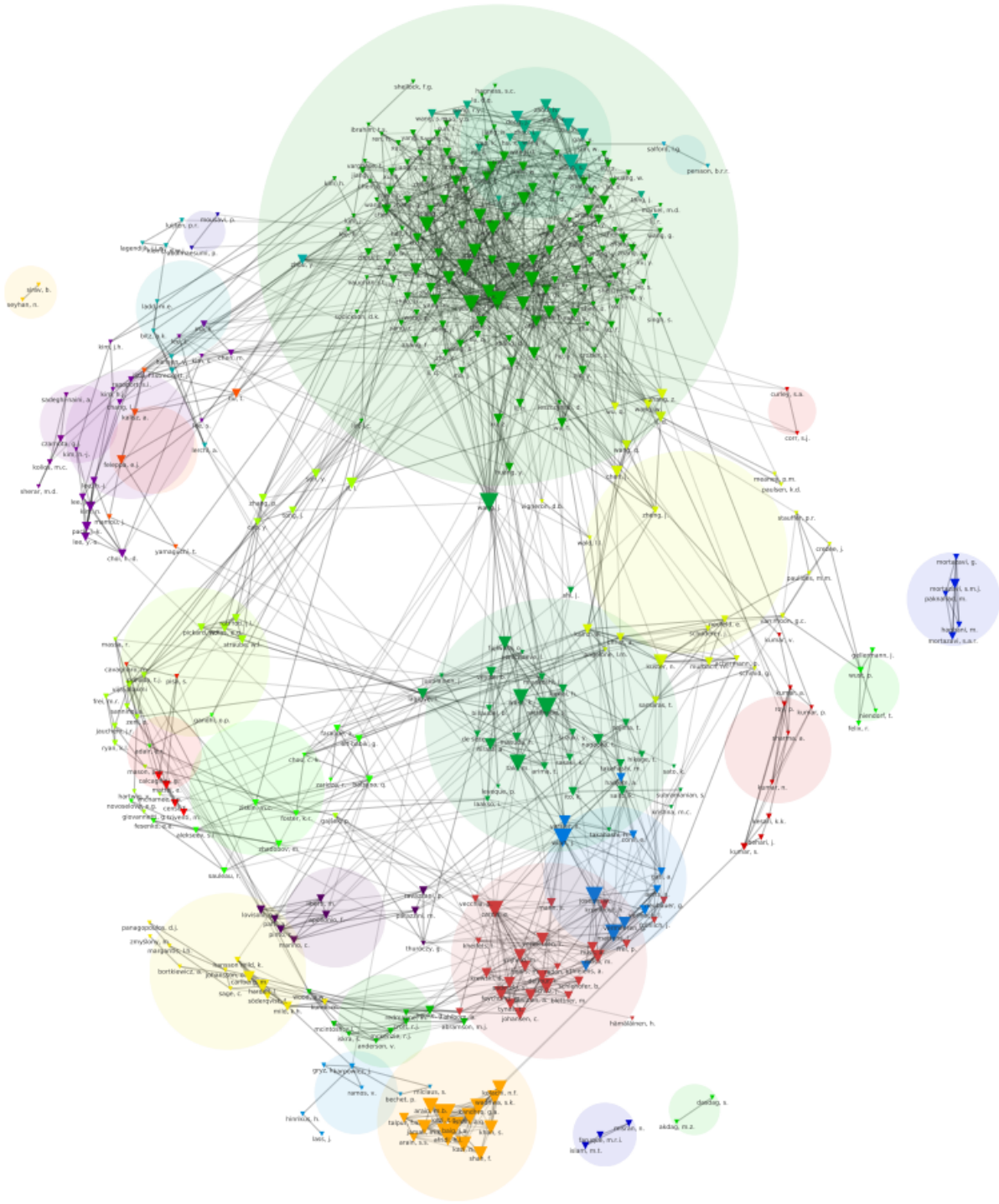


Figure 16 : Carte de co-publication des auteurs ayant signé plus de 16 documents dans notre corpus (413 auteurs ; période janvier 1996 – avril 2019).

Cette carte est consultable en ligne (au format Gefx) à l'adresse suivante (cf. Note sur la consultation des cartes en lignes, ci-avant) :

<https://documents.cortext.net/lib/mapexplorer/explorerjs.html?file=https://assets.cortext.net/docs/42993fef0a801e2d38941622b54a5563>

3.2.1 Commentaires généraux sur la carte de co-publication comprenant les 413 noms d'auteurs les plus publiants

Ci-dessous figure la liste des « noms » des clusters qui apparaissent sur cette carte. Le nom d'un cluster est constitué des deux noms d'auteurs qui ont le plus publié ensemble au sein de celui-ci, lorsque l'on considère l'ensemble de la période (janvier 1996 – avril 2019) :

	Peng, R. & Wang, S.		Akdag, M.Z. & Dasdag, S.
	Wang, Y. & Zhang, Y.		Czarnota, G.J. & Kolios, M.C.
	Calcagnini, G. & Mattei, E.		Kalisz, A. & Feleppa, E.J.
	Mousavi, P. & Abolmaesumi, P.		Corr, S.J. & Curley, S.A.
	Joseph, W. & Martens, L.		Gellermann, J. & Wust, P.
	Lovisol, G.A. & Pinto, R.		Seyhan, N. & Sirav, B.
	Faruque, M.R.I. & Islam, M.T.		Watanabe, S. & Wake, K.
	Persson, B.R.R. & Salford, L.G.		Hardell, L. & Carlberg, M.
	Kumar, S. & Kesari, K.K.		Kuster, N. & Kainz, W.
	Zhadobov, M. & Sauleau, R.		Schüz, J. & Cardis, E.
	Mortazavi, S.A.R. & Mortazavi, S.M.J.		Straube, W.L. & Moros, E.G.
	Strecker, J. & Hansen, V.		Pack, J.-K. & Kim, N.
	McKenzie, R.J. & Croft, R.J.		Kazi, T.G. & Afridi, H.I.
	Karpowicz, J. & Hinrikus, H.		

Comme évoqué ci-dessus au sujet des problèmes de désambiguïsation des données fournies par Scopus concernant les auteurs dans le corpus exporté en .RIS, nous savons que certains noms regroupent en un seul point plusieurs auteurs.

Il est important d'identifier ces noms puisqu'ils faussent dans une certaine mesure la carte, par le fait qu'au moins deux points qui devraient représenter des personnes différentes dans le réseau de co-publication, donc deux points (ou plus) qui devraient être distincts, se trouvent fusionnés.

Le tableau suivant présente la liste des 45 noms d'auteurs (parmi les 413 les plus publiants) dont les données fournies par Scopus nous permettent de savoir qu'ils correspondent à au moins deux personnes différentes, ainsi que le cluster dans lequel ils se trouvent :

Rang	Nom d'auteur	Nombre de documents	Cluster d'appartenance sur la carte de co-publication	Remarques
1	Wang, J.	148	Watanabe, S. & Wake, K.	Pont avec les clusters suivants : - Wang, Y. & Zhang, Y. ; - Zhadobov, M. & Sauleau, R. ; - Straube, W.L. & Moros, E.G. ; - Kalisz, A. & Feleppa, E.J. ; - Peng, R. & Wang, S.
3	Wang, Y.	124	Wang, Y. & Zhang, Y.	
4	Watanabe, S.	121	Watanabe, S. & Wake, K.	
5	Zhang, Y.	121	Wang, Y. & Zhang, Y.	
6	Zhang, J.	103	Wang, Y. & Zhang, Y.	
7	Li, Y.	96	Wang, Y. & Zhang, Y.	
15	Wang, S.	81	Peng, R. & Wang, S.	
16	Wang, X.	82	Wang, Y. & Zhang, Y.	
17	Zhang, X.	79	Wang, Y. & Zhang, Y.	

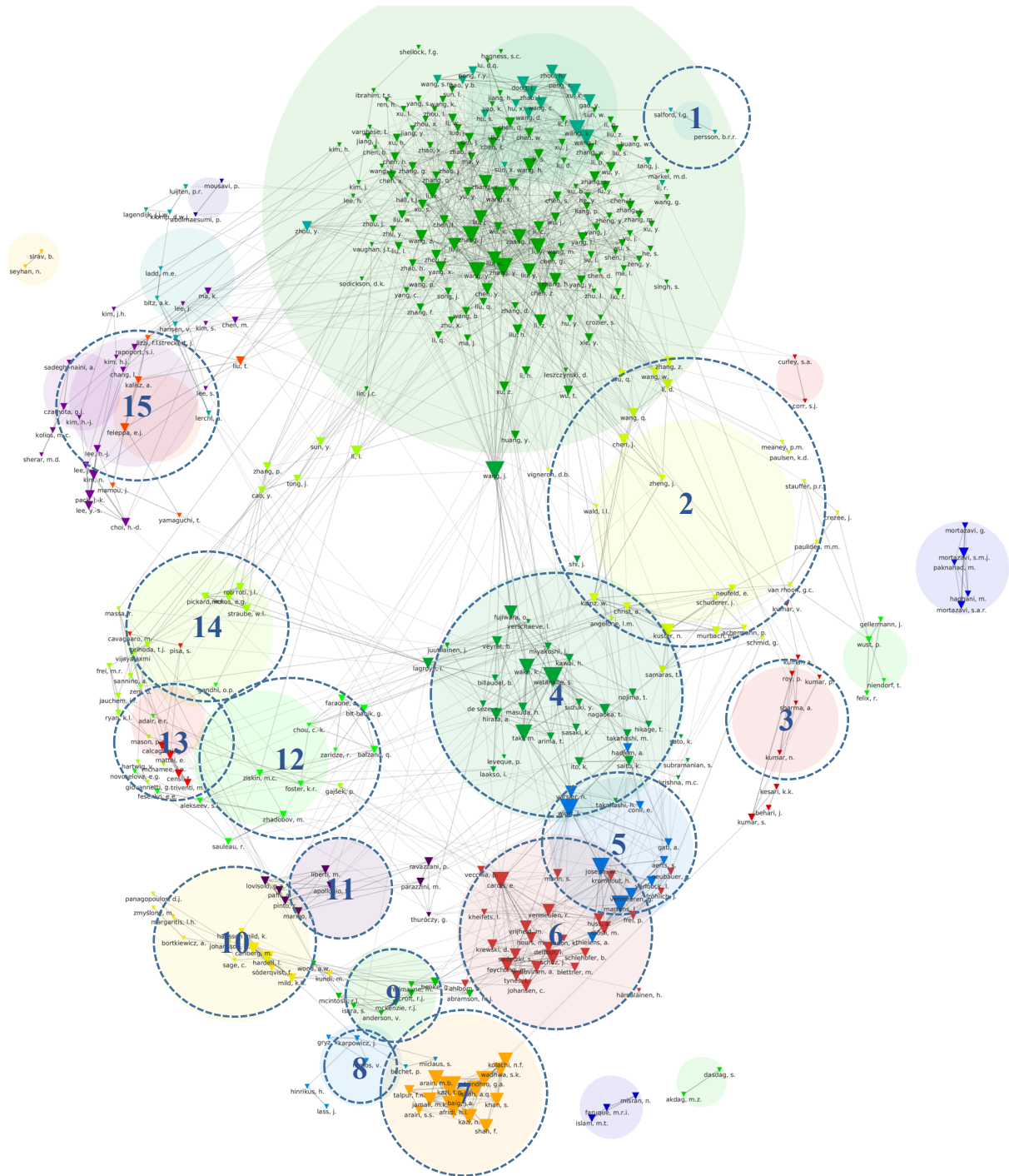
19	Liu, Y.	79	Wang, Y. & Zhang, Y.	
20	Li, J.	78	Wang, Y. & Zhang, Y.	
21	Li, X.	77	Wang, Y. & Zhang, Y.	
24	Chen, Y.	71	Wang, Y. & Zhang, Y.	
25	Wang, H.	68	Wang, Y. & Zhang, Y.	
26	Wang, L.	68	Peng, R. & Wang, S.	
30	Liu, X.	66	Wang, Y. & Zhang, Y.	
32	Zhang, L.	63	Wang, Y. & Zhang, Y.	
33	Zhang, H.	62	Wang, Y. & Zhang, Y.	
36	Chen, J.	56	Kuster, N. & Kainz, W.	
37	Li, Z.	54	Wang, Y. & Zhang, Y.	
41	Liu, C.	48	Wang, Y. & Zhang, Y.	
43	Li, L.	49	Straube, W.L. & Moros, E.G.	Pont avec les clusters suivants : - Wang, Y. & Zhang, Y. - Kuster, N. & Kainz, W.
53	Li, S.	41	Wang, Y. & Zhang, Y.	
59	Yang, Y.	42	Wang, Y. & Zhang, Y.	
60	Wang, C.	41	Peng, R. & Wang, S.	
61	Islam, M.T.	39	Faruque, M.R.I. & Islam, M.T.	
69	Yang, X.	37	Wang, Y. & Zhang, Y.	
75	Kim, J.	36	Wang, Y. & Zhang, Y.	
81	Wu, Y.	34	Wang, Y. & Zhang, Y.	
111	Yang, J.	30	Wang, Y. & Zhang, Y.	
132	Liu, S.	29	Wang, Y. & Zhang, Y.	
133	Zhao, J.	28	Wang, Y. & Zhang, Y.	
137	Li, D.	28	Kuster, N. & Kainz, W.	
138	Wu, X.	28	Wang, Y. & Zhang, Y.	
179	Sasaki, K.	24	Watanabe, S. & Wake, K.	
199	Kim, S.	22	Pack, J.-K. & Kim, N.	
215	Zhao, H.	22	Wang, Y. & Zhang, Y.	
227	Liu, Z.	21	Wang, Y. & Zhang, Y.	
243	Kumar, V.	20	Kumar, S. & Kesari, K.K.	
324	Lu, D.	16	Wang, Y. & Zhang, Y.	
329	Liu, L.	17	Wang, Y. & Zhang, Y.	
348	Sun, W.	16	Wang, Y. & Zhang, Y.	
384	Kim, H.-J.	15	Pack, J.-K. & Kim, N.	
395	Lee, J.-S.	15	Pack, J.-K. & Kim, N.	
404	Zeng, Y.	15	Wang, Y. & Zhang, Y.	

Le tableau ci-dessous présente quant à lui le nombre de noms pouvant correspondre à plusieurs auteurs dans chaque cluster. Le cluster le plus volumineux en haut de carte (cluster Wang Y & Zhang Y.) contient 31 noms ambigus. Compte tenu de ces informations, nous préférons ne pas analyser la partie de la carte qui concerne celui-ci.

Cluster	Nombre de noms d'auteurs ambigus
Wang, Y. & Zhang, Y.	31
Pack, J.-K. & Kim, N.	3
Peng, R. & Wang, S.	3
Watanabe, S. & Wake, K.	3
Kuster, N. & Kainz, W.	2
Faruque, M.R.I. & Islam, M.T.	1
Kumar, S. & Kesari, K.K.	1
Straube, W.L. & Moros, E.G.	1
Total	45

3.2.2 Analyse individuelle de clusters de co-auteurs

Dans cette section, nous analysons les principaux clusters apparaissant sur la carte, en allant dans le sens des aiguilles d'une montre, de manière à prendre la mesure de la composition de ces réseaux de collaboration.



Le cluster 1 regroupe les auteurs Salford L. et Persson B. (liés via Salford L. à Sun W., qui appartient au cluster « Wang, Y. & Zhang, Y. »). Ces auteurs travaillent à étudier les effets biologiques des radiofréquences sur les rats, notamment les perturbations détectables dans le fonctionnement du cerveau lors de l'exposition à des téléphones portables.

Le cluster 2 agrège deux sous-réseaux d'auteurs, structurés autour de Kuster N., Kainz W., Christ A, Neufeld E., d'une part, et de Zhang Z., Wang W., Chen J., Li D., Wu Q., d'autre part. Le premier sous-réseau est spécialiste de modélisation anatomique et computationnelle pour l'évaluation des effets des champs électromagnétiques, et inclut des auteurs basés à Zurich, ainsi qu'à la Food and Drug Administration aux États-Unis. Le second sous-réseau est spécialiste de l'évaluation de la sûreté des dispositifs médicaux implantables, et des

interférences entre ceux-ci et appareils émettant des radiofréquences. Les deux sous-réseaux sont notamment reliés par Kainz, fonctionnaire de la FDA.

Le cluster 3 regroupe notamment Kumar S., Kesari K., Kumar N., Kumar A, Roy P., un ensemble d'auteurs indiens basés à l'université Jawaharlal Nehru à New Delhi, et travaillant sur les effets non-thermiques des radiofréquences, notamment à partir d'expérimentations sur des rongeurs. Leurs travaux explorent les effets reproductifs de cette exposition, ainsi que les effets sur le cerveau.

Le cluster 4 regroupe des auteurs comme Watanabe S., Taki M., Fujiwara O., Nagaoka T., Hirata A., spécialistes de bioelectromagnétisme, basés à l'université de Tokyo ou de Nagoya, publiant de nombreux papiers collectivement, dans lesquels sont calculés des débits d'absorption spécifiques et les effets thermiques, pour l'humain, de l'exposition aux radiofréquences de différents niveaux.

Le cluster 5 est composé des auteurs suivants : Wiart J., Joseph W., Martens L., Vermeeren G. Ces auteurs européens, basés en France (Orange puis Paris Saclay pour J. Wiart) et en Belgique (Université de Gand) principalement, travaillent sur la mesure de l'exposition des populations humaines à différentes sources de radiofréquences, particulièrement aux radiofréquences émises par des équipements téléphoniques.

Le cluster 6 est un cluster composé d'auteurs européens comme Cardis E., Feychting M., Schuz J., Roosli M., Vermeulen R., produisant des publications en épidémiologie dans le domaine des champs électromagnétiques, et travaillant à la mesure des effets sanitaires, notamment de cancérogénicité, de l'exposition aux téléphones portables dans des cohortes humaines. Le cluster est transnational, inclut des auteurs basés en Suisse, en Suède, en Espagne, Belgique, Danemark. Il est relativement imbriqué avec le cluster 5.

Le cluster 7 regroupe des auteurs pakistanais, spécialisés en chimie analytique, et publiant des documents scientifiques sur la présence de métaux et autres éléments dans l'environnement et l'alimentation. Ces auteurs ne travaillent pas sur les effets des radiofréquences et des ondes électromagnétiques, mais leurs travaux rentrent dans le corpus de documents analysés car ils mobilisent des micro-ondes afin d'analyser la présence de substances chimiques dans des échantillons biologiques (de sang, cheveux...), et faire des calculs d'exposition sanitaire. Si les différents éléments de la requête sont présents dans leurs travaux, ceux-ci constituent une spécialité qui est étrangère à la question des effets thermiques ou biologiques des radiofréquences.

Le cluster 8 regroupe des auteurs basés en Pologne, spécialisés dans l'étude des effets des ondes électromagnétiques émises par des dispositifs médicaux, sur les patients et les professionnels de santé.

Le cluster 9 regroupe des auteurs qui collaborent par l'intermédiaire du Australian Centre for Radiofrequency Bioeffects Research (ACRBR), comme Raymond J. McKenzie ou Robert L. McIntosh. Ils se positionnent dans le champ de recherche de la dosimétrie et la modélisation des effets des radiofréquences sur les organes du corps humain. Ils mobilisent, notamment, des systèmes in vitro.

Le cluster 10 concentre les auteurs (Hardell L., Carlberg, M. Mild, K.H. Ahlbom, A. Kundi, M. Söderqvist, F. Hansson Mild, K. Sage, C. Bortkiewicz, A.) provenant notamment du département d'oncologie de l'hôpital universitaire d'Örebro en Suède, spécialistes des risques de cancer liés à l'exposition à la téléphonie mobile, par le moyen d'études épidémiologiques

(de type cas-témoins). Ces études sont bien connues dans le domaine des radiofréquences et de la santé, mais produites par un cluster qui est relativement autonome, comme la carte le montre).

Le cluster 11 est celui d'auteurs italiens tels que Lovisolo G., Ravazzani, P. Marino, C. Apollonio, F. Pinto, R. Paffi, A. Liberti, M. Parazzini, M. Sannino, A. Cavagnaro, M. Pisa, S., qui ont fréquemment publié sur les effets des radiofréquences et de l'exposition aux téléphones portables, sur le système auditif, notamment chez le rat.

Le cluster 12 s'organise autour d'auteurs tels que Zhadobov M., Sauleau, R., qui travaillent au sein de l'Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes : un groupe d'auteurs travaillant dans le champ du bioélectromagnétisme, sur les effets biologiques cellulaires des ondes (cm, mm, impulsions) et dosimétrie numérique et expérimentale, souvent appliqué à des dispositifs médicaux. Les effets des radiofréquences sont étudiés au niveau cellulaire, à partir de méthodes in vitro. Le cluster inclut également des auteurs comme Balzano Q., Bit-Babik, G. Ziskin, Chou, C.-K., qui travaillent en dosimétrie et mesure d'exposition aux radiofréquences, et analyse de leurs effets thermiques et bénéfiques comme mode de traitement du cancer.

Le cluster 13, incluant Calcagnini G., Kainz, W. Mattei, E. Triventi, M. Censi, F. Cavagnaro, M. Pisa, S., est un groupe d'auteurs en physique médicale, basé à l'Istituto Superiore di Sanità de Rome, et qui étudie notamment les interférences entre des appareils émettant des radiofréquences (appareils d'imagerie par résonance magnétique, mais aussi RFID, téléphones mobiles, appareils émettant du Wi-Fi) et des dispositifs médicaux implantés (comme les stimulateurs cardiaques), ainsi que les modifications que ceux-ci entraînent en termes de taux d'absorption spécifique et d'effets thermiques.

Les auteurs du cluster 14 comme Roti Roti, J. Lagroye, I. Li, L. Zhang, P. Moros, E.G. Straube, W.L. Vijayalaxmi, Pickard, W.F. sont spécialisés dans l'étude des effets des radiofréquences sur l'ADN. Ils sont basés dans des universités et instituts européens (Lagroye : École Nationale Supérieure de Chimie, de Biologie et de Physique à Bordeaux) ou américains (Roti Roti, oncologue à Washington University School of Medicine, St Louis; Moros, département d'oncologie de l'Université d'Arizona).

Les auteurs du cluster 15 sont coréens : Kim, N. Pack, J.-K. Lee, Y.-S. Lee, J.-S. Choi, H.-D. Lee, H.-J. Kim, S. Lee, S. Kim, H.-J., basés dans diverses universités du pays (Ajou University School of Medicine, Chungnam National University, Daejeon Electronics and Telecommunications Research Institute...), et travaillent sur les effets thermiques et physiologiques de l'exposition aux radiofréquences chez les rats.

3.2.3 Éléments de comparaison et liens entre clusters

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de la lecture des clusters. Le premier est que le nombre de groupes d'auteurs se dédiant à l'étude des radiofréquences dans le domaine médical – et de leurs effets volontaires ou involontaires dans le cadre de diagnostics ou de traitement par dispositifs médicaux émettant ces radiofréquences – domine quantitativement le champ dessiné par ce corpus de document. Seuls les clusters 4, 5, 6, 10 et 11 sont réellement spécialisés sur la téléphonie mobile et les télécommunications comme source de radiofréquences. On peut supposer que c'est là un effet de la requête choisie (qui, malgré les termes d'exclusion, continue de collecter beaucoup de documents issus du domaine médical),

mais pas seulement. C'est bien le reflet des liens qui existent entre recherche sur radiofréquences et santé, et la médecine physique et la radiologie, bien matérialisés par les recherches en bioélectromagnétisme, dans l'espace desquels ont été étudiés tant les dispositifs médicaux que les technologies de communication. Sur la carte, cela est reflété par le fait que les clusters spécialisés téléphonie mobile, sont liés aux autres clusters davantage médicaux, par un nombre important d'auteurs, de poids non négligeable (nombre de documents produits les plaçant dans les 100 ou 200 premiers auteurs du corpus), tels que Ziskin M., Wang J., Kuster N. et Lagroye I.

Il est très probable que le nom d'auteur « Wang J. » renvoie, au moins en partie, à Jinqiang Wang, un chercheur chinois, membre de l'institut de technologie de Nagoya au Japon depuis 1997. Il est spécialiste de génie électrique et électronique, spécialiste des applications électromagnétiques en biologie et en médecine. Son nom est associé à 148 documents dans le corpus, alors que le site internet de son institut d'appartenance recense 130 articles²³. Nous savons que plusieurs personnes portent ce même nom d'auteur au sein de notre corpus, puisque pour deux documents on trouve deux « Wang J. » parmi la liste des signataires²⁴. Cela nous oblige à ne pas sur-interpréter sa position dans la carte d'ensemble.

On se contentera de noter ici que Jinqiang Wang est plutôt spécialiste d'étude des effets des ondes d'implants médicaux, et non de dispositifs de télécommunications et de téléphonie mobile. Cependant, 27 de ses publications concernent explicitement l'analyse des effets des ondes émises par les téléphones portables, sujet qu'il traite dès la fin des années 1990, donc dès son arrivée au Japon à l'institut technique de Nagoya. La liste vérifiable de ses publications montre bien que, dans une partie du champ, les recherches sur les effets de l'exposition aux ondes émises par les téléphones portables ou les antennes-relais, sont mêlées aux recherches sur d'autres dispositifs, pour lesquels les émissions d'ondes sont intentionnelles, contrôlées, et médicalement bénéfiques. On peut supposer que cette entrée dans les recherches sur les effets sanitaires de la téléphonie mobile produit des articles et des positionnements contrastés avec ceux des chercheurs qui, par exemple, approchent le sujet depuis une position en épidémiologie ou oncologie. C'est le cas, notamment, d'une autre auteure en position de pont entre différents cluster, Isabelle Lagroye, du Laboratoire de l'Intégration, du Matériau au Système (IMS) à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes et École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux, pharmacienne et pharmacologue de formation.

²³ http://researcher.nitech.ac.jp/html/27_ronbn_en.html

²⁴ Le corpus recense par exemple des documents concernant les effets physiologiques et psychologiques de l'usage des téléphones portables (voir par exemple <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6174583/>), produits par un auteur du nom de Jinliang Wang, de l'université de Chongqing en Chine.

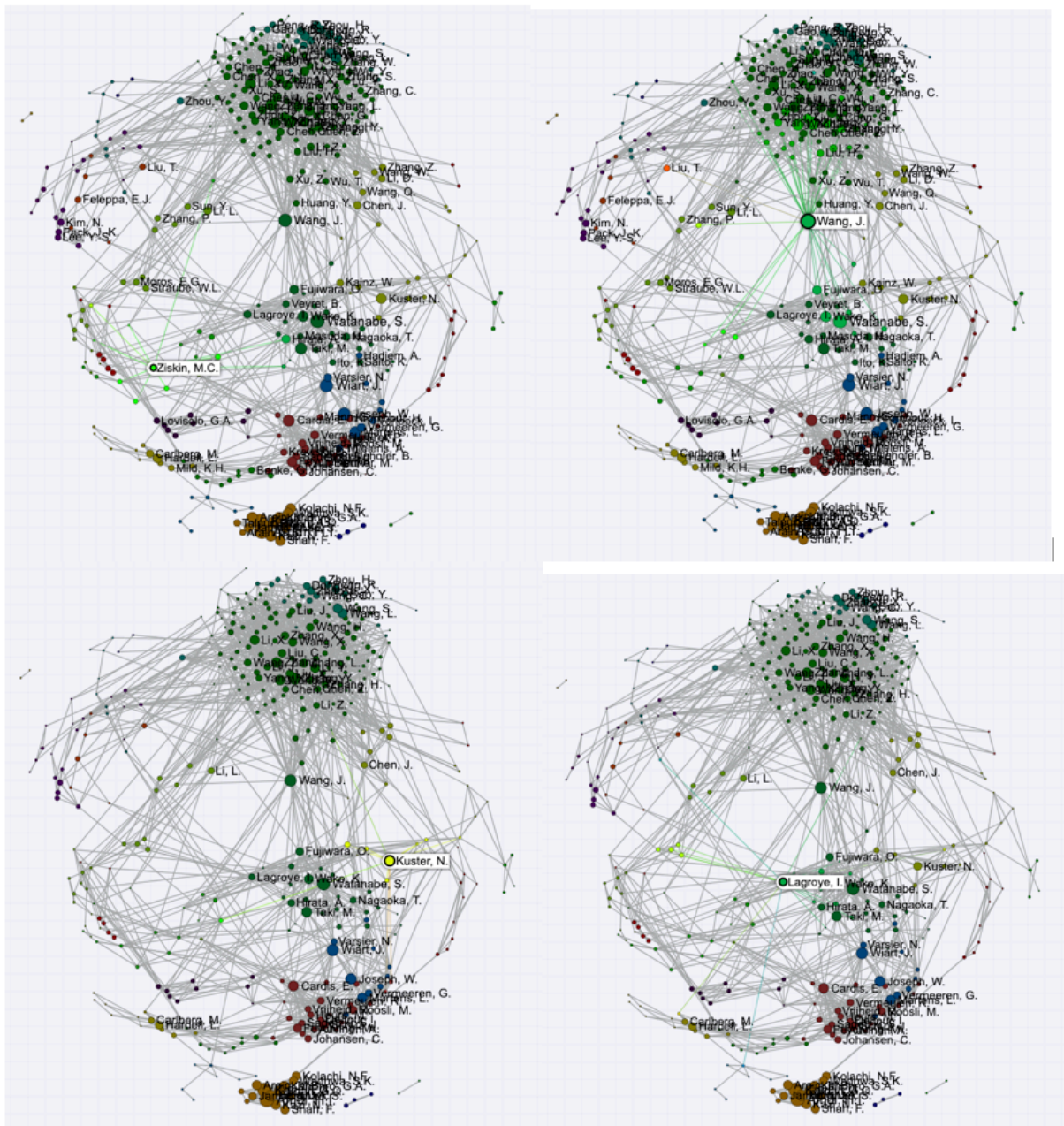


Figure 17. Cartes montrant les réseaux de copublication d'auteurs spécifiques: Ziskin M., Wang J., Kuster N. et Lagroye I (de gauche à droite et de haut en bas).

Les clusters 2-4-5-6 rassemblent cependant plus d'auteurs que les autres, (à l'exclusion, toujours, du plus grand cluster positionné en haut de la carte) et sont plus imbriqués entre eux. Même si la médecine physique et la radiologie représentent des domaines de publication plus vastes que le champ de recherche sur les radiofréquences, la téléphonie mobile et la santé — ce qui est reflété dans la carte par le nombre de nœuds de grande taille, donc le nombre d'auteurs ayant participé à la publication de plus de 100 documents environ — les auteurs de ce dernier champ ne sont pas écrasés par le poids des publications du premier.

La surprise, de ce point de vue, tient au fait que la production des documents constituant le corpus est distribuée à travers un nombre d'auteurs extrêmement élevé (plusieurs dizaines de milliers). Le poids des 413 auteurs publiant le plus (représentés sur la carte ci-dessus) dans le corpus d'ensemble paraît d'ailleurs très faible. Sur le graphique ci-dessous, on peut

visualiser le fait qu'ils ont collectivement produit 15 % des documents du corpus au plus – ce qui est faible par rapport aux proportions que l'on peut observer dans d'autres domaines. Cette structuration laisse la possibilité aux auteurs très publiants du champ radiofréquence, téléphonie et santé, d'apparaître sur la carte d'ensemble.

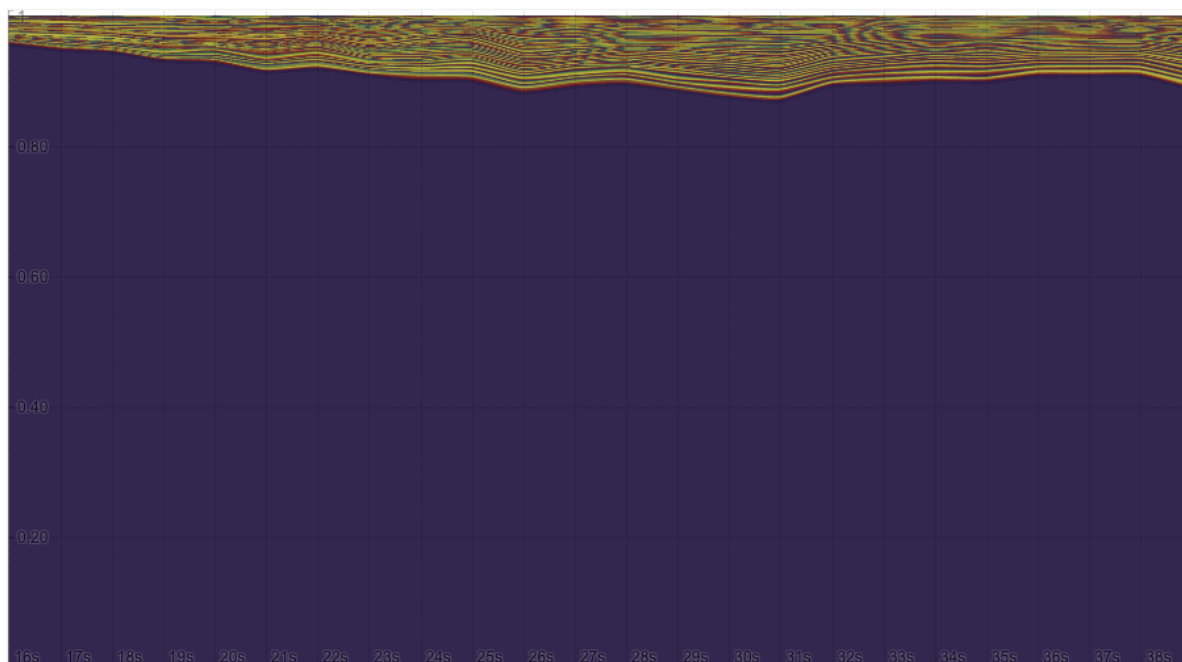


Figure 18. Part des 413 auteurs publiant le plus dans le corpus au cours du temps (lignes jaunes et rouges en haut du graphique ; en violet : masse des documents produits par les autres auteurs).

Si l'on choisit de ne représenter que les 413 auteurs de la carte analysée ci-dessus, on peut observer que la répartition du nombre de documents entre ces auteurs est très égalitaire, et ne laisse pas apparaître d'auteurs dominants.

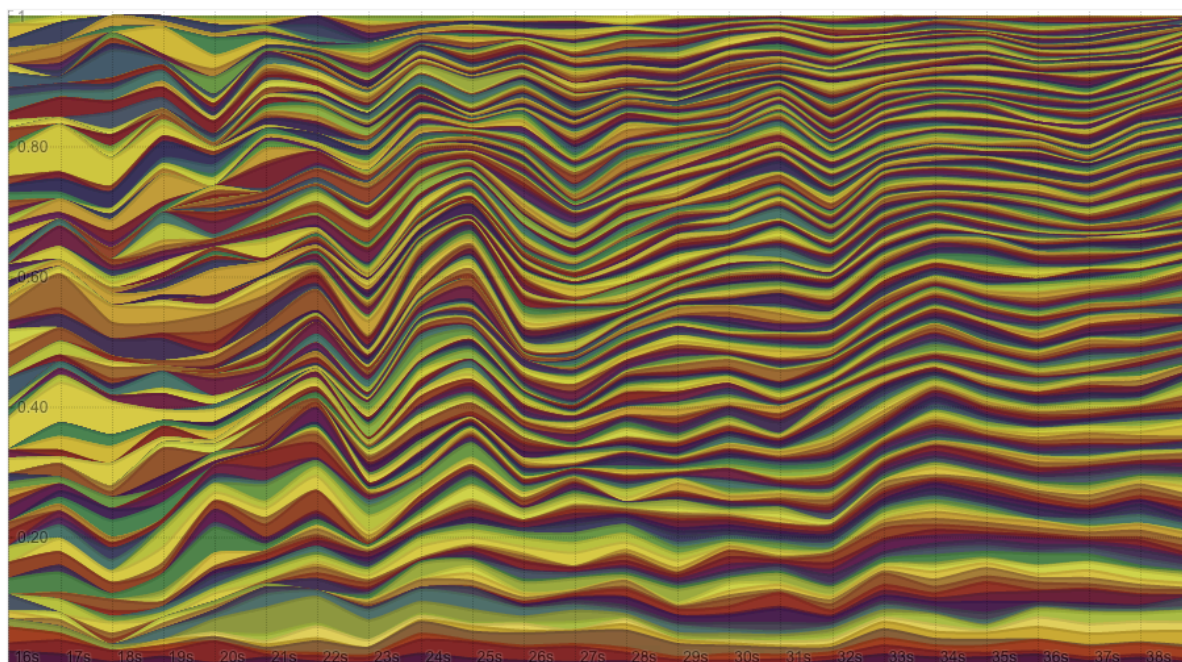


Figure 19. Part des documents publiés par les 413 auteurs les plus publiants du corpus au cours du temps.

Cette visibilité des auteurs du domaine radiofréquence, téléphonie et santé est par ailleurs liée au fait qu'ils travaillent de manière plus collaborative, en ce sens que leurs réseaux de co-publication paraissent plus vastes et plus transnationaux (ou européens, notamment). C'est notamment le cas des clusters 4-5-6. Les clusters d'auteurs relevant de médecine physique et de radiologie paraissent davantage nationaux.

Cela tendrait à indiquer une particularité du champ de recherche sur les radiofréquences, la téléphonie et la santé : le fait que le champ repose sur des réseaux de collaboration larges, en nombre restreint. On peut faire l'hypothèse que cette structuration en collectifs transnationaux est encouragée par l'importance des grandes agences de financement publiques dans le champ (qui demandent la constitution de consortiums larges)²⁵, mais aussi par le fait que ce champ est également un champ d'expertise, structuré par un nombre restreint d'agences et de comités spécialisés, qui contribuent à la concentration de ce champ – un phénomène de collègue invisible²⁶. La cinquième partie du rapport se concentre sur cette question.

²⁵ Même si l'interprétation de cette information est compliquée par le faible nombre de documents mentionnant une source de financement, voir plus haut.

²⁶ Demortain, D., 2011, *Scientists and the Regulation of Risk*, Edward Elgar Publishing.

4 ANALYSES FOCALISEES SUR DES TERMES D'INTERET VISANT A DECRIRE QUI TRAVAILLE SUR QUOI ET COMMENT

L'équation de recherche présentée ci-dessus en section 1.2. a permis de constituer un corpus de 25 980 résultats dans la base Scopus (interrogée le 6 mai 2019). Ce corpus couvre donc une période allant du 01/01/1996 au 05/05/2019, et l'on s'y référera ci-après via l'indication « janvier 1996 - avril 2019 ». Il a été téléchargé sous la forme d'une liste de 25 980 notices de documents au format RIS et a été analysé avec CorText.

Comme indiqué en introduction de ce rapport, le volume de ce corpus (en termes de nombres de notices bibliographiques qui le constituent) ne diffère que de 0,06% par rapport au corpus analysé directement sur Scopus le 31/01/2020 (analyses présentées dans la partie 2 ci-dessus). De plus, comme nous l'avons vu ci-avant (partie 3), les analyses portant sur les auteurs et les pays les plus publiants au sein de ce corpus téléchargé le 06/05/2019 montrent eux-aussi que l'on peut considérer que les caractéristiques générales (présentées ci-avant, section 2.2) sont les mêmes.

4.1 OBJECTIF ET METHODE DE CONSTITUTION D'UNE CLASSIFICATION DE TERMES D'INTERET

La raison pour laquelle une classification de « termes d'intérêt »²⁷ a été réalisée est qu'une telle classification permet de focaliser les analyses sur certains groupes de termes, avec différents niveaux de détail. Dans le cas présent, elle nous permettra d'analyser l'évolution temporelle du nombre de documents traitant de tel ou tel thème, avec différents niveaux de granularité dans l'analyse, et, dans une certaine mesure, de visualiser « qui travaille sur quoi et comment ». La classification sert à la plateforme à choisir les termes à représenter sur les visualisations. Elle permet donc de produire une visualisation sur mesure, avec uniquement les termes d'intérêts, et leur interrelation. L'application de la classification ne biaise pas le corpus, puisque les données s'appliquant aux termes choisis et à leurs relations restent les mêmes. La structure sémantique sous-jacente est inchangée. Seul est adaptée la visualisation de ces termes et relations, puisque seuls ceux d'intérêt selon la classification sont représentés.

La liste des termes d'intérêt a été élaborée au fil d'un travail collectif associant Olivia Roth-Delgado (ANSES), Olivier Merckel (ANSES) et Aurélien Féron (LISIS), et visant d'une part à alimenter la liste des termes d'intérêt, et d'autre part à définir différents niveaux de hiérarchisation au sein de la liste, en familles et sous-familles de termes.

Deux démarches ont été employées conjointement pour compléter la liste :

- une extraction des termes les plus pertinents²⁸ de notre corpus a été réalisée avec le logiciel CorText Manager. (Cette extraction a porté sur les titres, les résumés, et les mots-clés associés aux documents.) Une liste d'environ 1500 termes ainsi extraits du corpus a été présentée aux deux agents de l'ANSES, qui ont sélectionné tous les termes qui leur paraissaient pertinents vis-à-vis du cadre de notre étude (les productions scientifiques portant sur l'exposition aux RF

²⁷ Rappelons que l'on entend par « terme », ici et dans l'ensemble de ce rapport, aussi bien des mots ou acronymes seuls que des expressions constituées de plusieurs mots.

²⁸ Pour des informations sur les critères utilisés et les calculs opérés pour extraire les termes « les plus pertinents », cf. <https://docs.cortext.net/lexical-extraction/>, section « Technical description »

et sur leurs effets biologiques et sanitaires) et qui qualifie d'une manière ou d'une autre ce sur quoi travaillent les auteurs de notre corpus²⁹.

- d'autres termes ont également été ajoutés, sur proposition des deux agents de l'ANSES, ou sur suggestion d'Aurélien Féron validée par ces derniers, à partir de leurs questionnements, de leurs connaissances de la littérature et des débats touchant à la thématique de l'étude, ou encore suite à la consultation de divers documents dans le but de compléter et hiérarchiser les familles et sous-familles de termes.

4.2 INDICATIONS GENERALES SUR LA CLASSIFICATION DES TERMES

La liste ainsi constituée contient 480 « termes d'intérêts », répartis en sept familles qui, pour certaines sont elles-mêmes composées de sous-familles.

Cette section donne quelques indications générales sur ce que contient cette liste de termes d'intérêts et sur la façon dont la classification est organisée.

Le tableau présentant l'ensemble de la classification des termes d'intérêts est présenté en annexe. Il présente également le détail des « formes » lexicales (ou autrement dit les chaînes de caractères) recherchées dans le corpus pour chacun des « termes d'intérêt ». Par exemple : pour le terme d'intérêt « RFID », CorText, étant donné la liste qui lui a été fournie, recherche dans le corpus les chaînes de caractères suivantes : « RFID », « radio frequency identification » « radio-frequency identification ». Ainsi, lorsqu'il est écrit ci-après, par exemple, « les documents comportant le terme "RFID" ... », il s'agit d'une simplification pour dire « les documents comportant au moins une des chaînes de caractère parmi « RFID », « radio frequency identification » et « radio-frequency identification » ... ».

Les sept familles sont les suivantes :

- Technologies
- Fréquences / types d'ondes
- Effets biologiques et sanitaires
- Entités biologiques
- Notions liées aux modalités d'exposition et aux normes de contrôle des champs électro-magnétiques
- Types d'études
- Organisations / Programmes de recherche

Certaines de ces sept familles, comme cela a été rapidement indiqué, contiennent elles-mêmes des sous-familles (que l'on appellera aussi « thèmes ») avec un nombre variable de niveaux hiérarchiques selon les familles. Par exemple, la famille « Effets biologiques et sanitaires » ne contient que deux niveaux hiérarchiques différents : le niveau le plus détaillé

²⁹ Notons cependant que le terme « radiofrequency » (et les différentes formes jugées équivalentes pour notre analyse : radiofrequencies, radio-frequency, radio-frequencies, etc.) n'a pas été intégré à la liste des termes puisque qu'il s'agit de l'élément le plus fondamental pour notre corpus, l'élément théoriquement commun à tous les documents – autrement dit il ne nous apprendrait rien concernant la question « qui travaille sur quoi », au sein de ce corpus.

(E1), qui contient 151 termes ; et un niveau intermédiaire (E2) pour lequel ces 151 termes sont regroupés au sein des 9 sous-familles suivantes :

- Cancer/tumeur/néoplasme
- Effets cellulaires
- Effets sur le développement
- Électrosensibilité / électrohypersensibilité
- Effets généraux
- Effets génotoxiques
- Effets neurologiques
- Effets thermiques
- Autres effets

La famille « Technologies de télécommunications », quant à elle, est organisée en 6 niveaux hiérarchiques différents, du plus détaillé au plus général (T1 à T6 : cf. annexe).

Comme cela a également été brièvement évoqué ci-dessus, l'intérêt d'une part d'avoir conçu une classification des termes ainsi organisée en famille, et d'autre part d'avoir défini différents niveaux hiérarchiques au sein de ces familles est de disposer des deux choix suivants pour chacune des analyses produites à partir de cette classification de termes :

- produire des analyses qui portent sur toutes ces familles, ou seulement sur certaines d'entre elles
- pour une analyse donnée : régler le niveau de détail des données visualisées pour chaque famille (par exemple faire apparaître les 151 termes de la liste des effets ou seulement les neuf sous-familles mentionnés ci-dessus).

4.3 APPORTS ET LIMITES DE L'UTILISATION DE LA LISTE DE TERMES A DES FINS DE QUANTIFICATION

Comme indiqué brièvement ci-dessus, la façon dont la liste des termes d'intérêt est exploitée avec CorText Manager est la suivante : celui-ci recherche les différentes « formes » correspondantes à chaque terme dans le corpus et incrémente le nombre d'occurrences du terme à chaque fois qu'il en trouve une. Notons au passage que pour les analyses présentées ci-après, il a été demandé au logiciel de ne compter qu'une occurrence par document, de façon à ce que les nombres donnés pour l'occurrence d'un terme ou d'une famille de termes dans le corpus correspondent non pas au nombre de fois que le terme ou la famille apparaît dans le corpus mais au *nombre de documents* dans lesquels apparaît ce terme ou cette famille.

Quantifier ainsi l'occurrence des termes d'intérêt ou des thèmes correspondant dans le corpus permet, via les analyses basées sur ces calculs d'occurrence, de s'intéresser à la prédominance ou au contraire à la faible présence de ces termes ou thèmes dans notre corpus.

Les limites de cette méthode de quantification sont essentiellement liées au fait que les termes qui permettraient de caractériser une étude donnée ne figurent pas tous nécessairement dans le titre, le résumé ou les mots-clés associés à un document. Pour autant, ces éléments sont censés livrer les principales informations quant à ce dont traite le

document, et en particulier, pour le domaine de recherche que nous étudions ici, le type d'étude dont il s'agit, ainsi que les technologies, les fréquences/types d'ondes, les effets biologiques et sanitaires, les entités biologiques, et les notions mobilisées et étudiées. Et partant du comptage des termes retrouvés dans ces informations associées à chaque document, cette méthode de quantification permet de retracer les évolutions importantes dans le contenu sémantique du corpus et de détecter des liens forts entre ces termes que contiennent les documents et leurs auteurs.

4.4 TERMES JUGES INTERESSANTS MAIS ABSENTS DU CORPUS

Notons tout d'abord que 37 des termes figurant dans notre liste de termes d'intérêts n'apparaissent pas dans le corpus. Comme le montre le tableau suivant, on trouve parmi ceux-ci principalement des termes qui se réfèrent à des technologies, mais aussi d'autres qui se réfèrent à des organisations (notamment des instances d'expertise) ou des programmes de recherches, ou encore des notions liées aux modalités d'exposition, à des effets biologiques et sanitaires, et à des types de fréquences. (Pour mémoire : cf. Annexe A.4 pour le détail des formes lexicales recherchées correspondant à ces termes d'intérêts non trouvés dans le corpus).

Technologie	Organisation/ Programmes de recherche (Pays)	Notions liées aux modalités d'exposition	Effets biologiques et sanitaires	Fréquences / types d'ondes
<i>(Nombre de termes non trouvés)</i>				
<i>(20)</i>	<i>(11)</i>	<i>(3)</i>	<i>(2)</i>	<i>(1)</i>
2.75G	Berenis (CHE)	digital computation	general metabolism	tremendously high frequency
3.75G	EFHRAN (EU)	member SAR	small cell lung tumor	
3.9G	JEIC (JPN)	trunk SAR		
4G+	Jülich (DEU)			
5G-NR	MTHR (UK)			
C-450	OFEV (CHE)			
DataTAC	OFSP (CHE)			
ecoDECT	RIVM (NLD)			
eMBB	SCHEER (EU)			
handphone	SEAWIND (EU)			
Hicap	TNO (NLD)			
HSCSD				
IMT-2020				
LTE-M/MTC				
LW broadcast				
Mobitex				
MW broadcast				
Radiocom-2000				
tetrapole				
uRLLC				

Tableau 4 : Tableau présentant les termes figurant dans la liste des termes d'intérêts et non trouvés dans le corpus

4.5 ANALYSES TEMPORELLES

4.5.1 Analyses focalisées sur les termes se rapportant à des technologies

On s'intéressera dans cette section à l'évolution, au sein du corpus, du nombre de documents traitant d'une technologie donnée³⁰, pour l'ensemble de la période 1996-2018³¹. Toutes ces technologies concernent les RF, sauf « power lines » (lignes électriques) que nous avons fait figurer dans la liste des termes d'intérêts parce que ce terme s'est avéré fréquent dans le corpus.

Avant toute analyse, notons que certains termes qui apparaissent dans les figures présentées dans cette section sont en fait des termes génériques qui en rassemblent d'autres (dans le respect bien sûr de la classification évoquée ci-dessus). En ce sens, on parlera, dans l'interprétation de ces figures, de thèmes ou sous-familles, plutôt que de *termes* (sauf quand, précisément, il s'agira de termes qui ne servent pas à regrouper un ensemble de termes – autrement dit quand il sera question d'un terme qui ne compte que pour lui-même).

Voyons donc d'abord sur quels regroupements de termes se basent les figures présentées dans cette section³².

4.5.1.1 Précisions sur les regroupements de termes utilisés dans cette section

Les deux tableaux ci-dessous présentent les termes génériques utilisés pour rassembler plusieurs termes d'intérêts, et ce que signifient les abréviations correspondantes.

Comme indiqué ci-avant, l'annexe A4 présente en complément l'ensemble des formes lexicales recherchées pour un « terme d'intérêt » donné. Les tableaux ci-dessous ne présentent que les « formes principales », c'est-à-dire la forme lexicale choisie pour être celle qui apparaît dans les graphiques produits. S'ils ne font que restituer ici une partie des informations présentées dans l'annexe A4, il paraît important, pour cette toute première

³⁰ Notons que l'indexation des termes d'intérêts à chacun des documents du corpus a été opérée en se basant non seulement sur les mots contenus dans son titre et son résumé, mais aussi sur les mots-clefs qui y sont associés pour la raison suivante : la liste des mots-clefs associés à un document donné sur la base Scopus peut contenir aussi bien des mots-clefs qui ont été attribués par les auteurs que des mots-clefs correspondant à différents index institutionnels (comme par exemple « GEOBASE Subject Index » et/ou « EMTREE medical terms ») ; or, il arrive que figurent parmi ces mots-clefs des termes qui ne figurent pas dans le titre ou dans le résumé du document, auquel cas ces mots-clefs apportent une indication supplémentaire sur les thématiques ou objets de recherches sur lesquels portent l'article, donc intéressante à exploiter ici.

³¹ Les premiers mois de l'année 2019 (janvier-avril) qui figurent dans notre corpus ne sont ici pas pris en compte, de façon à visualiser des informations qui ne concernent que des périodes d'une année complètes.

³² Comme cela apparaît dans les tableaux présentés ci-après, "mobile phone" figure dans les analyses de cette section 4.5.1 en tant que thème (regroupant les termes d'intérêt "mobile phone", "smartphone", "cellular phone", "cell phone", "handphone"). De même, "3G" figure dans cette section en tant que thème (regroupant les termes d'intérêts "3G", "CDMA", "UMTS", "TD-SCDMA", "HSCSD", "HSPA", "IMT-2000", etc. - cf. tableau), tandis que dans la section 4.5.2., on analyse plus en détail les occurrences des différents termes d'intérêts regroupés dans ce thème, c'est à dire que l'on fait apparaître les niveaux d'occurrence du terme d'intérêt "3G" et de ces autres termes apparentés à cette génération de technologie ("CDMA", "UMTS", "TD-SCDMA", "HSCSD", "HSPA", "IMT-2000", etc.).

analyse, de rappeler précisément et de manière résumée, l'ensemble des termes qui "se cachent" derrière les thèmes qui apparaissent sur les figures.

Thème apparaissant dans les figures ci-dessous (T3)	Termes d'intérêt rassemblés (T1)
mobile phone	mobile phone
	smartphone
	cell(ular) phone (<i>c'est-à-dire « cell phone » et « cellular phone »</i>)
	handphone
	handset
	telephone set
mob./wirel. dev.	mobile devices
	wireless devices
radio broadcast	radio broadcast
	FM broadcast (frequency modulation broadcast)
	AM broadcast (amplitude modulation broadcast)
	SW broadcast (shortwave broadcast)
	MW broadcast (mediumwave broadcast)
LW broadcast (longwave broadcast)	
radioph./WT	radiophone
	WT (walkie-talkie)
WPT/WET/rect.	WPT (Wireless Power Transmission)
	WET (Wireless Energy Transmission)
	rectenna

Tableau 5 : Tableau (1/2) présentant les termes qui sont utilisés dans les figures suivantes comme des termes génériques regroupant différents autres termes d'intérêts (conformément à la classification présentée en annexe).

Une précision concernant le tableau suivant : le principal critère qui a été appliqué pour décider du regroupement/non regroupement de différentes normes de téléphonie mobile correspond à une recherche de cohérence sur le plan sanitaire. Ainsi, ont été regroupé des technologies qui correspondent aux mêmes types de fréquences et types de modulation, et renvoient donc dans une certaine mesure à un même type d'exposition. Nous avons dérogé à ce critère lorsque cela était susceptible de faire émerger une information intéressante, liée à une spécificité du terme que l'on choisissait de ne pas regrouper avec les autres : par exemple, nous n'avons pas regroupé TD-SCDMA avec les autres CDMA parce que selon wikipédia il s'agit d'une technologie spécifiquement utilisée en Chine.

Thème (T3)	Termes d'intérêt rassemblés (T1)	Sens des abréviations
1G	1G	first generation
	AMPS	Advanced Mobile Phone System <i>ou</i> Advanced Mobile Phone Service ; cette catégorie contient aussi N-AMPS (N pour Narrowband)
	TACS	Total Access Communication System <i>ou</i> Total Access Communication Service
	Radiocom-2000	
	NMT	Nordic Mobile Telephone
	C-450	C-450 <i>ou</i> Radio Telephone Network C
	Hicap	Hicap
	Mobitex	Mobitex
	DataTAC	DataTAC
2G	2G	second generation
	2.5G	
	2.75G	
	GSM	Global System for Mobile Communication
	CSD	Circuit Switched Data
	GPRS	General Packet Radio System <i>ou</i> General Packet Radio Service
	EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
	TDMA	Time Division Multiple Access
	IS-95	Interim Standard 95
	D-AMPS	Digital-AMPS (cf. ci-dessus pour AMPS)
3G	3G	3G <i>ou</i> third generation
	3.5G	
	3.75G	
	3.9G	
	CDMA	Code Division Multiple Access ; cette catégorie contient aussi CDMA2000, WCDMA, cdmaOne, cdma1x
	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
	TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
	HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
	HSPA / HSDPA / HSUPA / HSPA+	High Speed Packet Access ; cette catégorie contient aussi HSDPA (D pour Downlink), HSUPA (U pour Uplink) et HSPA+
	IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
4G	4G	fourth generation
	4G+	
	LTE	Long Term Evolution

	LTE-advanced	Long Term Evolution Advanced
	IMT-advanced	International Mobile Telecommunications Advanced
	OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
5G	5G	fifth generation
	5G-NR	5G New Radio
	LTE-M/MTC	LTE-Machine ou LTE-Machine-Type-Communication
	NB-IoT	Narrowband Internet of Things
	IMT-2020	International Mobile Telecommunications 2020
	eMBB	enhanced Mobile Bbroadband
	mMTC	massive Machine Time Communication
	uRLLC	ultra Reliable Low Latency Communication
	mMIMO	massive Multiple Input Multiple Output
	beam forming	

Tableau 6 : Tableau (2/2) présentant les termes qui sont utilisés dans les figures suivantes comme des termes génériques regroupant différents autres termes d'intérêts (conformément à la classification présentée en annexe).

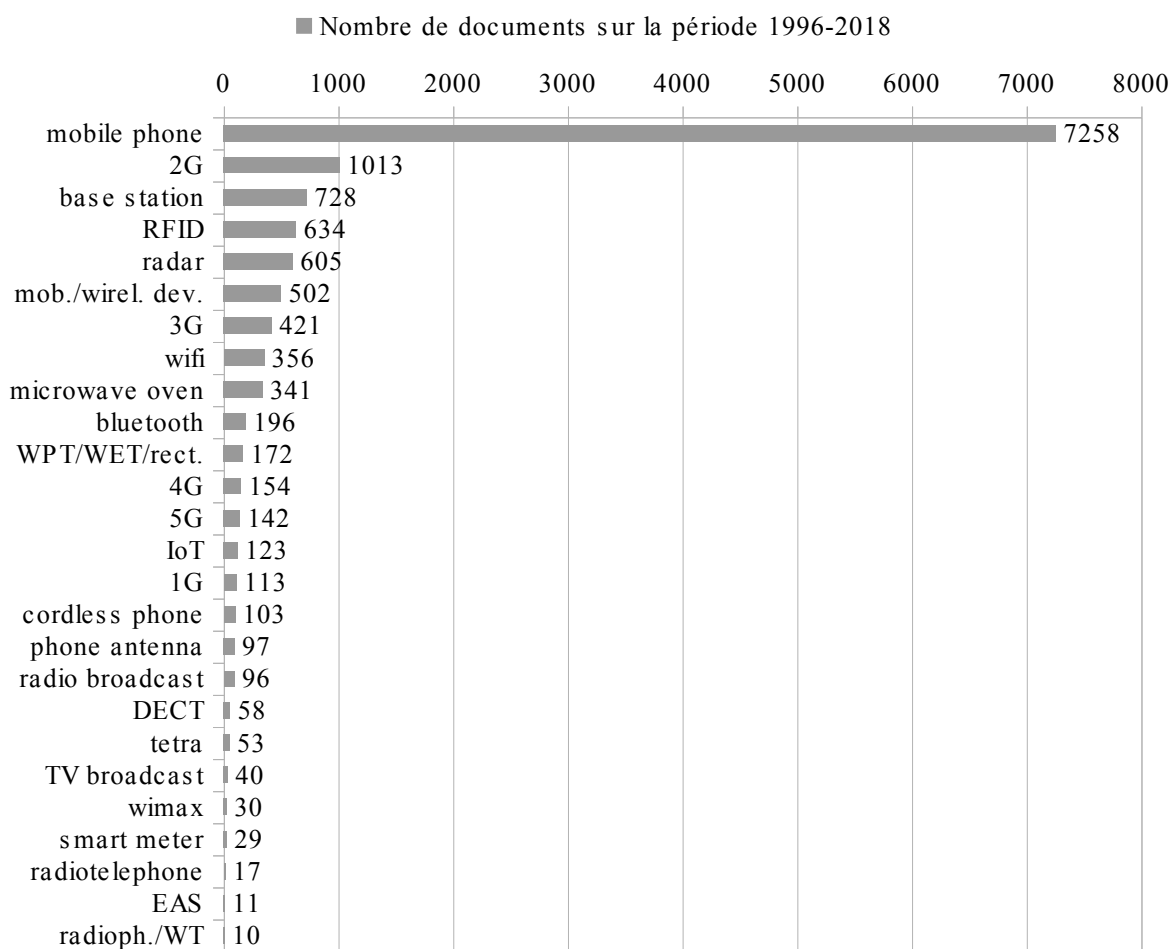
Autres abréviations utilisées dans les figures suivantes :

DECT = Digital Enhanced Cordless Telecommunications

EAS = Electronic Article Surveillance

IoT = Internet of Things

4.5.1.2 Occurrence sur l'ensemble de la période 1996-2018

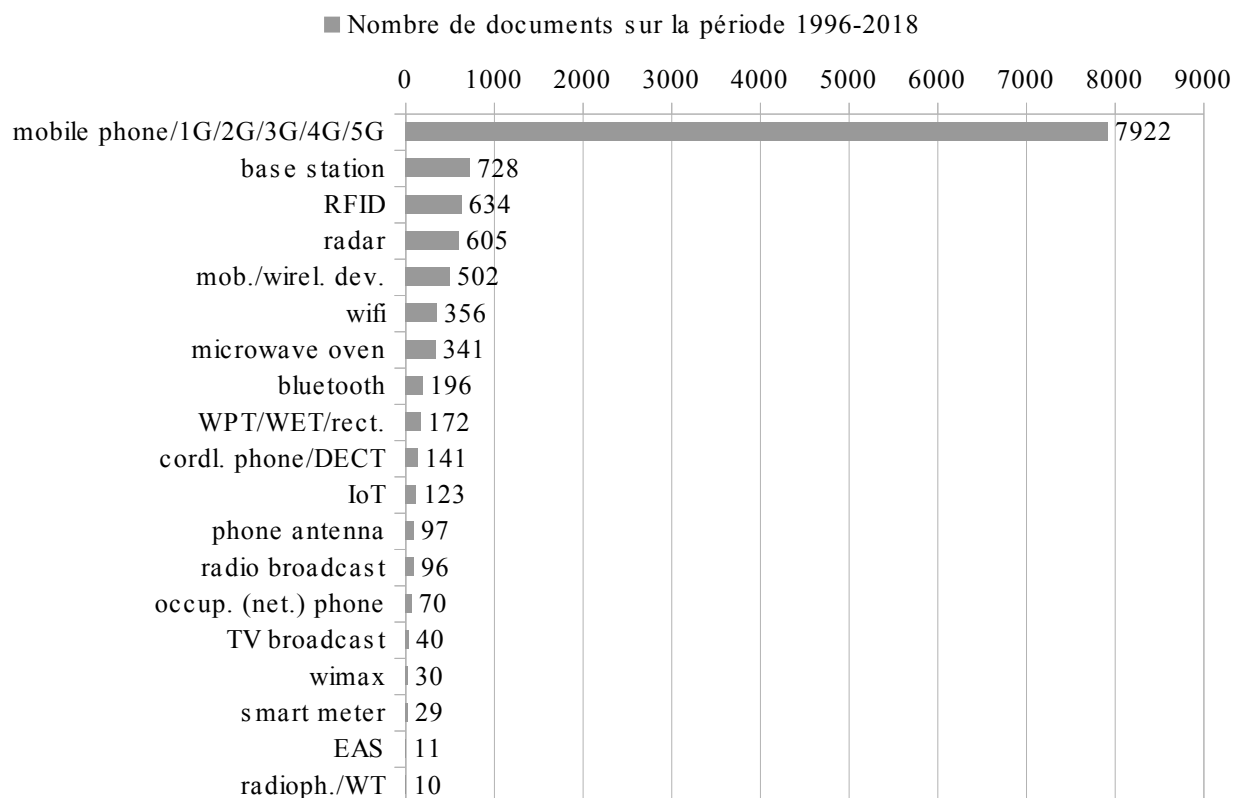


Sur l'ensemble de la période 1996-2018, le thème « mobile phone » (lorsqu'il ne comprend, outre le terme « mobile phone » lui-même, que des synonymes tels que « smartphone », « cell phone » et « cellular phone »...) est de très loin le plus traité au sein du corpus, devant des thèmes connexes (sur le plan matériel et sémantique) comme « 2G » et « base station », mais aussi devant d'autres thèmes tels que « RFID » et « radar ».

D'autres thèmes/termes apparaissent en revanche extrêmement peu dans le corpus. Par exemple les thèmes « radiophone³³ /walkie-talkie » et « Electronic Article Surveillance » n'apparaît respectivement que dans 10 et 11 documents. Et ce ne sont pas les seuls thèmes à apparaître peu. Dans le tableau suivant, les différentes générations technologiques de téléphonie mobile sont regroupées³⁴, pour mieux faire apparaître le contraste entre cette catégorie technologique (téléphonie mobile) et les autres.

³³ En anglais, « radiophone » est un synonyme de « walkie-talkie » (cf. par exemple <https://www.wordreference.com/enfr/radiophone>).

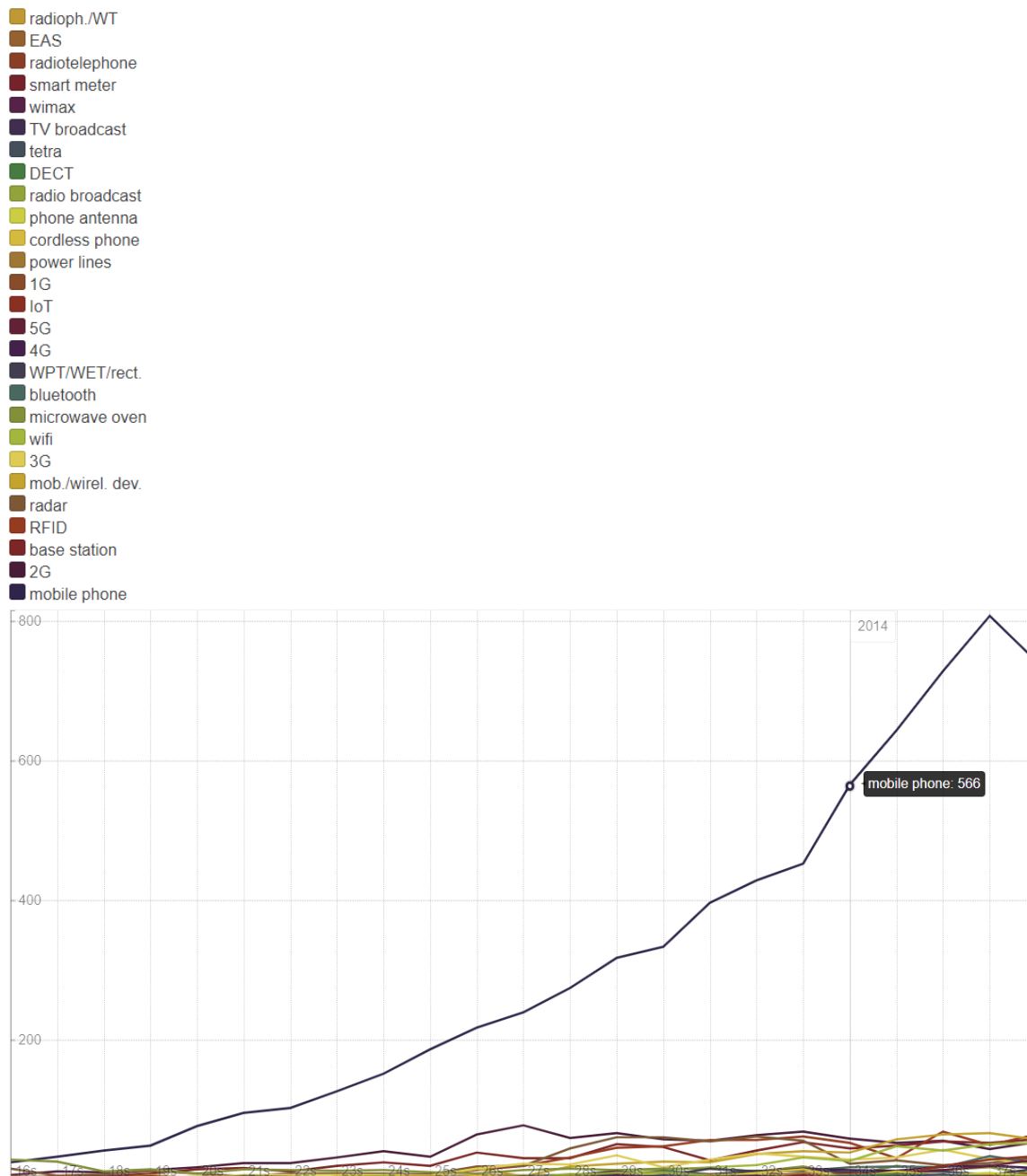
³⁴ Dans ce tableau, le nombre d'occurrences de la catégorie téléphonie mobile en général (y compris 2G, 3G, 4G) est moins élevé que le total des occurrences de « mobile phone », 2G, 3G, 4G dans le tableau précédent, car dans nombre d'articles, ces différents termes apparaissent ensemble. Un document contenant "mobile phone" et "4G" par ex. est comptabilisé deux fois dans le premier tableau (à la ligne mobile phone, et à la ligne 4G), alors qu'il ne l'est qu'une fois dans le second tableau.



Les technologies autres que « mobile phone » n'apparaissent que dans un faible nombre de documents, alors même qu'elles sont aujourd'hui d'usage commun : « bluetooth », « cordless phone/DECT », « Wireless Power Transmission / Wireless Energy Transmission / rectenna » (moins de 200 documents) ; « radio broadcast », « occupational (network) phone » qui comprend « radiotelephone » et « tetra » (moins de 100 documents) ; « TV broadcast », « wimax », « smart meter », et « radiophone/walkie-talkie » et « Electronic Article Surveillance », déjà évoqués ci-dessus (moins de 50 documents).

4.5.1.3 Analyse temporelle comparée

La figure suivante montre, pour chacun des 26 thèmes se rapportant à des technologies (évoqués ci-dessus), l'évolution du nombre de documents correspondant sur toute la période que couvre notre corpus (1996–2018). Dans la légende, le nombre de documents correspondant à ces thèmes va croissant à mesure que l'on descend dans la liste, « mobile phone » étant, comme on l'a vu, le thème le plus traité dans le corpus :



Cette figure permet de compléter le constat précédent, selon lequel « mobile phone » est, parmi les thèmes qui se réfèrent aux technologies au sein de notre corpus, de très loin le plus présent : elle permet de visualiser le fait que l'évolution temporelle du nombre de documents traitant de ce thème correspond à la dynamique temporelle observée sur le volume du corpus entier (présentée en section 2.2.1). En effet, le nombre de documents traitant de ce thème, tout comme le nombre de documents publiés dans le champ de recherche étudié, ne cesse d'augmenter de 1996 à 2017 et fléchit légèrement en 2018³⁵.

³⁵ On peut supposer que l'ensemble des articles publiés dans des numéros de revue datés de 2019, n'étaient pas encore tous incorporés dans Scopus à la date d'extraction des références (mai 2019). L'intégration de références, leur vérification et nettoyage, etc. se fait en décalage temporel avec la date de publication par les revues. De plus, certains numéros de revue de la fin de l'année N peuvent être publiés, en pratique, pendant l'année N+1.

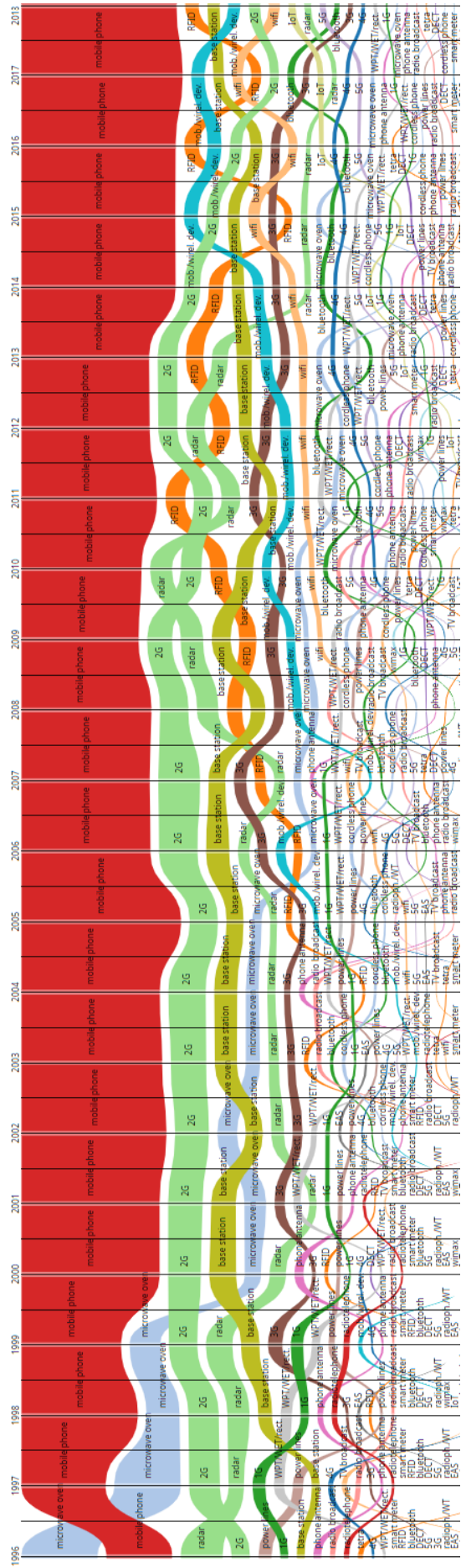
A titre indicatif, le nombre *annuel* de documents publiés traitant du thème « mobile phone » dépasse le seuil des 500 entre 2013 et 2014 et a atteint 808 en 2017.

Les figures ci-dessous permettent de visualiser quant à elle deux informations en même temps :

- **l'évolution de la *proportion*** d'un thème donné, *par rapport aux autres* thèmes figurant sur la même figure (ici l'épaisseur du trait ne représente pas le nombre de documents correspondant au thème indiqué sur le trait, mais bien *la part* de ce thème *par rapport aux autres* thèmes représentés sur la même figure),
- **le classement** des thèmes les uns par rapport aux autres, selon leur proportion dans le corpus par rapport aux autres thèmes représentés sur la figure.

Commençons par une vue panoramique sur l'ensemble de la période :

Il faut donc interroger Scopus tard dans l'année N+1 pour avoir une vision exhaustive de ce qui a été publié pendant l'année N.



Sans surprise par rapport à ce qui a déjà été constaté sur les figures précédentes, parmi les technologies figurant dans notre liste de thèmes/termes d'intérêt, le thème « mobile phone » s'avère être dominant dans notre corpus pendant presque toute la période étudiée (1996-2018). L'année 1996 fait cependant exception : pour cette année-là, le thème « microwave oven » est davantage présent.

Si le thème « mobile phone » n'est qu'en 2^{ème} position dans le classement en 1996, sa part au sein du corpus augmente très fortement entre 1996 et 2000 (elle double presque). Cette dynamique n'est cependant pas régulière au long de ces quatre années : on observe une forte augmentation entre 1997 et 1998, puis une diminution entre 1998 et 1999 avant une nouvelle forte augmentation entre 1999 et 2000. Après 2000 (et donc jusqu'en 2018), la place prise au sein du corpus par le thème « mobile phone » par rapport aux autres présentés ici n'évolue que très peu. Cette proportion connaît deux augmentations, entre 2004 et 2005 et entre 2013 et 2014, tandis qu'elle s'avère légèrement réduite sur la période qui s'écoule entre 2005 et 2013 (en particulier en 2009 et 2010).

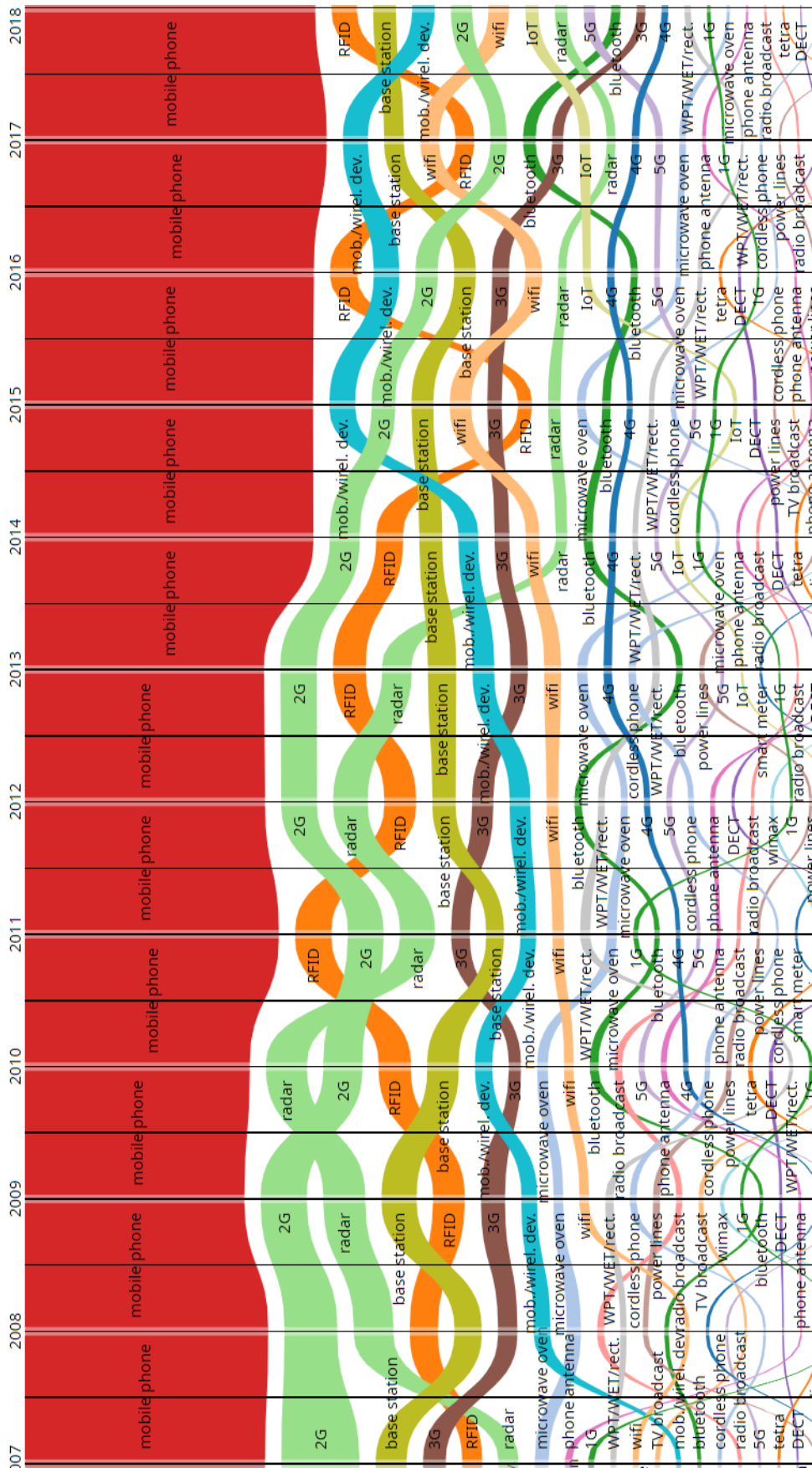
A part le thème « mobile phone », peu de thèmes sont traités de manière régulière dans les documents publiés entre 1996 et 2005. En effet, hormis les deux thèmes « microwave oven » et « radar » — non liés à « mobile phone » (sur le plan matériel et sémantique) — et les quatre thèmes « 2G » (deuxième génération), « base station », « 3G » (troisième génération), et « 1G » (première génération) — liés à « mobile phone » — la part de tous les autres thèmes présentés ici, en plus d'être faible, connaît de fortes variations. Le corpus constitué ne comporte pas les publications sur les technologies utilisant des RF, mais les publications portant sur ces technologies et sur des questions d'exposition aux radiofréquences ou d'effets biologiques et sanitaires. Par conséquent, l'apparition sur les figures présentées dans cette section, à un moment donné, d'une (« génération » de) technologie ne doit pas être interprétée comme le moment où commencent à paraître des publications portant sur cette technologie : il correspond au moment où ce thème commence à apparaître dans le domaine des recherches qui s'intéresse aux questions d'exposition aux radiofréquences et à leurs effets.

Parmi les thèmes qui ne font pas partie (sur les plans matériel et sémantique) de celui de la téléphonie mobile, seuls « microwave oven » et « radar » restent, sur la période 1996-2005, des thèmes qui apparaissent de manière relativement constante dans le corpus, par rapport aux autres thèmes présentés ici. Cependant, leur importance (en proportion par rapport aux autres thèmes) baisse assez nettement et de manière presque régulière tout au long de cette période, les reléguant derrière des thèmes directement liés à celui de la téléphonie mobile. En effet, « microwave oven » occupe une place moins importante que « 2G » et que « base station » à partir de l'année 2000 (et ce jusqu'en 2018, malgré un inversement ponctuel entre son classement et celui de « base station » en 2002). De même, « radar », 3^{ème} thème dans le classement en 1996, voit sa part diminuer en 1997, puis augmenter légèrement en 1998 et 1999, et re-diminuer alors jusqu'en 2005, tandis que les thèmes « 2G » et « base station » prennent durablement des proportions supérieures, respectivement en 1997 et 2000.

A contrario, trois thèmes qui sont directement liés à la téléphonie mobile, s'imposent durablement pendant cette période 1996-2005. C'est le cas de « 2G » qui prend la 2^{ème} place du classement en 1997 et la conserve presque sans interruption jusqu'en 2014, même après le lancement de la 3G ; et c'est aussi celui de « base station », dont la part croît particulièrement fortement entre 1996 et 2000, l'amenant à la 3^{ème} place, autour de laquelle elle oscillera jusqu'en 2018. C'est également le cas de « 3G » : la part de ce thème croît elle aussi fortement entre 1996 et 1999, pour ensuite osciller brièvement puis diminuer légèrement jusqu'en 2005, avant de ré-augmenter en 2006 et 2007 et d'osciller à nouveau très légèrement jusqu'en 2016, date après laquelle elle diminue de nouveau plus nettement. En revanche, la part du thème « 1G », si elle oscille entre 1996 et 1999, diminue quant à elle nettement et durablement à partir de cette date.

Parmi les thèmes dont la part au sein du corpus oscille fortement pendant la période 1996-2005, certains finissent, tout en restant dominés par « mobile phone », par s'imposer durablement à partir de 2005.

C'est d'abord le cas du thème « RFID », dont la proportion, après de fortes oscillations jusqu'en 2005, va ensuite croissante au moins jusqu'en 2011 pour atteindre la 2^{ème} place du classement, puis oscille à nouveau, avec une légère tendance à la baisse, tout en se maintenant entre les 2^{ème} et 6^{ème} thèmes le plus importants dans le corpus.



Si les parts respectives de nombreux thèmes restent faibles jusqu'en 2018, le thème « RFID » n'est cependant pas le seul à s'imposer durablement dans la deuxième moitié des années 2000. Quelques autres voient leur importance croître puis se maintenir, voire continuer de croître légèrement, et de manière relativement régulière après 2007. C'est le cas de « bluetooth » et « wifi » qui émergent très doucement à partir (respectivement) de 2001 et 2002, mais dont les parts forçissent à partir de 2010 et 2009. C'est également le cas de « mobile/wireless devices » qui, après d'importantes oscillations commençant dès 1998 et forçissant en 2005 et 2006, s'impose durablement à partir de 2008. En outre, la part du thème « 4G », après avoir elle aussi marqué de fortes oscillations, connaît à partir de 2010 une dynamique de croissance (faible) puis se maintient, tandis que celle du thème « Internet of Things », elle aussi à partir de 2010, marque une croissance légèrement plus forte et régulière. Enfin, l'évolution temporelle de la proportion du thème « 5G » ressemble d'abord à celle du thème « 4G », marquée par des oscillations relativement importantes jusqu'en 2013, pour ensuite connaître une croissance régulière similaire à celle du thème « Internet of Things ».

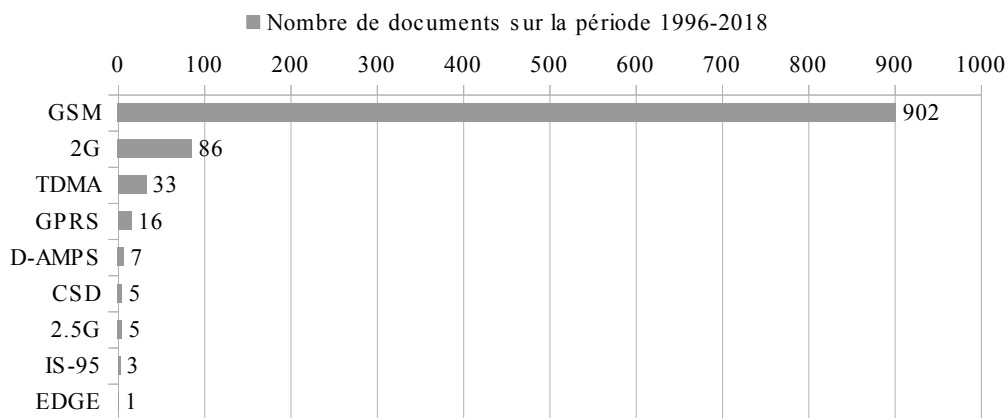
Enfin, les parts respectives des thèmes « microwave oven » et « radar » diminuent fortement, dès 2002 et de façon régulière pour le premier, et à partir de 2012 et de façon plus brutale pour le second.

4.5.2 « Générations » de normes de téléphonie mobile

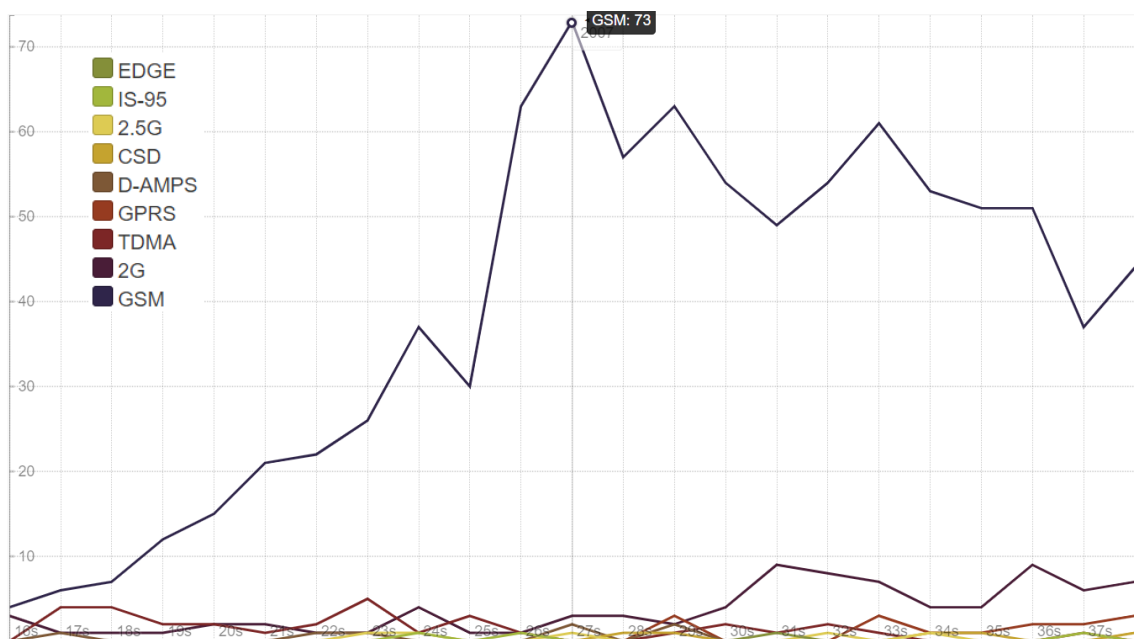
Comme indiqué ci-dessus via les tableaux présentés avant les figures, ce qui y apparaît comme des « générations » de technologie mobile regroupe une série de normes de téléphonie mobile. Les figures présentées ci-dessous visent à préciser quelles sont les normes, parmi celles que nous avons regroupées au sein d'une même « génération », qui apparaissent le plus, et selon quelle temporalité, dans notre corpus. Contrairement aux figures précédentes qui se basaient justement sur le regroupement des différentes normes au sein des différentes générations, ci-dessous, seules les occurrences de « 2G » et de « second generation » alimentent la catégorie « 2G » ; seules les occurrences de « 3G » et de « third generation » alimentent la catégorie « 3G », etc. Cette analyse permet d'indiquer dans quelle mesure les termes 2G, 3G, 4G et 5G sont utilisés en tant que tels dans le corpus, tout en précisant également le nombre d'occurrences d'autres termes qui sont apparentés à ces "générations", sur le plan technologique.

Parmi ces « générations », nous l'avons vu précédemment, c'est la « 2G » qui est la plus mentionnée dans le corpus (à hauteur de 1013 documents).

4.5.2.1 2G

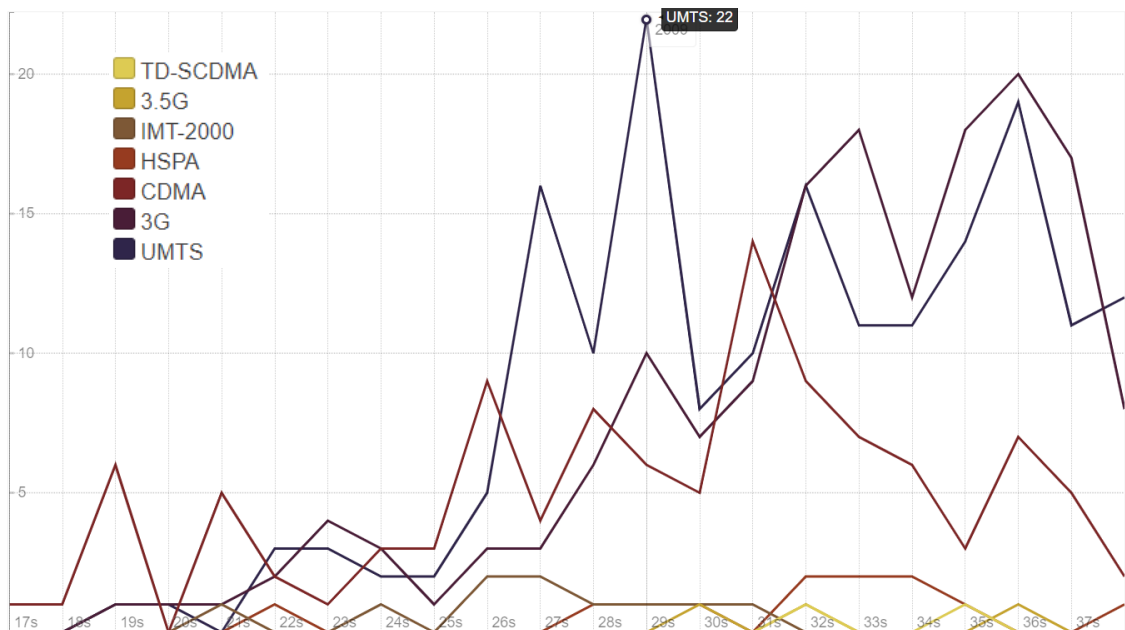
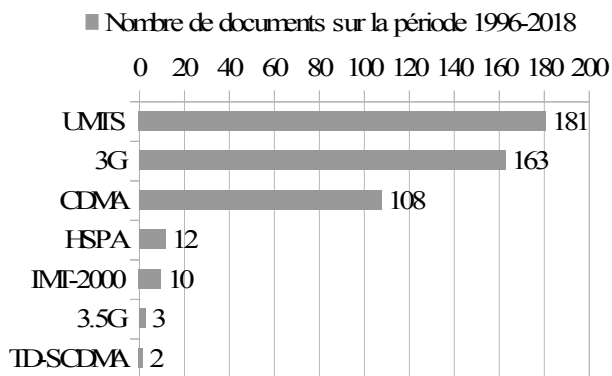


L'occurrence de EDGE peut paraître ici étonnamment basse, mais cela peut s'expliquer par le fait que cet acronyme correspondant également à un mot qui en anglais a son sens propre, le comptage des occurrences de ce mot n'aurait pas eu de sens, et la seule forme lexicale indexée pour la recherche dans le corpus est la forme développée de l'acronyme (« Enhanced Data Rates for GSM Evolution »).



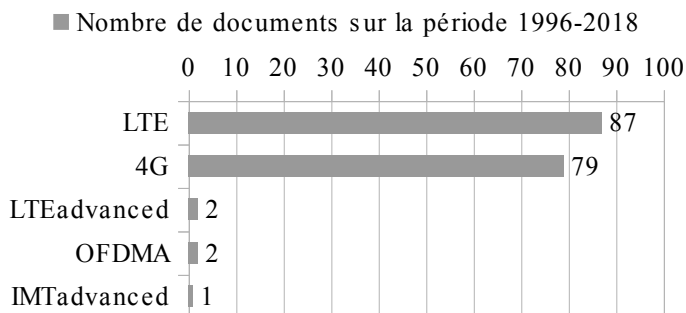
Il apparaît clairement sur ces deux figures que le terme qui alimente presque à lui seul le thème « 2G » n'est pas le terme « 2G » lui-même mais la norme GSM, que l'on retrouve dans 902 documents de notre corpus, et dont la présence au long de la période 1996-2018 atteint un pic en 2007, année où l'on trouve ce terme dans 73 documents. Les termes « TDMA », « GPRS », « D-AMPS », « CSD » et « IS-95 » ne contribuent que très faiblement.

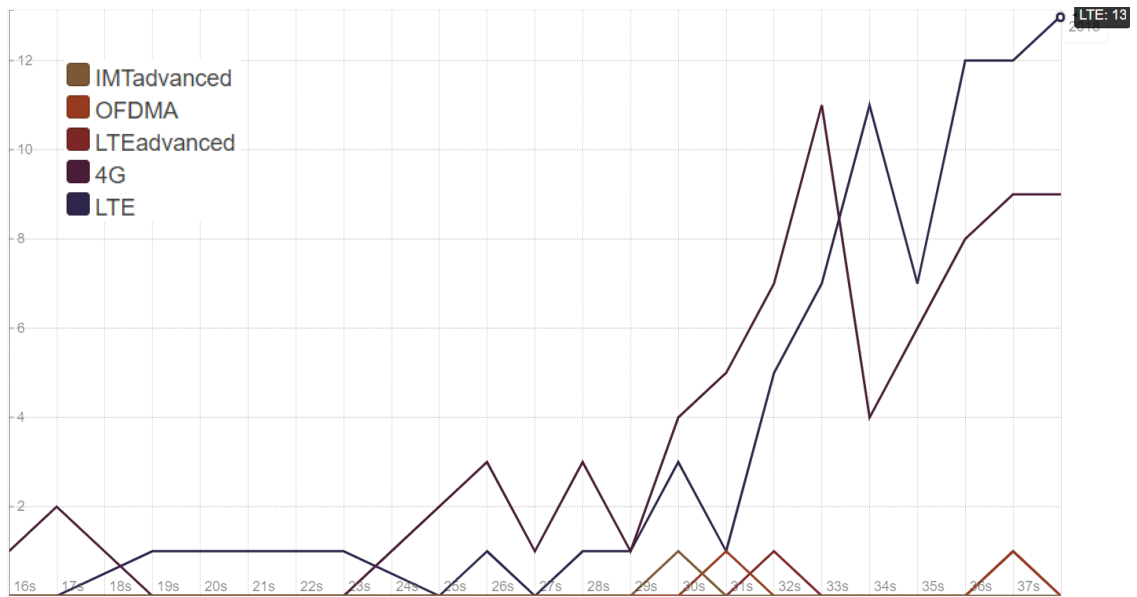
4.5.2.2 3G



Parmi les termes que nous avons rassemblés dans notre classification dans le thème « 3G », ce sont les normes « UMTS » et « CDMA » qui totalisent le plus de documents (respectivement 181 et 108) sur la période 1996-2018, et les nombre de documents annuels mentionnant ces normes ont atteint leurs pics respectivement en 2009 (22 documents) et 2011 (14 documents).

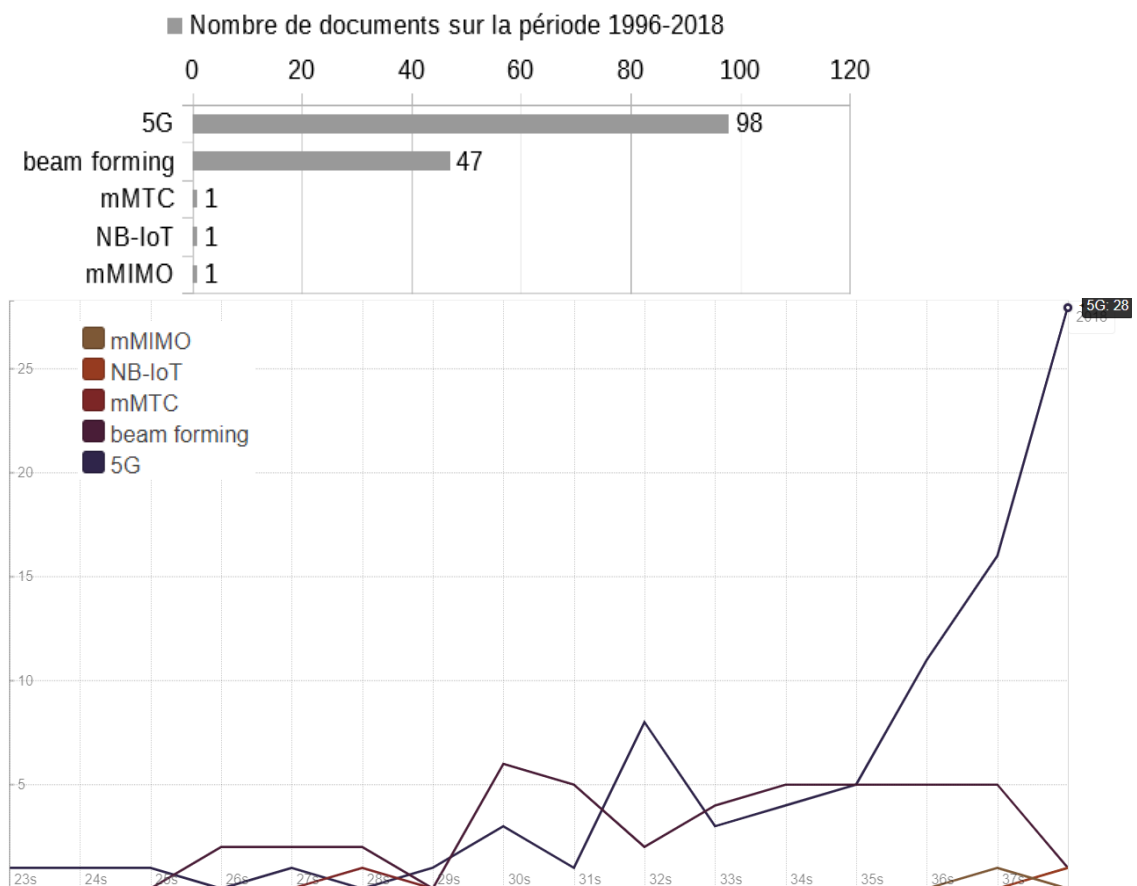
4.5.2.3 4G





Concernant la 4G, c'est la norme « LTE » qui totalise le plus de documents (87) sur la période 1996-2018, avec un nombre de documents annuel atteint en 2018 (13).

4.5.2.4 5G

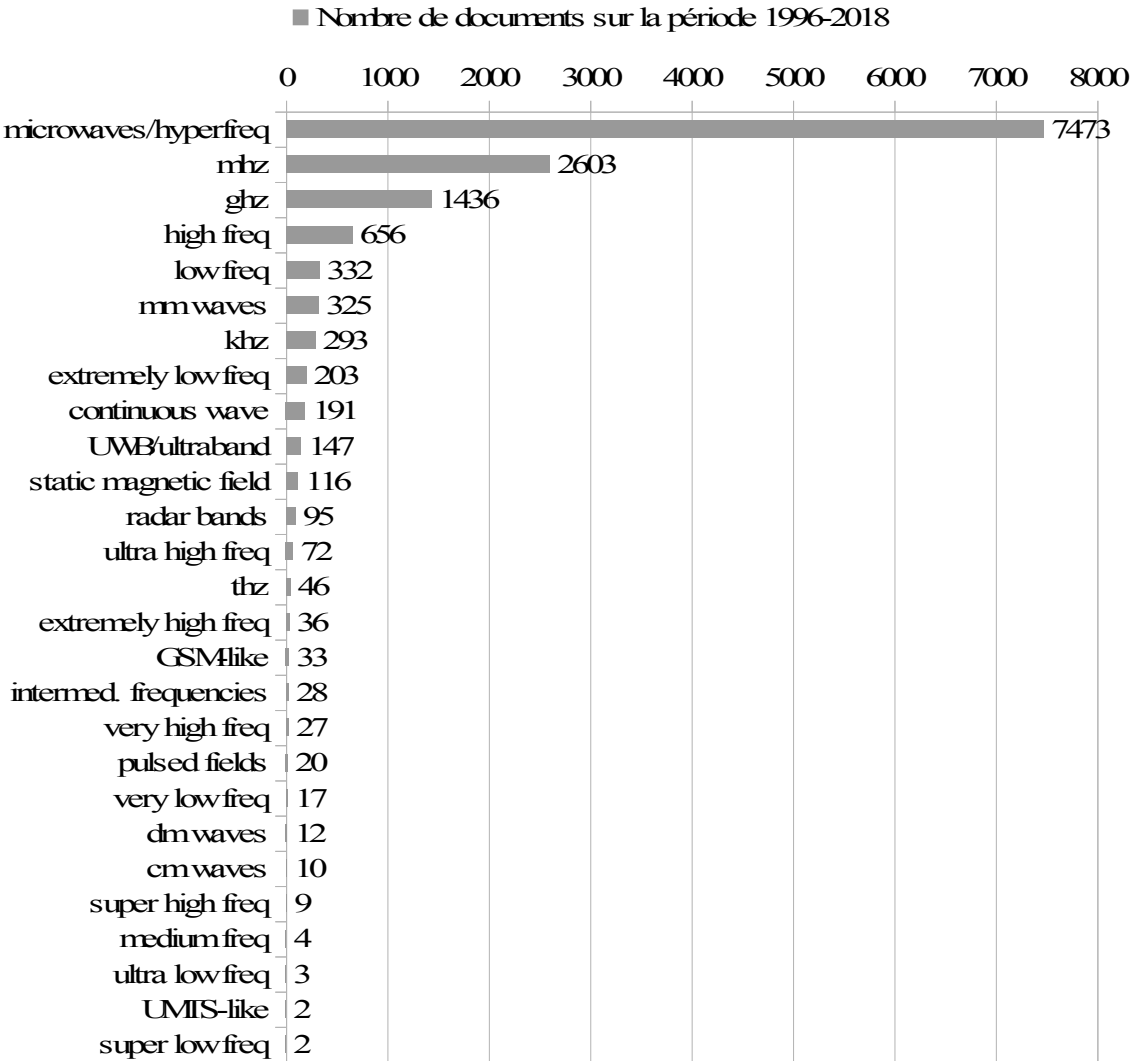


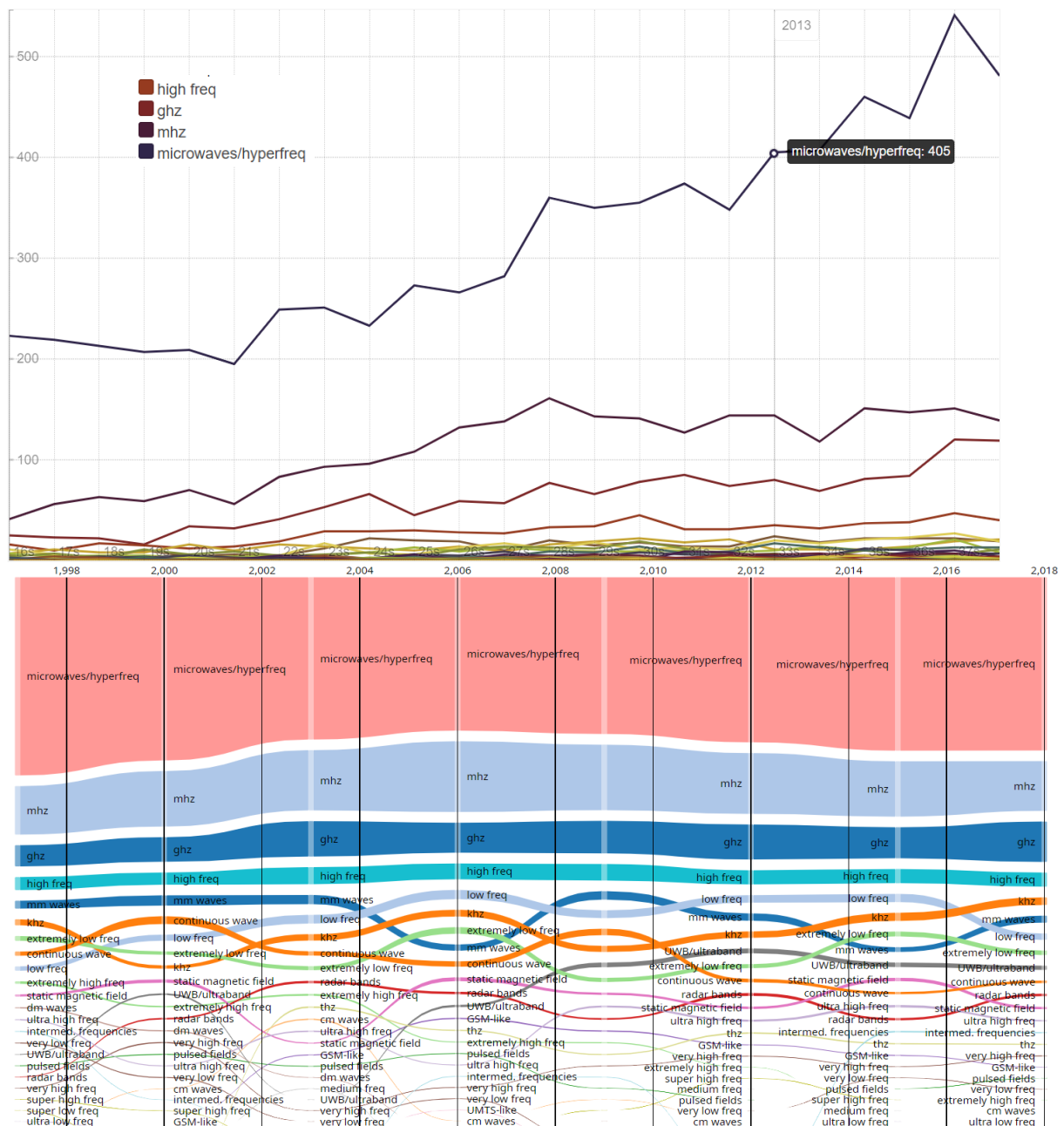
Contrairement aux autres cas présentés ci-dessus, c'est le terme « 5G » lui-même qui, parmi les autres termes que nous avons associés dans notre classification à cette « génération », est le plus présent au sein du corpus. Au moins deux hypothèses pourraient expliquer cela : 1) il se peut que certaines normes ou notions que les chercheurs associent à la 5G ne figurent pas

dans notre liste de termes, auquel cas il conviendrait de l’amender, 2) il se peut aussi que dans les années 2015-2018 (puisque c’est, comme on peut le voir sur cette figure, pendant cette période que le nombre de documents comportant ce « terme » augmente significativement), le terme « 5G » soit davantage évoqué dans les publications comme un élément de contexte ou un évènement à venir que comme un objet de recherche dont on étudierait les normes et les notions directement afférentes.

4.5.3 Types de fréquences/de signal

Pour consulter les correspondances entre les thèmes/termes visualisés dans cette section, la liste des termes d’intérêt, et les formes lexicales recherchées dans le corpus pour chacun d’eux, on se réfèrera au niveau hiérarchique F2 de l’annexe A4.



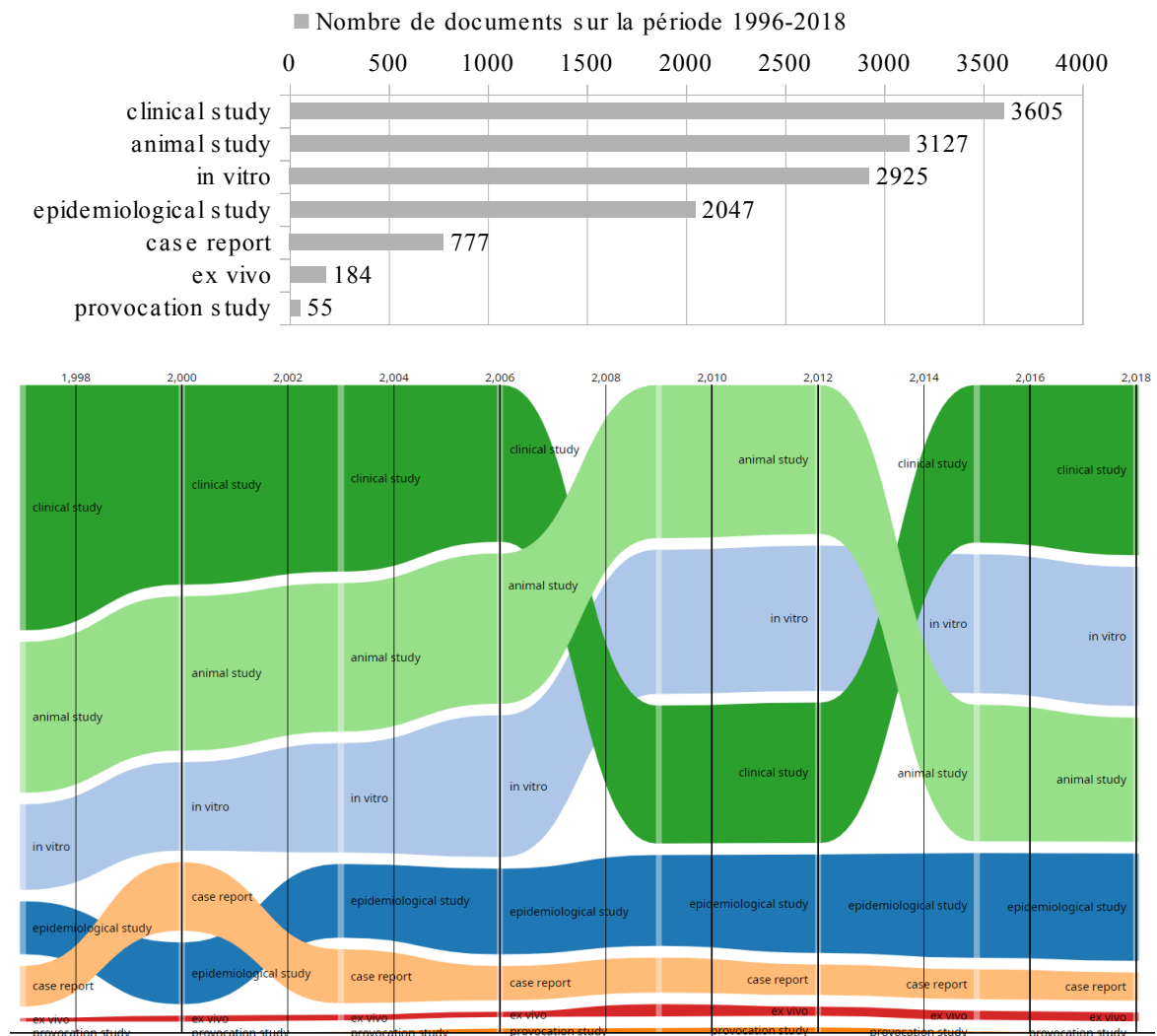


Comme pour les termes qui se réfèrent aux technologies, un thème, parmi ceux qui renvoient aux types de fréquences et de signaux, domine largement le corpus sur l'ensemble de la période : il s'agit de « microwaves / hyperfrequencies ».

En revanche, parmi les thèmes/termes de cette famille, la proportion de ceux qui sont les plus présents au sein du corpus, et leur importance les uns par rapport aux autres (et toujours en termes de nombre de documents correspondant), n'évolue que peu au long de la période. Cela est particulièrement marquant pour les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} thème (« mhz », « ghz », « high frequencies »).

4.5.4 Types d'études

Pour consulter les correspondances entre les thèmes/termes visualisés dans cette section, la liste des termes d'intérêt, et les formes lexicales recherchées dans le corpus pour chacun d'eux, on se référera au niveau hiérarchique S2 de l'annexe A5.

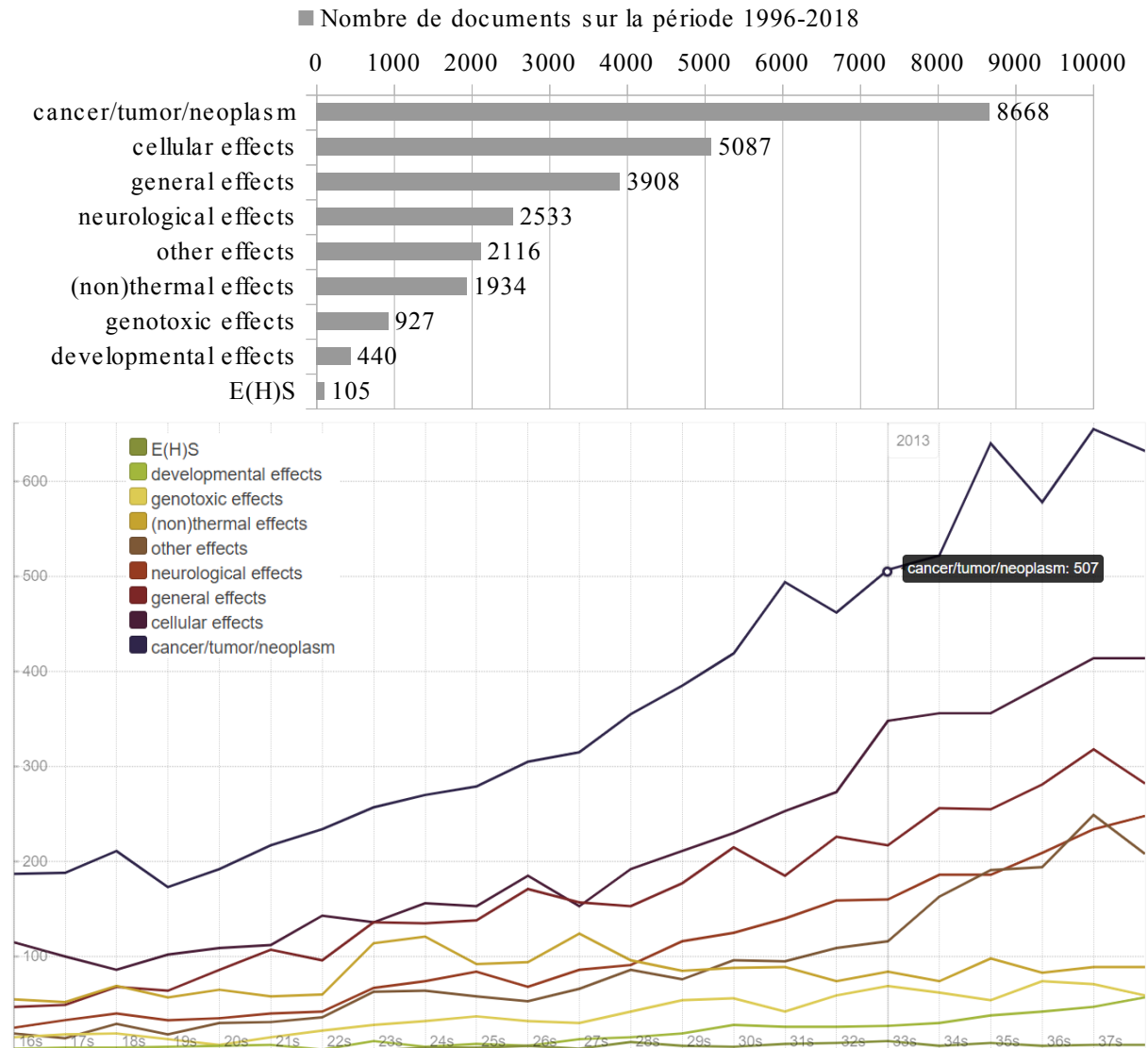


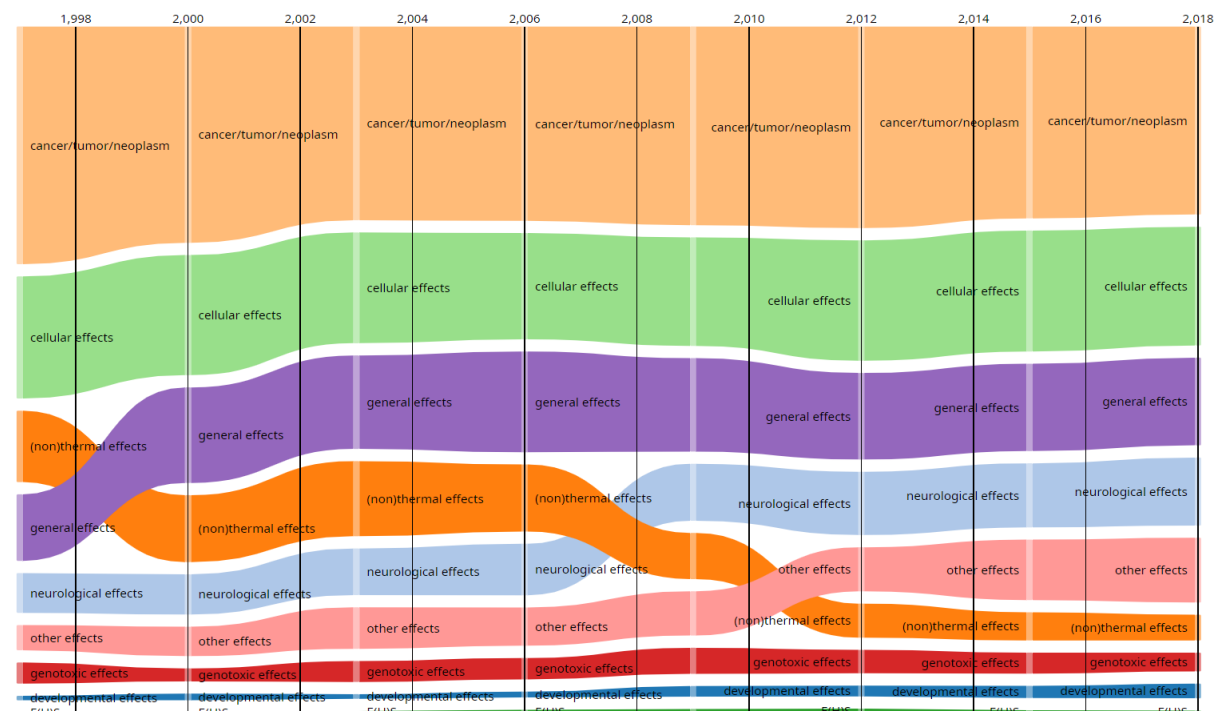
Il est possible que le fait que notre corpus comporte une certaine part d'études portant sur l'utilisation des radiofréquences à des fins d'imagerie ou à des fins thérapeutiques dans le domaine médical explique que le type d'étude qui y est le plus mentionné à l'échelle de l'ensemble de la période soit « étude clinique ».

On peut cependant remarquer, au long de la période, une augmentation assez importante des parts correspondant aux groupes de termes qui renvoient à des « études épidémiologiques », à des études « in vitro », et dans une plus faible mesure à des études « ex vivo » ; tandis que la part des termes liés aux « études sur animaux » a quant à elle suivi une tendance légèrement à la baisse (même si elle s'est trouvée entre 2009 et 2012 supérieure à la part des études cliniques).

4.5.5 Types d'effets étudiés

Pour consulter les correspondances entre les thèmes/termes visualisés dans cette section, la liste des termes d'intérêt, et les formes lexicales recherchées dans le corpus pour chacun d'eux, on se réfèrera au niveau hiérarchique E2 de l'annexe A4. On y trouvera en particulier des précisions sur ce qui a été classé dans les catégories « general effects » et « other effects ».





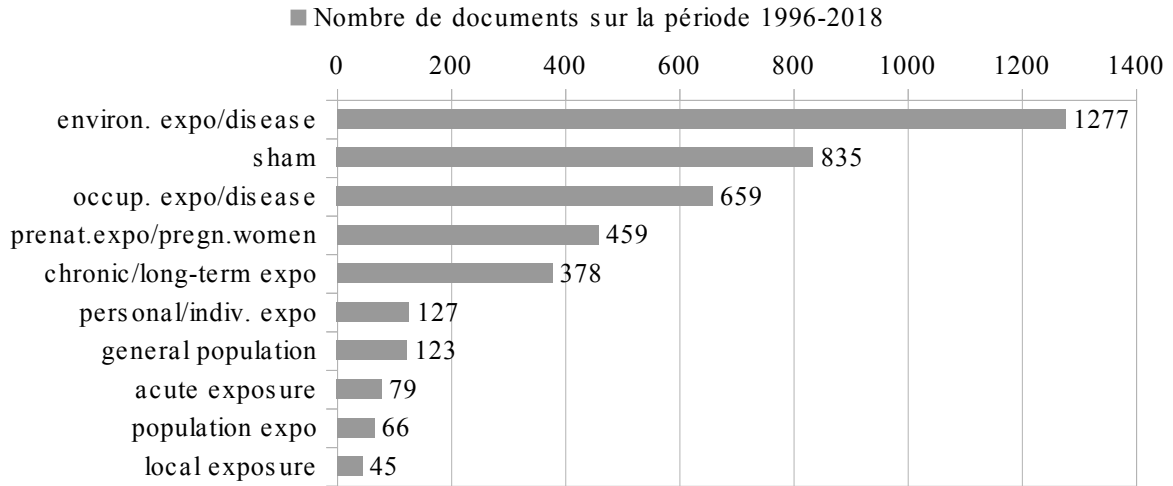
Là encore - comme pour les termes qui se réfèrent aux technologies d'une part, et aux types de fréquences et de signaux d'autre part -, un thème, parmi ceux qui renvoient aux effets biologiques et sanitaires étudiés, à savoir « cancer/tumeur/néoplasme », domine significativement le corpus sur l'ensemble de la période, suivie, dans une proportion assez importante aussi, de la catégorie des « effets cellulaires ».

Et comme pour les principaux thèmes de la famille des types de fréquences et de signaux, mais contrairement à celle des technologies pour laquelle on a observé des dynamiques d'émergence et de déclin relativement fortes, les parts relatives des différents thèmes de la famille des effets biologiques et sanitaires n'a pas beaucoup évolué au cours de la période. On peut tout de même noter une augmentation très légère mais régulière, des documents comportant des termes qui se réfèrent à des « effets neurologiques », « des effets génotoxiques », des « effets sur le développement », des effets divers (« other effects »), sur lesquels on reviendra plus loin ; tandis que la proportion de document abordant la question des « effets thermiques/non thermiques » n'a cessé de diminuer tout au long de la période.

Notons enfin que la part des documents discutant des questions d'« E(H)S », c'est à dire d'« électrosensibilité » et d'« électrohypersensibilité », est par rapport aux autres, particulièrement faible.

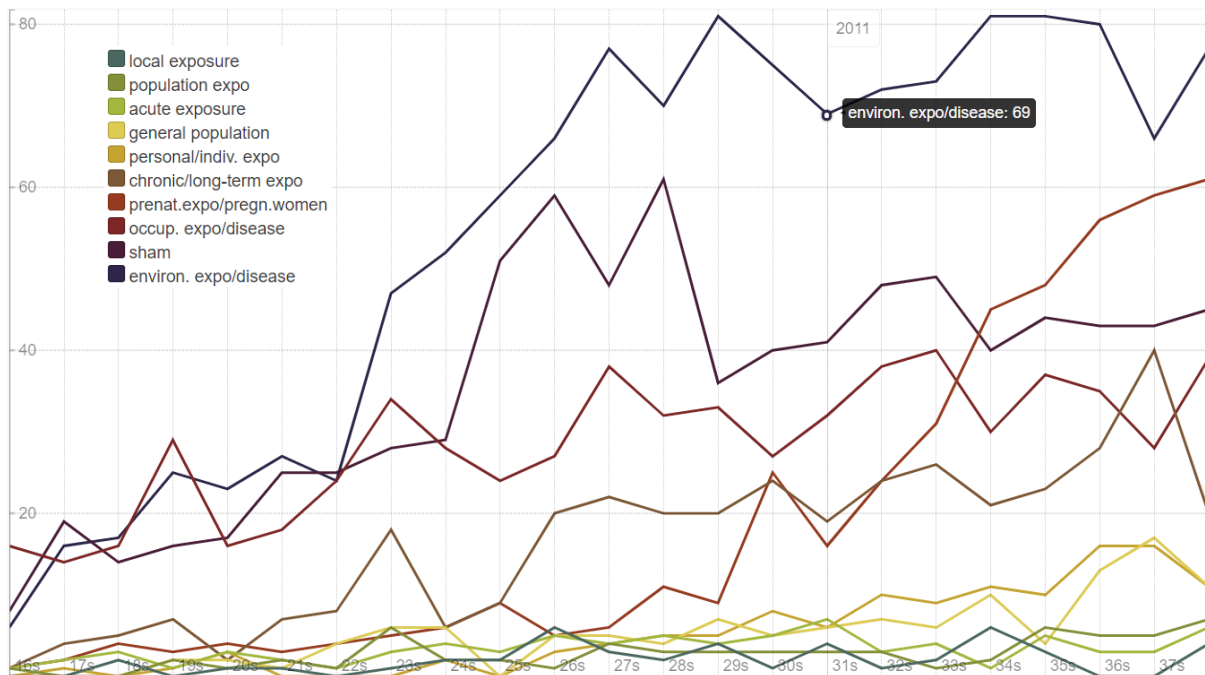
4.5.6 Types d'exposition

Pour consulter les correspondances entre les thèmes/termes visualisés dans cette section, la liste des termes d'intérêt, et les formes lexicales recherchées dans le corpus pour chacun d'eux, on se référera au niveau hiérarchique OT2 de l'annexe A4.

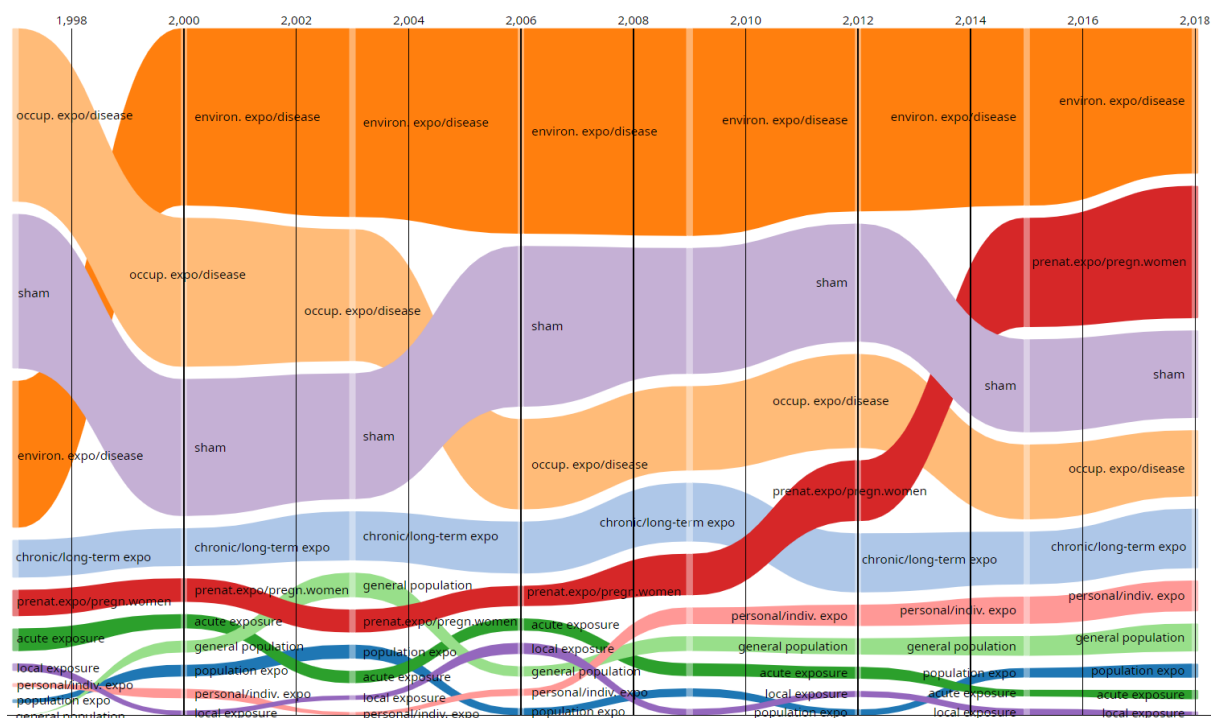


A l'échelle de l'ensemble de la période, le nombre de documents abordant explicitement le thème des « expositions/maladies environnementales » au sein de notre corpus est presque deux fois plus élevé que le nombre de ceux qui abordent le thème des « expositions/maladies professionnelles ».

On peut en outre observer sur la figure suivante que l'écart, en termes de production annuelle de documents traitant de ces deux thématiques, s'est nettement creusé à partir de 2002.



La figure ci-dessous indique quant à elle que le basculement, en termes de proportion de chacun de ces thèmes, par rapport à tous ceux qui sont représentés sur ces trois figures, s'effectue dès l'année 2000.

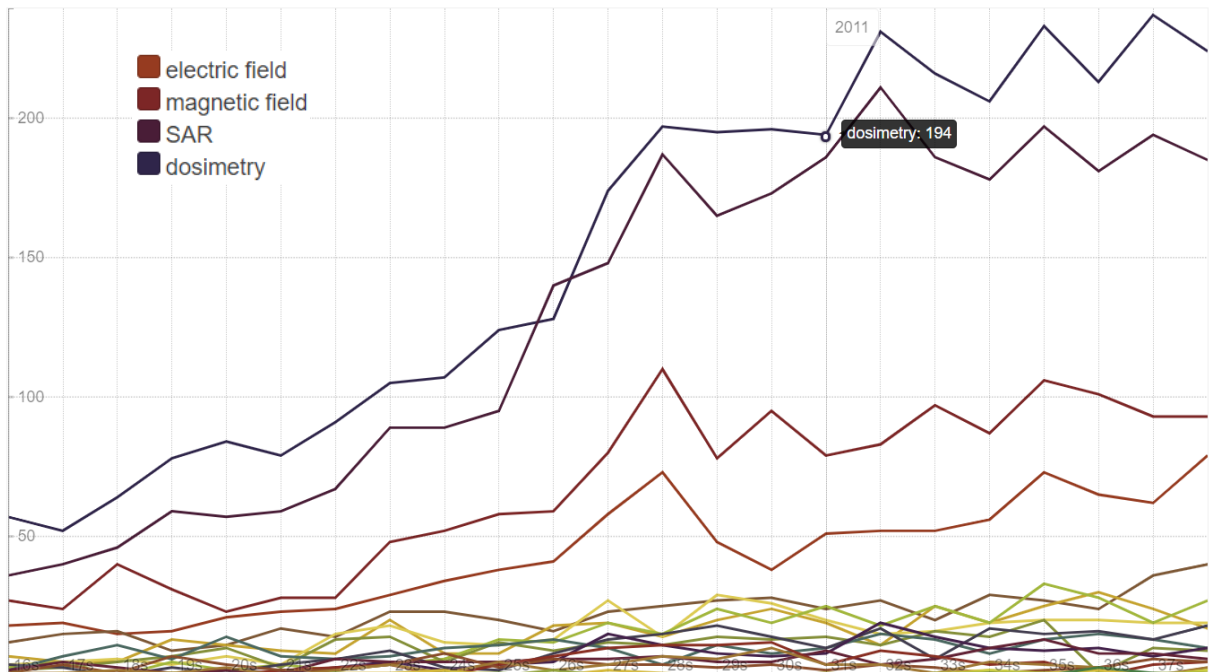
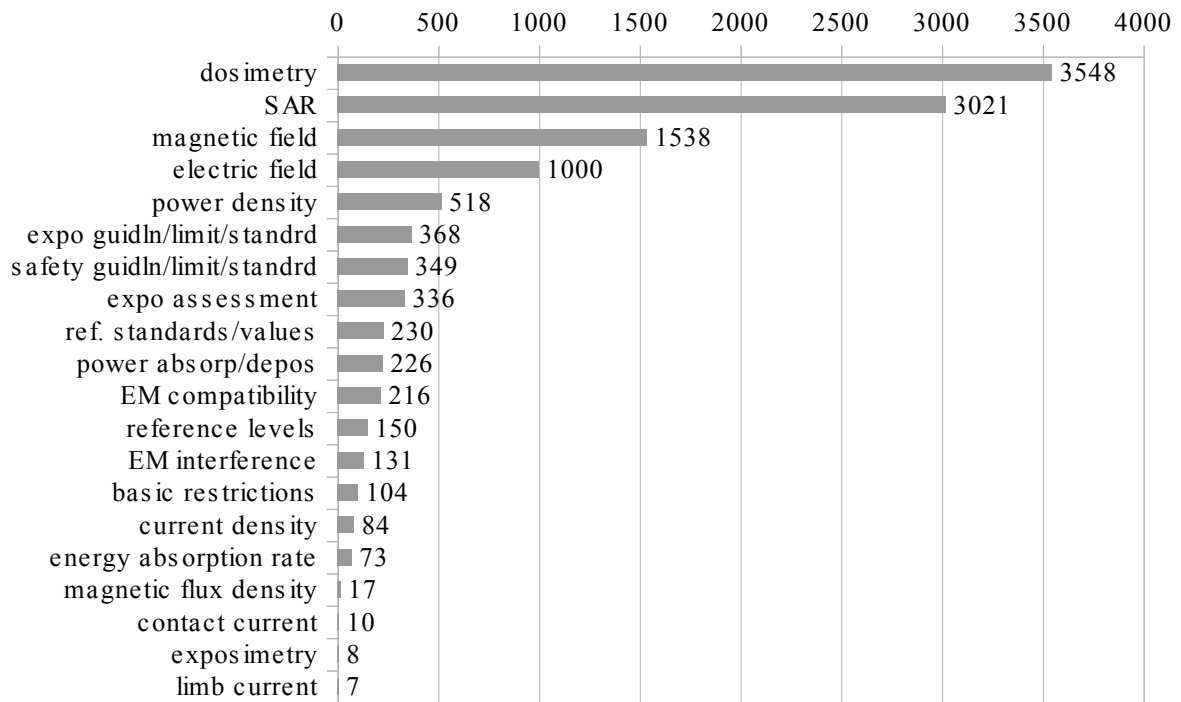


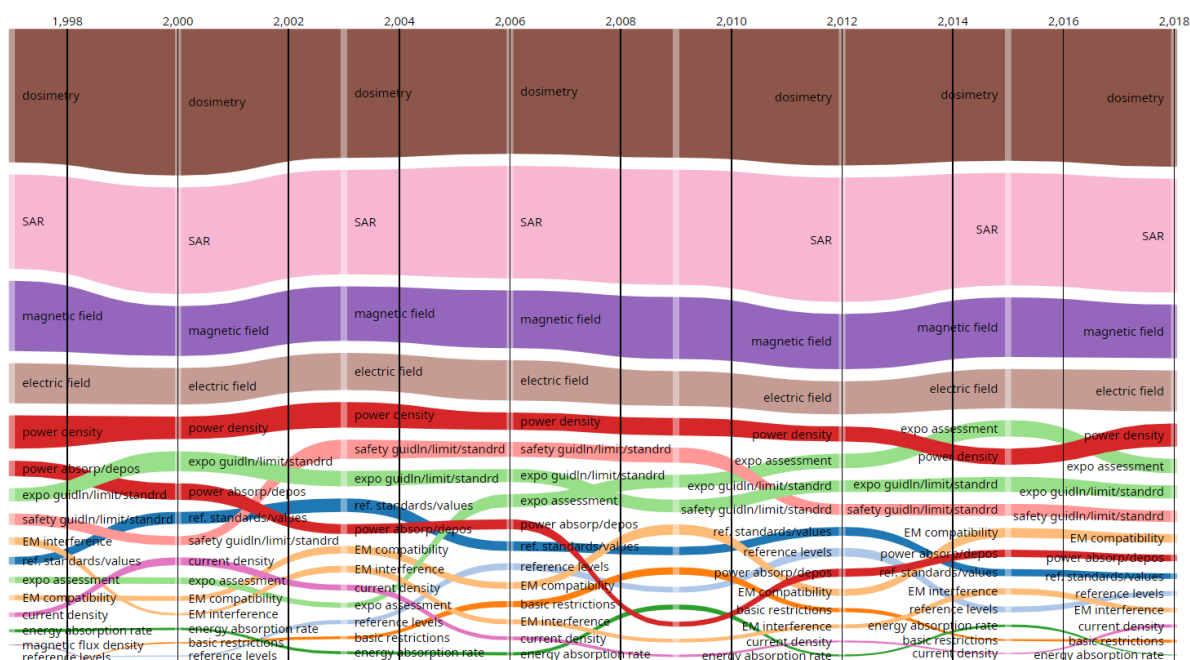
Tandis que sur l'ensemble de la période, la part du thème des « sham exposure » (autrement dit des groupes témoins ou contrôle) oscille, celles de deux autres thèmes relativement importants dans le corpus voient leur part augmenter : celle du thème des « expositions chroniques/de long terme », qui n'augmente que très légèrement, et celle du thème des « expositions prénatales » et des femmes enceintes, qui croient de façon très importante.

4.5.7 Thèmes se rapportant à des notions et des normes d'exposition et de compatibilité électromagnétique

Pour consulter les correspondances entre les thèmes/termes visualisés dans cette section, la liste des termes d'intérêt, et les formes lexicales recherchées dans le corpus pour chacun d'eux, on se réfèrera au niveau hiérarchique OA2 de l'annexe A4.

■ Nombre de documents sur la période 1996-2018





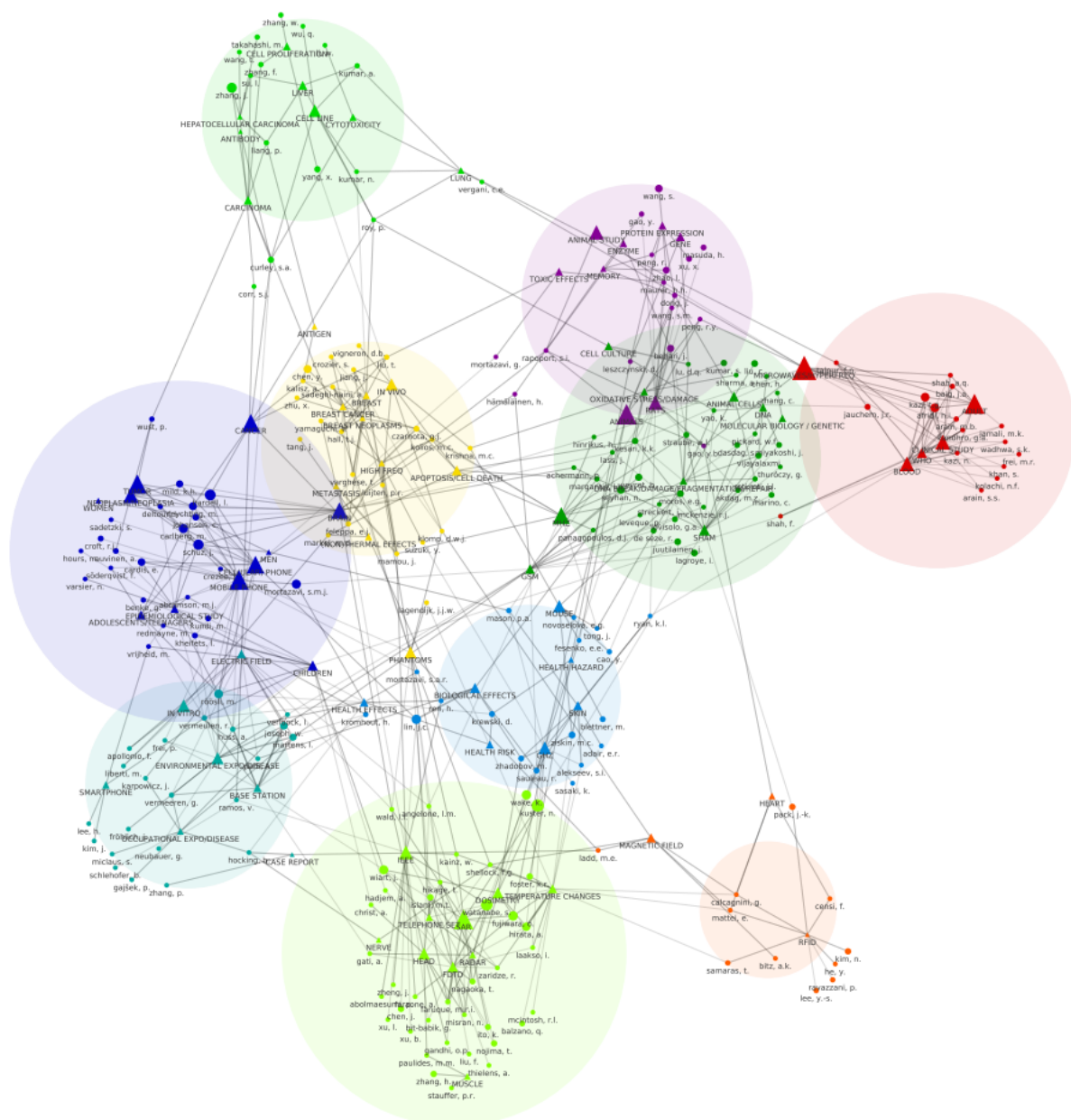
La distribution du nombre de documents par thèmes, à l'échelle de la période 1996-2018 entière, et les dynamiques temporelles que l'on peut observer pour les différentes composantes de cette famille des notions et des normes d'exposition et de compatibilité électromagnétique n'est pas sans rappeler celles qui ont été décrites pour la famille des types de fréquences et de signaux et celle des types d'effets biologiques et sanitaires : deux thèmes, qui en l'occurrence sont fortement liés l'un à l'autre, à savoir « dosimétrie » et « taux d'absorption spécifique », dominent largement cette famille, et les parts relatives des différents thèmes qui la constitue n'ont que très peu évolué au cours de la période.

4.6 « QUI TRAVAILLE SUR QUOI ET COMMENT ? » : VUE GENERALE AU PRISME DES AUTEURS LES PLUS PUBLIANTS ET DES TERMES LES PLUS PRESENTS DANS LE CORPUS

La carte ci-dessous permet de visualiser ce sur quoi travaillent principalement les 337 auteurs les plus publiants au sein de notre corpus, au sens où sont matérialisés sur cette carte les liens entre ces auteurs et les 79 termes les plus fréquents dans le corpus (sachant que là encore, un terme revenant plusieurs fois dans le titre/le résumé/les mots-clefs associés à un document n'est compté qu'une seule fois).

Le seuil de 337 auteurs correspond à l'ensemble de ceux qui ont publié plus de 18 documents au sein du corpus, et le seuil de 79 termes correspond à l'ensemble de ceux que l'on retrouve dans plus de 2% des documents du corpus (ou autrement dit dans au moins 528 documents).

Les clusters visibles sur cette carte sont donc constitués d'ensemble d'auteurs qui travaillent principalement sur les mêmes objets de recherches ou selon les mêmes méthodes.

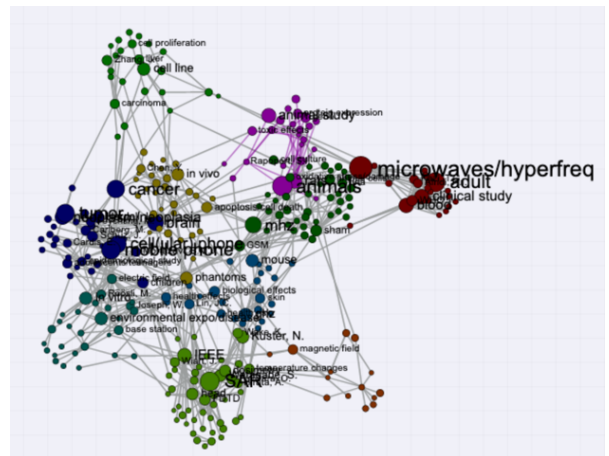


Cette carte est consultable en format gefx, à l'adresse suivante : <https://documents.cortext.net/lib/mapexplorer/explorerjs.html?file=https://assets.cortext.net/docs/e07071a5cbdd2d5038209a244cfb2099#>

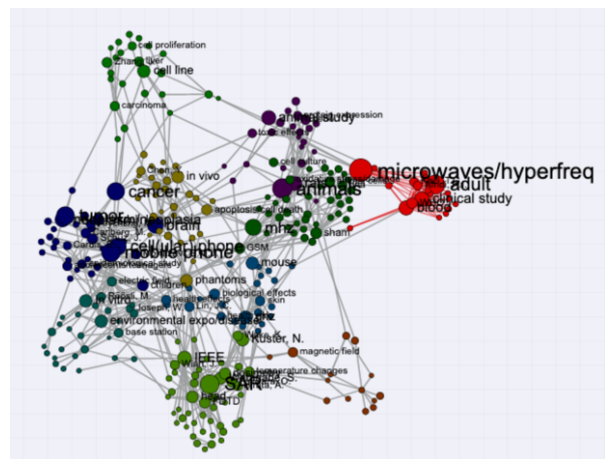
Il est possible, sur la page web présentant la carte, de cliquer sur un auteur pour voir apparaître dans la colonne de droite les termes qui y sont le plus fortement lié au sein du corpus, ou inversement de cliquer sur un terme pour voir apparaître dans cette même colonne la liste des auteurs qui y sont le plus fortement liés. Il est également possible de rechercher directement un auteur ou un terme en entrant le mot correspondant dans la barre de recherche qui figure sur la page juste au-dessus du réseau ; la carte est alors recentrée sur ce mot, s'il est présent sur la carte. On pourra, pour procéder à ce type de recherche, se référer à la liste des termes (cf. systématiquement les termes qui figurent dans la colonne 1 des différentes listes, c'est-à-dire les colonnes T1, S1, etc.) et à la liste des auteurs qui figurent

toutes deux en annexe. La carte fait apparait de manière nette qui se spécialise sur une série de thèmes définis, et formant la structure du champ d'études des radiofréquences et de leurs effets sur la santé.

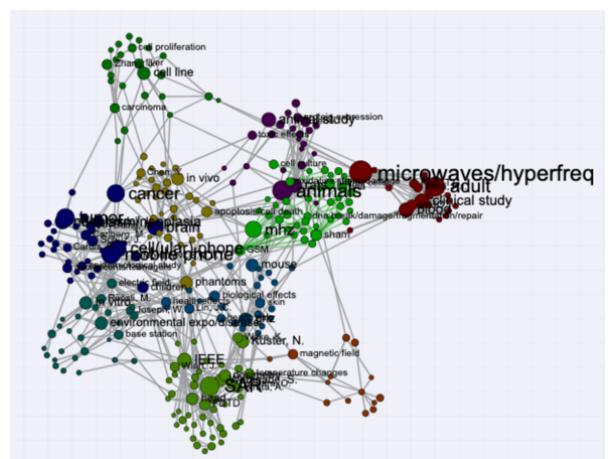
Le cluster violet en haut à droite regroupe des auteurs comme Zhao, L., Dong J., Behari J., et les termes rats, animals, gene, protein expression y sont associés. C'est donc le cluster qui, comparativement aux autres, travaille le plus en expérimentation animale, à l'étude des effets toxiques au niveau génétique.



A sa droite, en rouge, des auteurs comme Kazi T., Afridi H., Shah A., Talpur F. (voir le cluster 7 décrit p. 47 du rapport), situés en chimie analytique, sont regroupés autour de termes comme microwaves/hyperfreq., blood, clinical study, WHO.



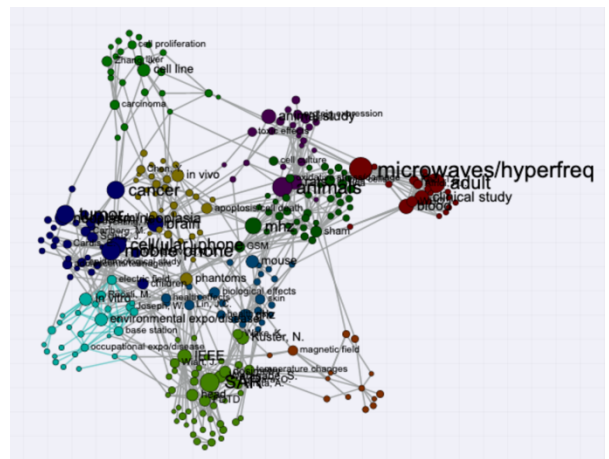
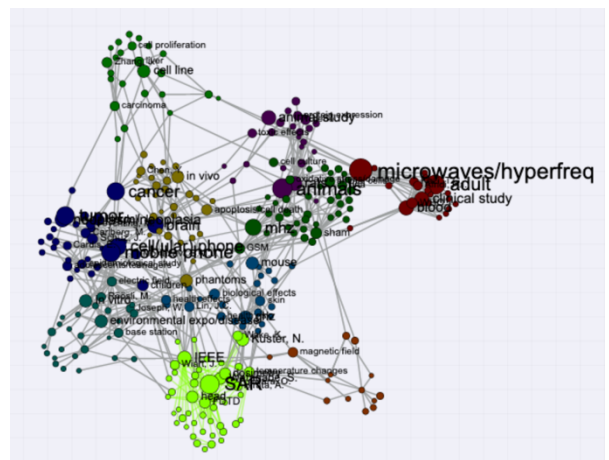
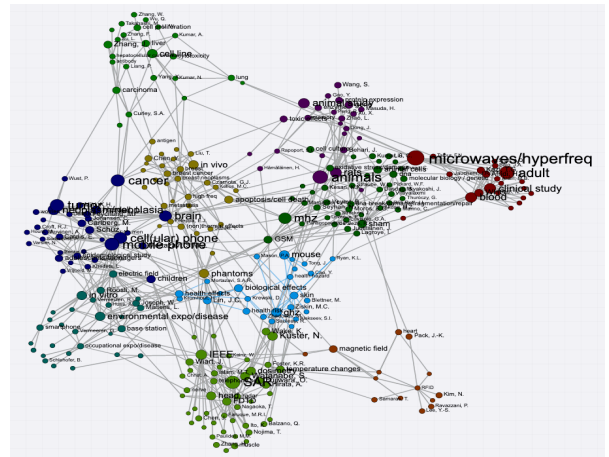
Un cluster coloré en vert, lié à ces deux premiers, est organisé autour du terme GSM, oxidative stress, DNA break/damage, avec des auteurs comme Seyhan N., Veyret B., Moros E., de Seze R., Lagroye I., spécialistes de génotoxicité des champs électromagnétiques.



Plus bas, et plus éloigné de cette première série de trois clusters, un regroupement de termes et d'auteurs dessinent un champ de recherche sur effets biologiques et sanitaires de l'exposition aux gigahertz, étudiés notamment chez la souris. Il implique des auteurs comme Lin J.C., Sauleau R., Ziskin M., Blettner M., groupe où seul le premier travaille spécifiquement sur des technologies de communication (les autres étant sur des dispositifs thérapeutiques, voir plus haut, p. 12)

Selon cette carte, la recherche en dosimétrie, autour des DAS, et des changements de températures ou effets thermiques attribuables aux téléphones, constitue un cluster bien distinct, isolé en bas du champ, et concerne des auteurs exerçant comme expert auprès de l'IEEE. Kuster N., Wiart J., Kainz W., Watanabe S., Fujiwara O., notamment, y sont positionnés.

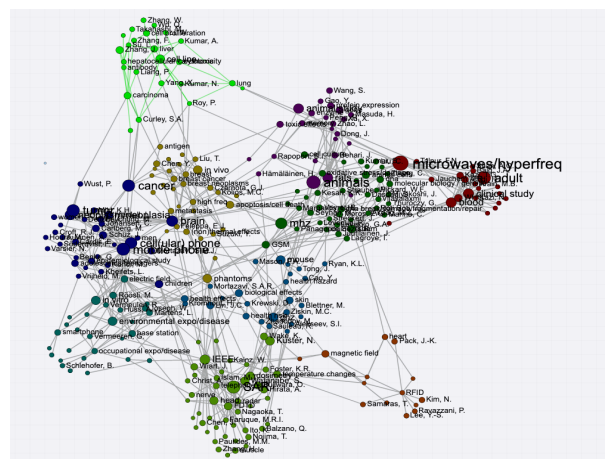
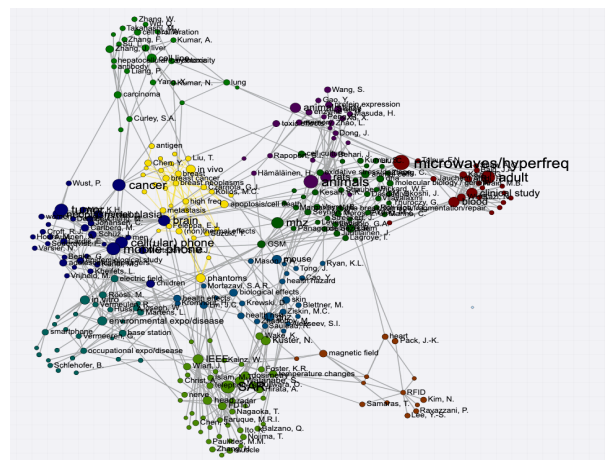
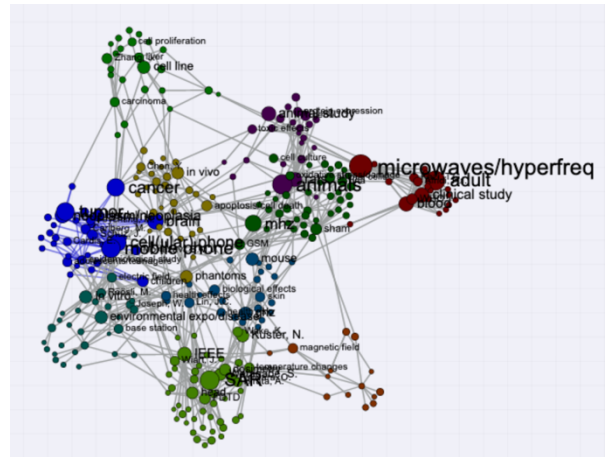
Joseph W., Martens L., Neubauer G., Roosli M., Vermeeren G., Vermeulen R. (etc.) constitue un cluster qui se spécialise sur l'exposition environnementale et exposition au travail aux stations de base, smartphones et champs électriques plus généralement.



Ce cluster bleu, au poids important, est le cluster de l'étude épidémiologique des liens entre exposition aux téléphones portables et cancer, particulièrement des effets sur le cerveau. C'est celui des chercheurs européens tels que Abramason M., Benke G., Cardis E., Carlberg M., Feychrtng M., Hardell L., Schuz J.

Chen Y., Crozier S, Feleppa E., Czarnota G... sont regroupés autour de termes comme breast cancer, breast neoplasms, apoptosis, high freq., non thermal effects, et traite de l'usage et des effets des soins à base d'ultrasons en oncologie.

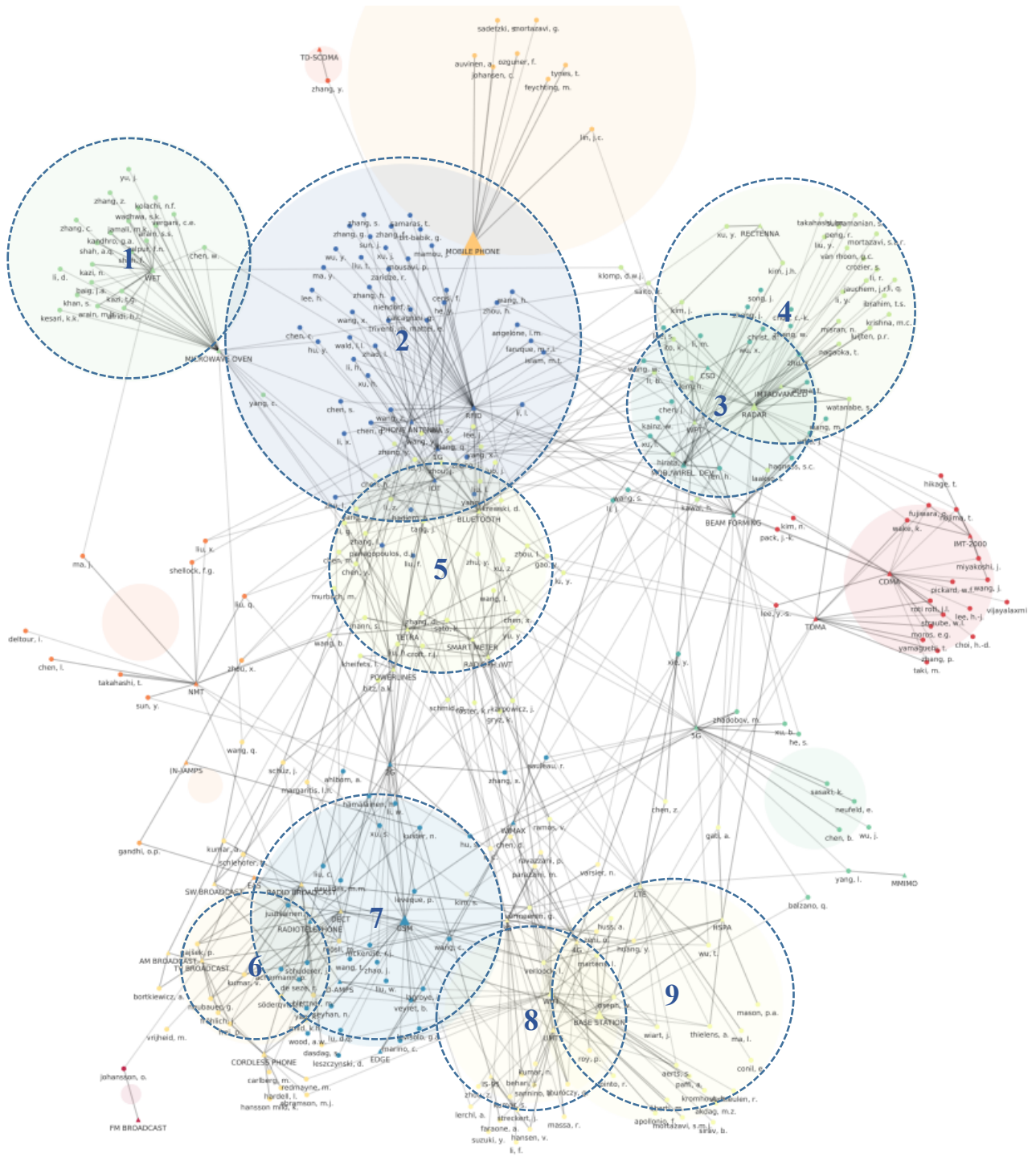
Zhang J., Kumar A., Liang P., Curley S., Roy P., sont regroupés en haut de la carte, dans un cluster contenant les termes lignée cellulaire, carcinome, cytotoxicité, foie.



Si l'on se concentre sur les clusters qui concernent plus particulièrement les radiofréquences liées aux télécommunications, et aux effets les plus travaillés, on ne distingue donc que deux spécialisations nettes en termes d'effet : l'une sur les tumeurs au cerveau, l'autre sur la génotoxicité. Les autres références aux effets sont plus génériques, que l'on parle d'effets thermiques (du côté du cluster dosimétrie) ou non thermiques, d'effets sanitaires ou encore de maladie, comme pour le cluster travaillant en expologie.

La carte suivante présente les auteurs les plus publiants, en fonction des technologies sur lesquelles ils travaillent (selon les termes apparaissant dans les titres, résumés et mots-clés de

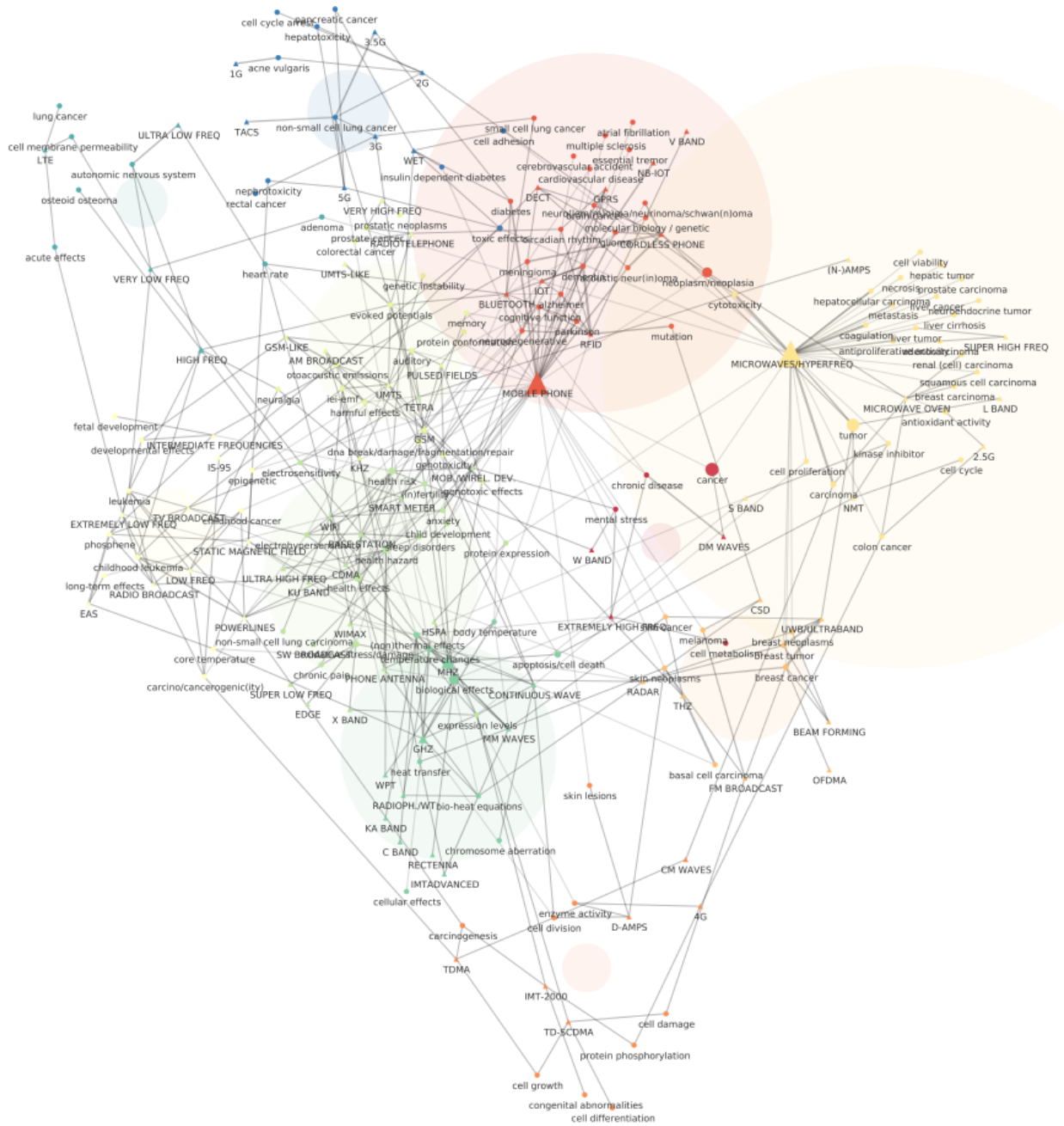
leurs articles). Les cartes comportent les 337 auteurs les plus publiants au sein du corpus et les 79 termes les plus fréquents dans le corpus, parmi tous ceux qui figurent dans la classification des termes d'intérêts. On ne compte qu'une occurrence par document pour un terme donné. Autrement dit, un terme revenant plusieurs fois dans les champs titre et/ou résumé et/ou mots-clés d'un document n'est compté qu'une seule fois. Lorsqu'un auteur apparaît ici lié à un terme, cela signifie qu'il est de ceux qui ont publié le plus de documents comportant ce terme.



Cette carte est consultable en format GEFX [ici](#) (pour les précisions sur les possibilités d'exploration de la carte qu'offre ce format : cf. ci-dessus, en 4.6.1)³⁶. Mis à part le terme « mobile phone », au poids important mais relié faiblement à beaucoup d'auteurs, les autres descripteurs de technologies sont rattachés à des ensembles très distincts d'auteurs. Il y a une spécialisation très claire. Le cluster 1 porte sur la technologie microwave oven. Le cluster 2 sur RFID et 1G. Le cluster 3 est sur « mobile/wireless dev. », et le 4, tout proche, sur la technologie du radar. Le cluster 5 est spécialisé sur la technologie bluetooth. Le 6 sur tv broadcast, radiobroadcast, cordless phone. Le 7 est centré sur la norme GSM. Le 8 sur 3G, 4G et UMTS. Le 9 sur wifi et LTE. Les clusters 6-9 semblent plus spécifiquement concerner les technologies de télécommunication, et sont plus imbriqués les uns avec les autres que les clusters du haut de la carte sur radar, rfid et microwave oven. Cette carte confirme donc qu'il y a une spécialisation sur l'exposition aux radiofréquences liées à la téléphonie mobile, et la spécialisation relative sur certaines parties de l'infrastructure, ou certaines normes/génération d'équipements. Cette spécialisation ne paraît pas empêcher des échanges entre ces groupes spécialisés, ni une translation de spécialistes d'une technologie vers une autre.

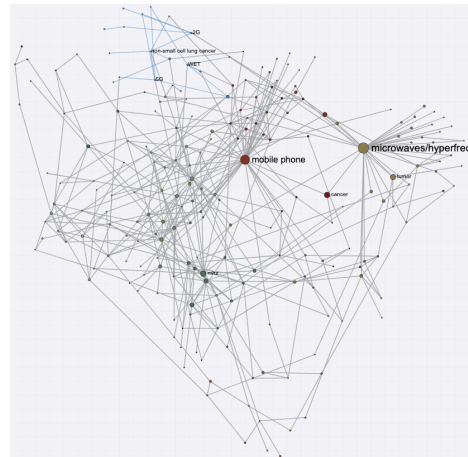
La carte ci-dessous permet de visualiser les liens les plus forts entre les termes d'intérêts relatifs aux effets biologiques et sanitaires listés dans la colonne E1 de la classification des termes (cf. annexe A4, section « Effets biologiques et sanitaires »), et les termes d'intérêts relatifs aux technologies ainsi que les types de signaux listés dans les colonnes T2 et F1 de la classification des termes (cf. annexe A4, sections « Technologies » et « Fréquences / types d'ondes »). Elle renforce l'impression que donne la carte précédente : une spécialisation très poussée, avec démarcation forte de clusters autour de technologies et d'effets lorsque l'on parle de technologies employées médicalement, et pour la partie technologies de télécommunication, un entrelacement plus grand entre des clusters, qui ne signifie pas absence de spécialisation sur une technologie et/ou un effet, mais qui laisse ouverte la possibilité d'échanges entre clusters, voire de déplacements de l'un à l'autre au cours du temps.

³⁶ Cette même carte est accessible en format PDF [ici](#).

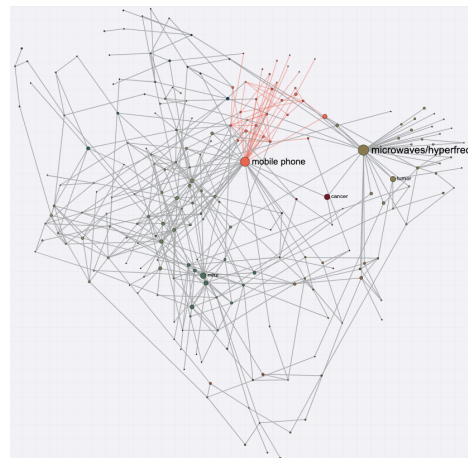


Cette carte est consultable en format GEFX [ici](#) (pour les précisions sur les possibilités d'exploration de la carte qu'offre ce format : cf. ci-dessus, en 4.6.1). Cette même carte est accessible en format PDF [ici](#). Elle donne à voir les clusters suivants :

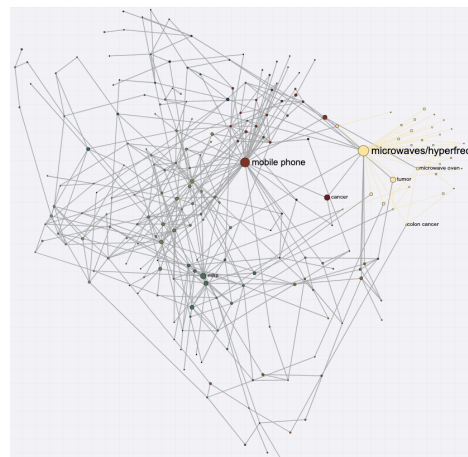
1. non-small cell lung cancer
& WET, 2G, 3G, 5G,
hepatotoxicity, lung cancer



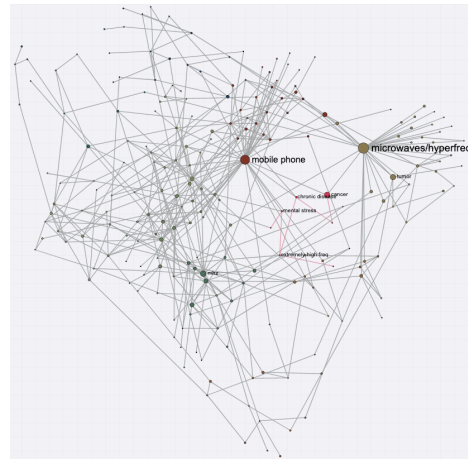
2. RFID & mobile phone,
alzheimer, cognitive
function, glioma, brain
cancer, neoplasm,
dementia



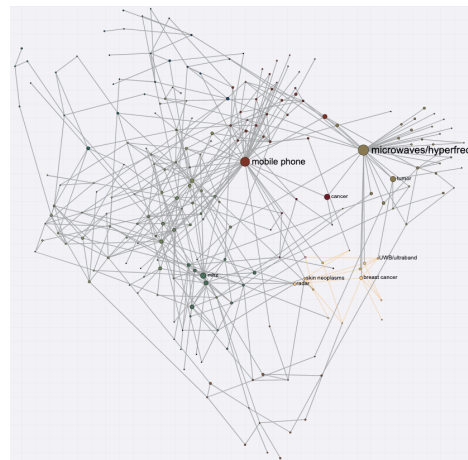
3. cytotoxicity &
microwaves/hyperfreq,
carcinoma, metastasis,
necrosis, liver cancer



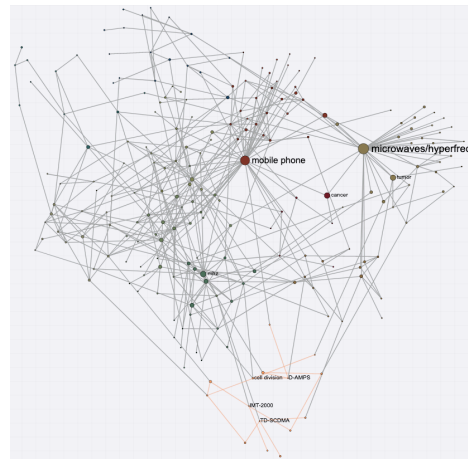
4. dm waves & chronic disease, cancer, mobile phone, extremely high freq...



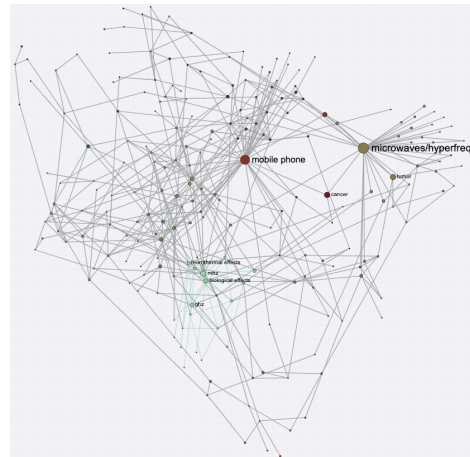
5. UWB/ultraband & breast cancer, radar, breast tumor, breast neoplasm



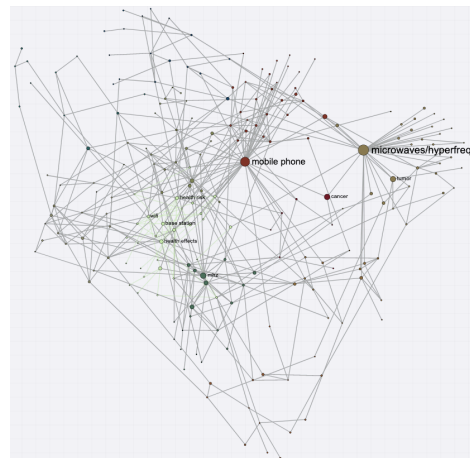
6. IMT-2000 & D-AMPS, carcinogenesis, cell growth, cell division, enzyme activity



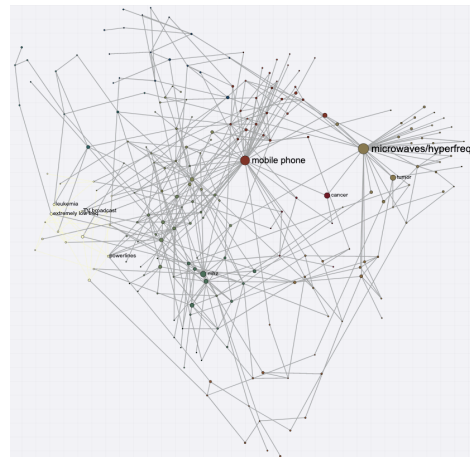
7. temperature changes & ghz, mhz, mm waves, body temperature, heat transfer, apoptosis/cell death



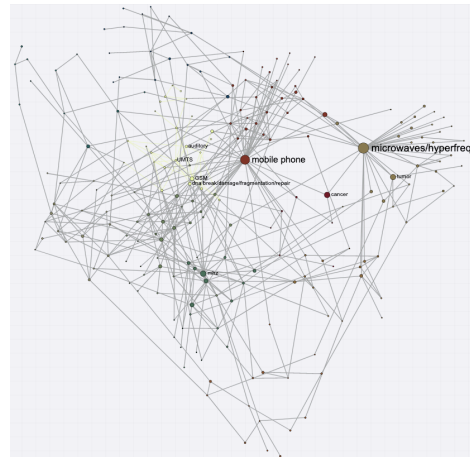
8. health effects & base station, wifi, oxidative stress, sleep disorders, anxiety, infertility, health risk, health hazards, electrohypersensitivity



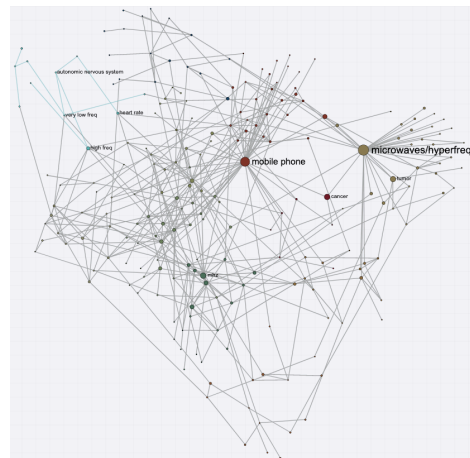
9. Leukemia, power lines, extremely low frequency



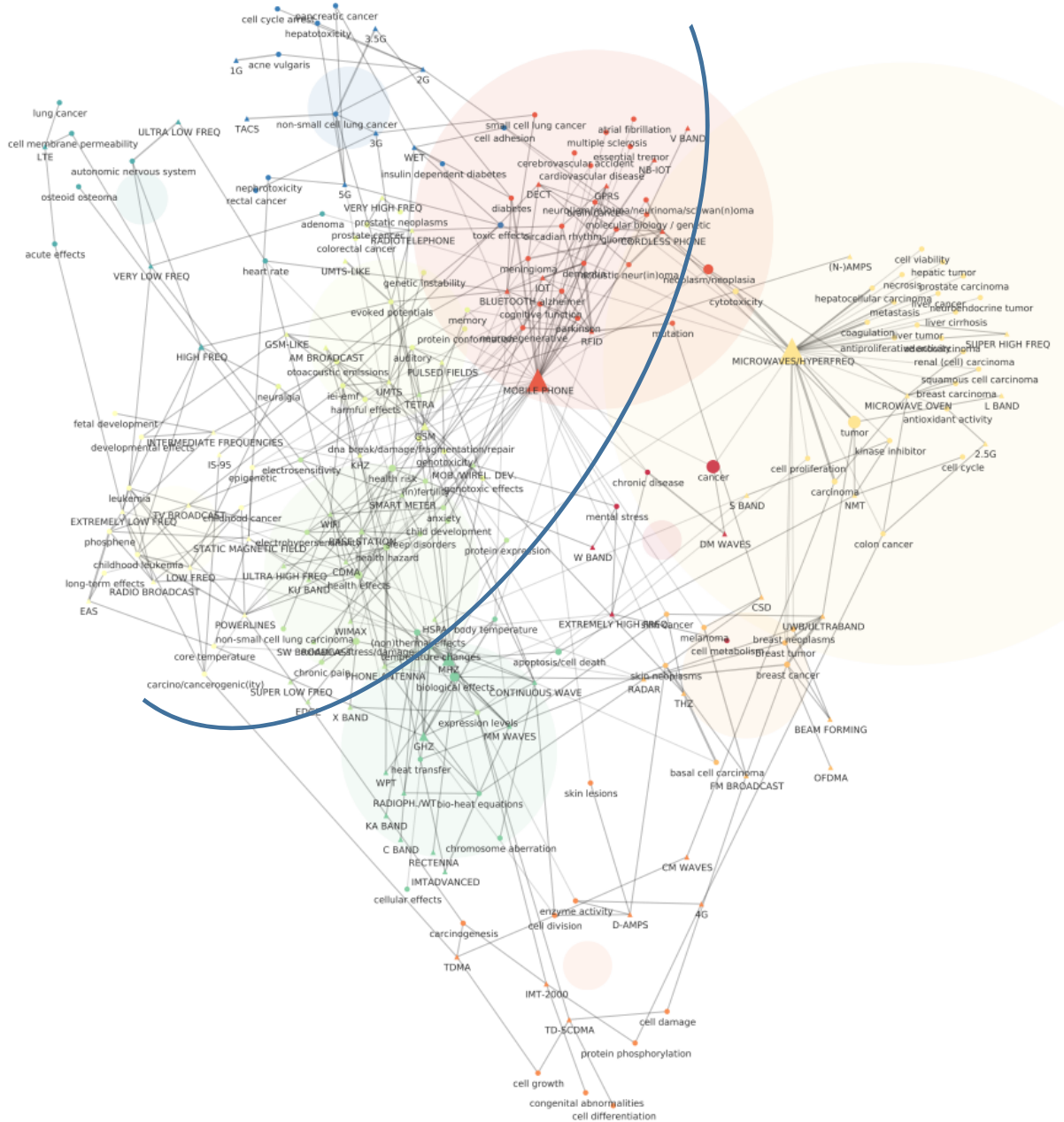
- UMTS & GSM, memory,
auditory, DNA break,
10. genetic instability,
genotoxicity, prostate
cancer, colorectal cancer



- autonomic nervous
11. system & ultra low freq,
heart rate, adenoma



Les clusters 1, 2, 8 et 10 (à gauche de la courbe dessiné sur la carte ci-dessous) portent sur les technologies non médicales, qui émettent des radiofréquences aux effets négatifs ou non bénéfiques. La carte traduit visuellement l'interet pour les effets de la technologie des téléphones portables noté à partir des tableaux présentés plus haut en section 4.5.2.



5 ANALYSE DU POSITIONNEMENT DE GROUPES D'EXPERTS

Les rapports d'expertise sur les risques des radiofréquences sont fondés sur des revues de littérature généralement très vastes, et de longues listes de références bibliographiques. Si ces rapports visent à l'exhaustivité autant que possible, sur les sujets traités, ils sont nécessairement fondés sur une sélection de la littérature disponible. Ces rapports ont, par ailleurs, des auteurs. La collégialité du travail d'expertise permet d'assurer une large couverture du ou des champs de recherche concernés par le rapport. Mais les auteurs restent situés dans des parties distinctes de ce champ de recherche, et appliquent des cultures épistémiques propres.

Le fait de disposer d'une cartographie du champ de recherche sur les effets des radiofréquences, pris dans un sens très large, permet d'embrasser l'ensemble des positions des scientifiques mobilisés comme experts, et de les situer dans le champ. Dans cette partie du rapport, les auteurs de rapports d'expertise, ainsi que des scientifiques membres de comités d'experts sont positionnés sur les cartes de réseaux de co-auteurs, afin de voir à quelle(s) partie(s) du champ ces rapports ou comités sont davantage liés, et avec lesquelles ils paraissent plus distants. Le positionnement des auteurs sur des cartes de co-auteurs permet d'apprécier directement les communautés de co-publication dont ils font partie et, indirectement, leur affiliation intellectuelle.

5.1 BIOINITIATIVE

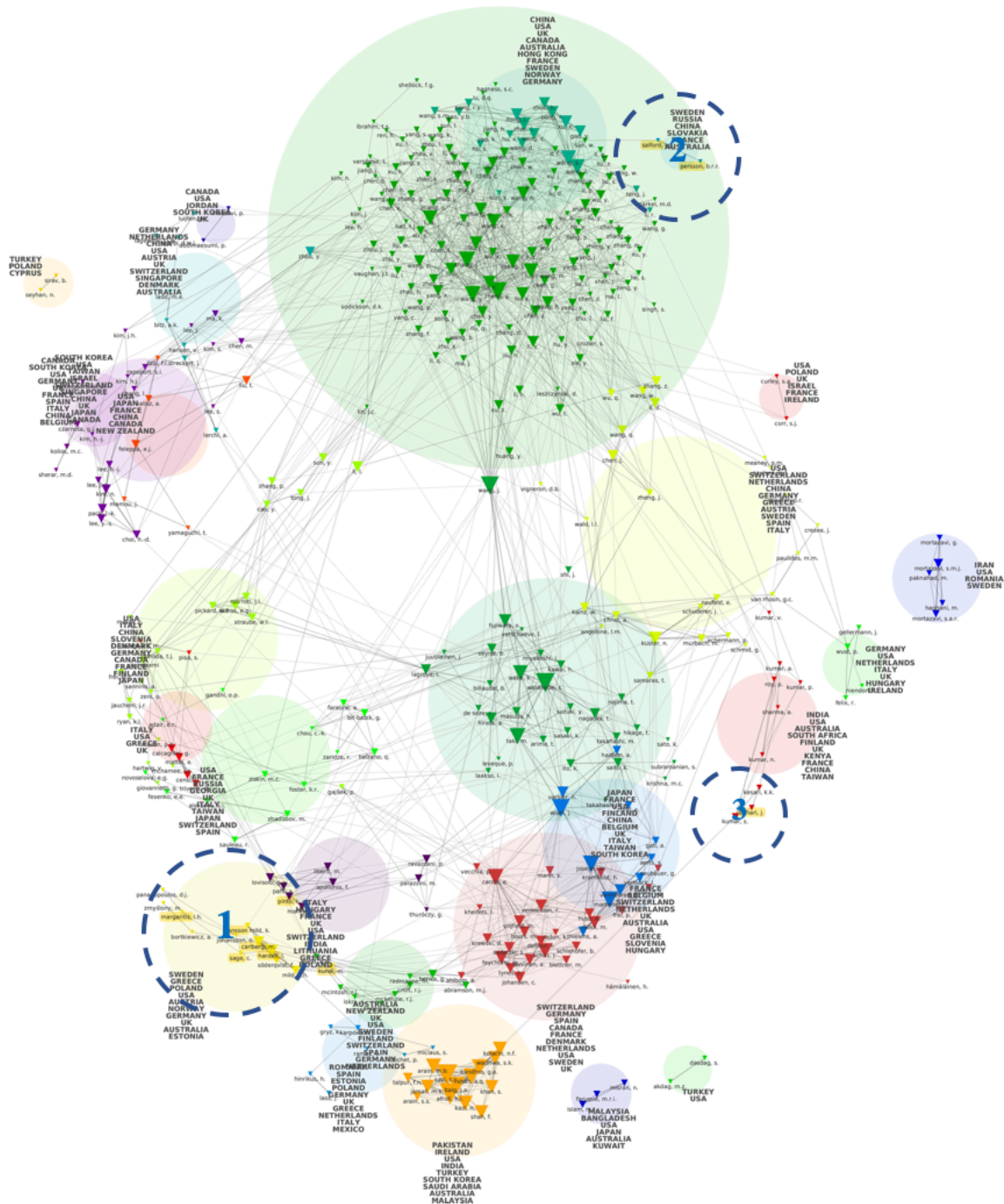
Le premier rapport « Bioinitiative » a été publié en 2007, dans l'intention de faire une revue de la littérature sur les risques possibles de l'exposition aux champs électromagnétiques et aux technologies de communication sans fil. Le rapport a été écrit par un groupe de scientifiques, émanant en grande partie de la Bioelectromagnetics Society : Jitendra Behari, Paulraj Rajamani, Carlo V. Bellieni, Igor Belyaev, Carl F. Blackman, Martin Blank, Michael Carlberg, David O. Carpenter, Zoreh Davanipour, Adamantia F. Fragopoulou, David Gee, Yuri Grigoriev, Kjell Hansson Mild, Lennart Hardell, Martha Herbert, Paul Heroux, Michael Kundi, Henry Lai, Ying Li, Abraham R. Liboff, Lukas H. Margaritis, Henrietta Nittby, Gerd Oberfeld, Bertil R. Persson, Iole Pinto, Cindy Sage, Leif Salford, Eugene Sobel, Amy Thomsen.

Le rapport est publié sur un site dédié³⁷. Il a été ré-édité en 2012. Nous nous basons ici sur les références utilisées dans cette dernière édition.

La carte ci-après situe une série d'auteurs du rapport Bioinitiative parmi les 413 premiers auteurs du champ. Tous les auteurs du rapport n'apparaissent pas sur la carte. Trois groupes d'auteurs peuvent être positionnés, dont l'un notamment apparaît relativement large, et se superpose à un cluster du champ, en bas à gauche. Il s'agit du groupe d'auteurs comprenant Carlberg M, Hansson M., Hardell L., Margaritis L., Kundi M., Sage C., Pinto R. Un autre groupe, en haut à droite de la carte, est composé de Persson B., Salford L. On sait par des recherches sur la composition de leurs laboratoires et sur leur liste complète de publications, qu'ils

³⁷ <https://bioinitiative.org/>

travaillent fréquemment avec d'autres scientifiques, tels que Nittby H. Behari J., qui n'apparaissent pas sur la carte.



5.2 CIRC

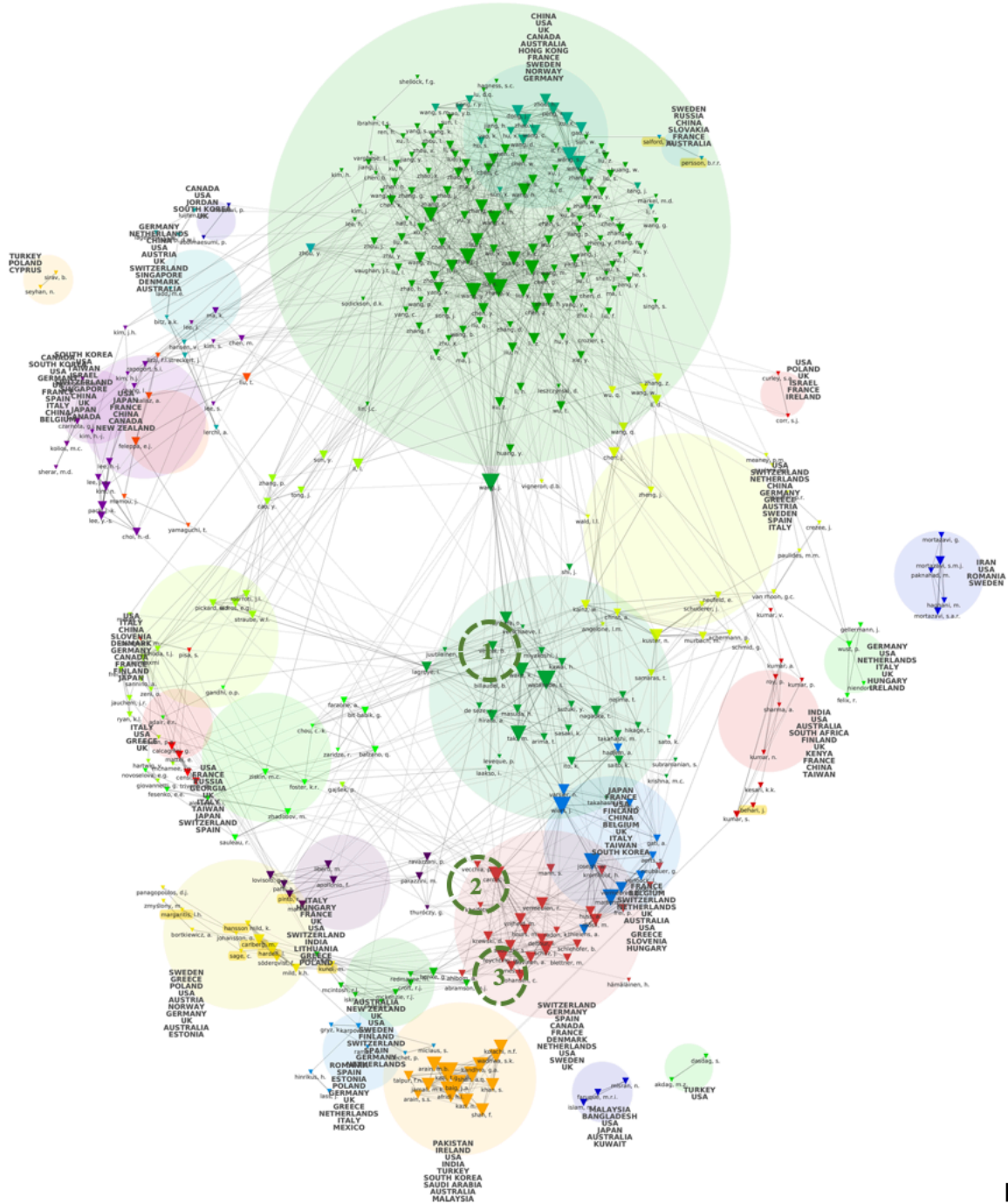
Si l'on repère maintenant les chercheurs ayant participé à la monographie du CIRC sur les radiofréquences, publiée en 2013, des clusters distincts de ceux qui ont participé à Bioinitiative apparaissent. La liste complète des auteurs est la suivante : Bruce Armstrong, Igor Y. Belyaev, Carl F. Blackman, Maria Blettner, Elisabeth Cardis, Clemens Dasenbrock, Etienne Degrave, René de Seze, Jean-François Doré, Lennart Hardell, Peter D. Inskip, Jukka Juutilainen,

Nam Kim, Dariusz Leszczynski, Simon Mann, David L. McCormick, James McNamee, Ronald Melnick, Meike Mevissen, Junji Miyakoshi, Christopher J. Portier, David B. Richardson, Martin Rösli, Jonathan M. Samet, Tomoyuki Shirai, Jack Siemiatycki, Malcolm Sim, Stanislaw Szmigielski, Luc Verschaeve, Vijayalaxmi.

Sur la carte ci-après, le cluster 1 regroupe les auteurs suivants : de Seze R., Juutilainen J., Miyakoshi J., Verschaeve L. Le cluster 2 regroupe Cardis E., Blettner M., Roosli M., Mann S., et Anders Ahlbom (consulté sur le rapport, mais non membre du groupe de travail). Dans le cercle numéro 3, Vijayalaxmi, et dans le cercle 4, McNamee J.P. Dans le cercle 5, Leszczynski D. Ces auteurs ne représentent qu'une moitié des auteurs de la monographie. Les autres n'apparaissent pas sur la carte (ce qui signifie qu'ils ne font pas partie des 413 auteurs les plus publiants dans notre corpus). Mais comme on peut s'en apercevoir en comparant les deux listes d'auteurs, et comme ces cartes le montrent, les deux rapports mobilisaient des réseaux d'experts très distincts. Seuls Hardell L. et Ahlbom A. faisaient partie des deux groupes.

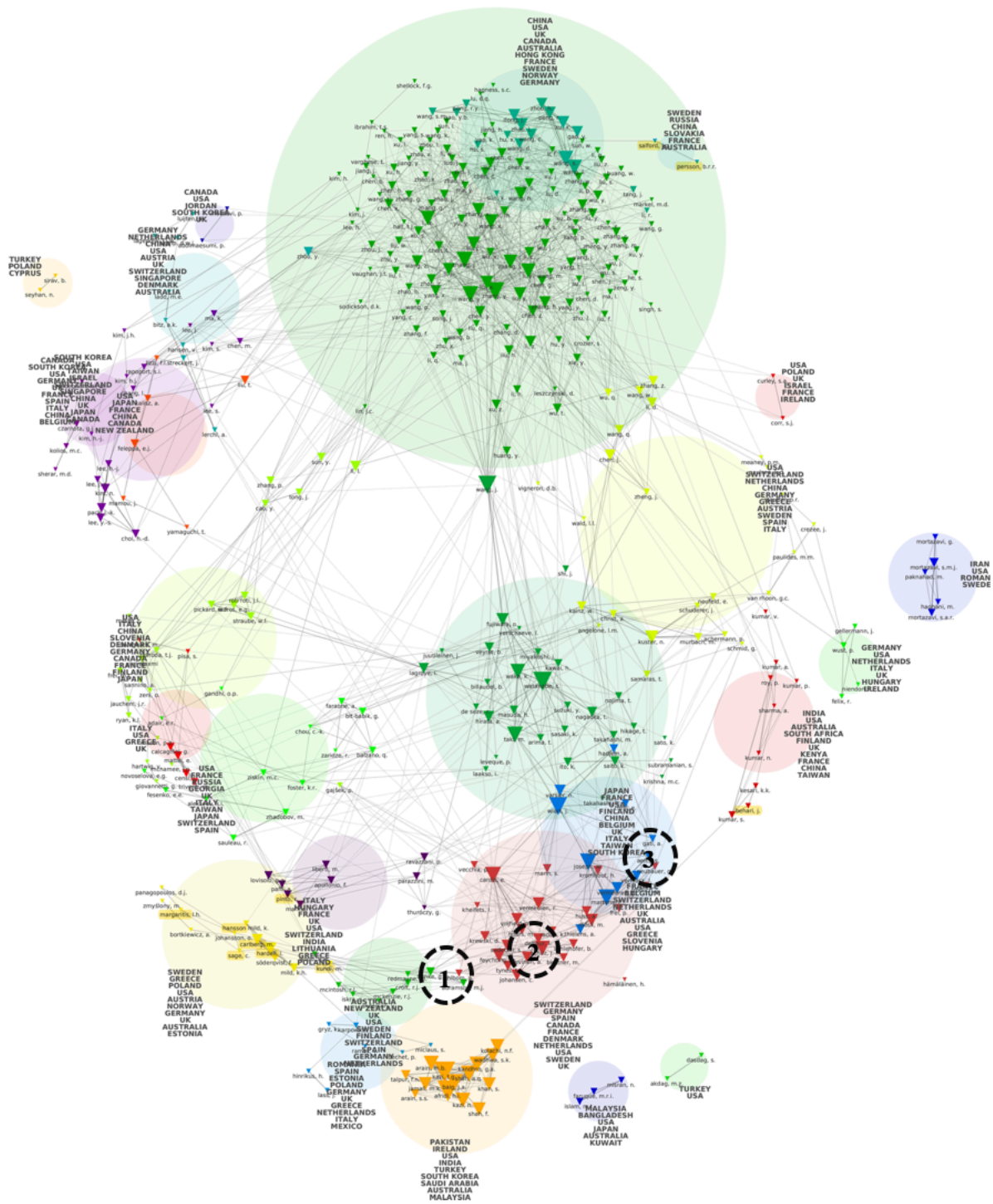
5.3 ICNIRP

Trois auteurs du “statement on the guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 ghz)” de l’ICNIRP de 2009 apparaissent sur la carte, cerclés en vert: Veyret B. (1), Vecchia P. (2), et Feychting M. (3).



5.4 SCENIHR

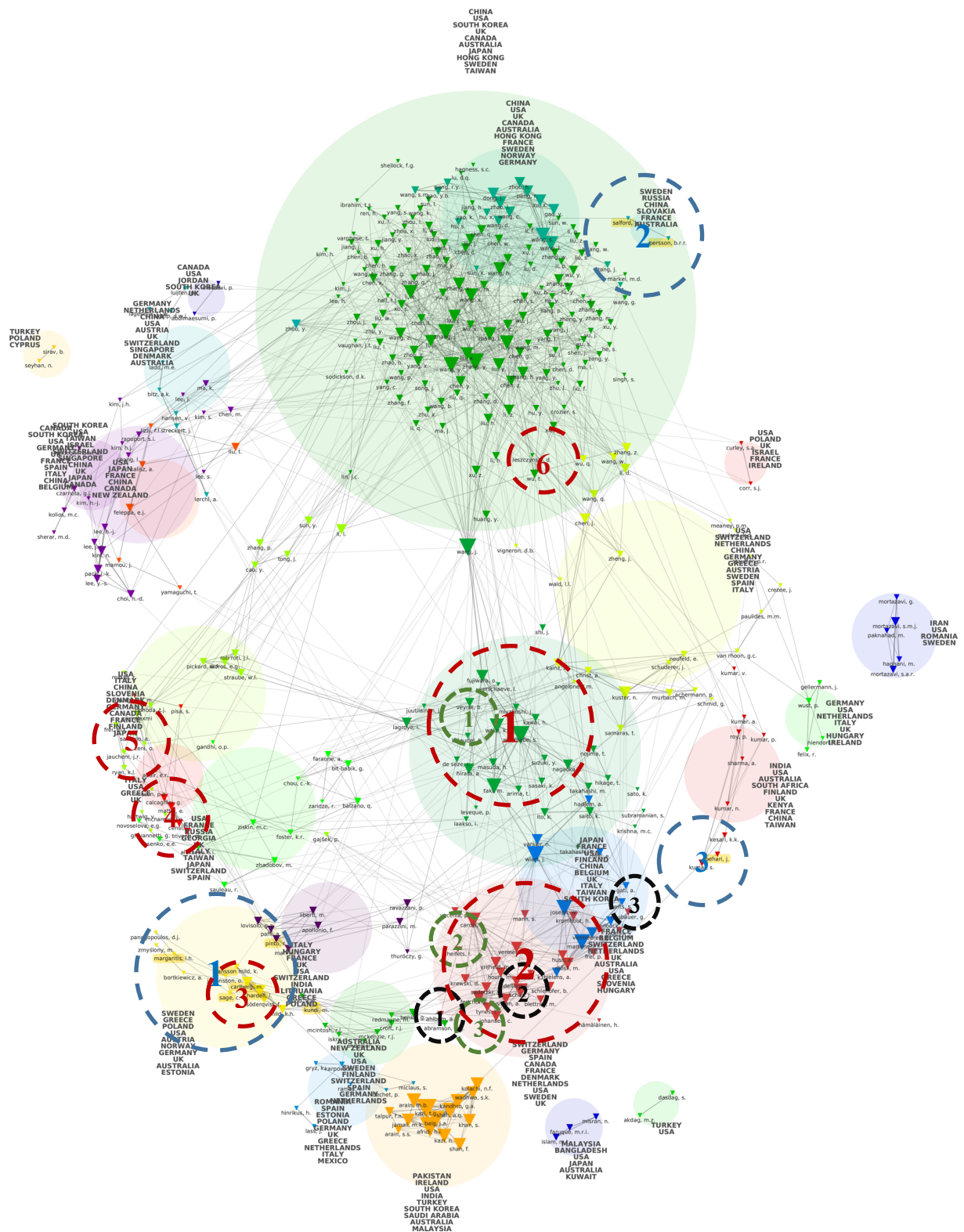
On peut enfin positionner les experts siégeant au SCENIHR, comité rattaché à la DG Santé de la Commission Européenne, et ayant produit un avis sur les effets sur la santé des radiofréquences en 2009. Les trois experts apparaissant sur la carte sont Anders Ahlborn, Jukka Juutilainen et Joachim Schüz.



5.5 VUE D'ENSEMBLE DES DIFFERENTS GROUPES D'EXPERTS

Si l'on superpose les cartes précédentes, on obtient une nouvelle carte qui permet de faire apparaître les zones dans lesquelles se concentrent les auteurs-experts, quelle que soit l'expertise à laquelle ils ont participé.

1996-2019



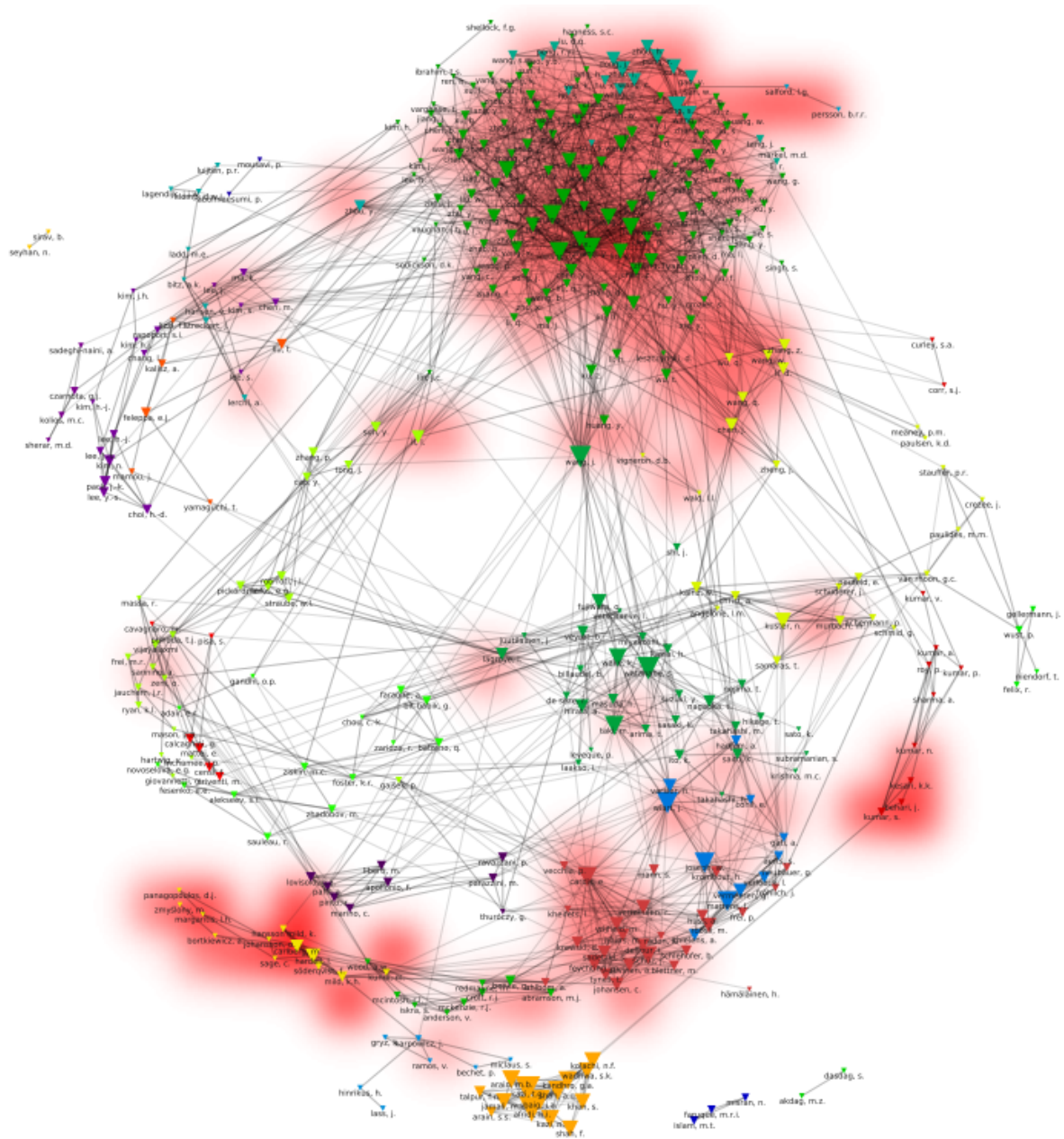
Si l'on prend la numérotation et la description des clusters de co-auteurs présentés pages 46-48, ce sont les 6 clusters de co-auteurs suivants qui se dégagent. Les clusters 4-5-6 concentrent le plus grand nombre de scientifiques agissant comme experts.

Numéro de cluster (voir p.46-48)	Descriptif (voir p. 46-48)	Comités ou groupe d'experts auxquels ont participé les auteurs apparaissant dans le cluster
Cluster 1	Salford L. et Persson B. : auteurs qui travaillent à étudier les effets biologiques des radiofréquences sur les rats, notamment les perturbations détectables dans le fonctionnement du cerveau lors de l'exposition à des téléphones portables.	Bioinitiative
Cluster 4	Il regroupe des auteurs comme Watanabe S., Taki M., Fujiwara O., Nagaoka T., Hirata A., spécialistes de bioelectromagnétisme, basés à l'université de Tokyo ou de Nagoya, publiant de nombreux papiers collectivement, dans lesquels sont calculés des débits d'absorption spécifiques et les effets thermiques, pour l'humain, de l'exposition aux radiofréquences de différents niveaux.	CIRC, ICNIRP
Cluster 5	Il est composé des auteurs suivants : Wiart J., Joseph W., Martens L., Vermeeren G.... qui travaillent sur la mesure de l'exposition des populations humaines à différentes sources de radiofréquences, particulièrement aux radiofréquences émises par des équipements téléphoniques.	SCENIHR
Cluster 6	Il est composé d'auteurs européens comme Cardis E., Feychting M., Schuz J., Roosli M., Vermeulen R., produisant des publications en épidémiologie dans le domaine des champs électromagnétiques, et travaillant à la mesure des effets sanitaires, notamment de cancérogénicité, de l'exposition aux téléphones portables dans des cohortes humaines.	CIRC, ICNIRP, SCENIHR
Cluster 10	Il concentre les auteurs (Hardell L., Carlberg, M. Mild, K.H. Ahlbom, A. Kundi, M. Söderqvist, F. Hansson Mild, K. Sage, C. Bortkiewicz, A.) provenant notamment du département d'oncologie de l'hôpital universitaire d'Örebro en Suède, spécialistes des risques de cancer liés à l'exposition à la téléphonie mobile, par le moyen d'études épidémiologiques (de type cas-témoins).	Bioinitiative, CIRC
Cluster 14	Il regroupe Roti Roti, J. Lagroye, I. Li, L. Zhang, P. Moros, E.G. Straube, W.L. Vijayalaxmi, Pickard, W.F., McNamee J.P., auteurs spécialisés dans l'étude des effets des radiofréquences sur l'ADN, sont basés dans des universités et instituts européens ou américains.	CIRC

Ce positionnement des experts sur des cartes de co-auteurs permet de produire un certain nombre d'observations.

La première est que le champ de recherche sur les radiofréquences et la santé, tel que reconstruit à travers ce corpus, est aussi et très largement un champ d'expertise : l'articulation paraît étroite entre travaux de recherche et travaux d'expertise (ici, de type revue de littérature ou méta-analyse ou dit en d'autres termes, « expertise collective »), puisque la majorité des clusters qui travaillent sur technologies de télécommunication, incluent un ou plusieurs auteurs de rapports d'expertise. Les auteurs concernés sont souvent des auteurs de poids, et centraux. Les clusters 4, 6 et 10 concentrent les auteurs de rapports d'expertise, et en ce sens peuvent être décrits comme le cœur du champ.

Cette première observation est confirmée par la carte suivante. Sur celle-ci, les zones rougies sont celles dans lesquelles on retrouve les auteurs du rapport Bioinitiative, ou leurs co-auteurs. Ce groupe de co-auteurs, large, se superpose à la carte des réseaux de coauteurs du corpus d'ensemble, produisant une carte dans laquelle une grande majorité des clusters sont rougis, signalant la présence en leur sein de personnes liées, directement ou indirectement, au travail Bioinitiative. On ne peut exclure que le cluster principal en haut de la carte soit rougi du fait de l'homonymie existante entre de multiples auteurs du corpus, notamment d'auteurs chinois ou coréens. Toutefois, les zones rougies en bas de la carte (qui comporte les clusters moins affectés par ce problème potentiel d'homonymie, et qui concernent dans une moins grande mesure les applications médicales des radiofréquences), confirment amplement cette hypothèse de congruence, pour de nombreux auteurs, entre publications scientifiques et travail d'expert.



On peut déduire de cette observation un questionnement concernant le rôle des rapports d'expertise dans la dynamique des publications académiques. On peut supposer, au vu de cette congruence, que les productions de ces organismes ou comités experts, participant de la dynamique de recherche, soit qu'elles comptent comme revue de littérature et état de l'art, récapitulant l'état d'un champ et de la production scientifique, ex-post, soit qu'elles participent à influencer la programmation des recherches ultérieures. La congruence entre autorat de publications dans des revues et autorat de documents d'expertise, pose la question de la manière dont l'expertise façonne un champ de recherche. Une étude plus ciblée sur les effets dans le champ de la publication d'études du type de celle publiée par le National Toxicology Program américain en 2018, pourrait aider à répondre à cette question.

Une seconde observation générale, issue d'un simple comptage des experts apparaissant sur la carte de co-auteurs, est que, des différents comités d'experts ou organismes les mettant

sur pied, c'est le CIRC qui mobilise le plus d'auteurs du champ (ou pour être plus précis, qui mobilise le plus d'auteurs ayant publié un nombre important d'articles du corpus et apparaissant sur la carte étant donné les paramètres choisis pour la produire). Le CIRC a mobilisé trente personnes (plus deux invités) pour la production de la monographie, dont 13 apparaissent sur la carte. Le rapport Bioinitiative, qui a également été produit par un groupe relativement large d'experts – 29 au total – voit 9 de ces scientifiques représentés sur la carte. A cette aune, les autres organismes ou comités experts comme l'ICNIRP et le SCENIHR paraissent mobiliser des auteurs très publiants dans une proportion nettement plus limitée. Puisqu'il s'agit de deux organismes les plus proches de comité de type 'réglementaire' – ils relèvent d'organismes qui peuvent produire des normes et réglementations applicables aux technologies de communication et de téléphonie mobile – cette observation va dans le sens de la critique qui consiste à dire que la science réglementaire est trop dissociée de la recherche scientifique. Elle tendrait aussi à donner une explication à l'apparition de groupements d'experts ou de groupes de travail ad hoc, comme ici Bioinitiative ou le groupe constitué par le CIRC : ils émergent parce que les comités de nature plus réglementaire, laissent inoccupés des espaces importants du champ de recherche correspondant, que ces groupes ad hoc peuvent alors utiliser matériellement (en recrutant les scientifiques qui y sont inscrits) et politiquement (en revendiquant, pour leur légitimité, une plus grande proximité ou liaison avec les recherches académiques menées sur le sujet).

Troisièmement, la diversité des clusters d'auteurs dans lesquels des experts sont sélectionnés est également intéressante à analyser. SCENIHR n'a pris des auteurs que dans deux clusters, ce qui est également le cas de l'ICNIRP. C'est le CIRC qui est le plus intéressant à analyser de ce point de vue : les participants à la réalisation de la monographie ressortissent à 4 clusters différents, les clusters 4, 6, 10 et 14, dont trois sont des clusters d'auteurs travaillant sur les questions d'effets cancérogènes – parfaitement logique, donc, pour le CIRC. La comparaison avec le rapport Bioinitiative produit une surprise, puisque les auteurs du rapport visibles sur la carte de co-authorship ne ressortissent qu'à deux clusters différents, alors que le rapport couvre une large gamme d'effets possibles des radiofréquences. (On a vu plus haut, toutefois, que les réseaux de co-auteurs dont faisaient partie les auteurs du rapport, couvraient une large partie du champ de recherche et la plupart des clusters). Cet éclairage sur le positionnement dans le champ des auteurs de rapports d'expertise, est de nature à aider à l'interprétation de la manière dont ces rapports posent des questions, ou cadrent la question des radiofréquences et de leurs effets ; la sélection des études et références faites pour composer le rapport ; mais aussi la réception de ces rapports, leurs effets sur la dynamique des normes et politiques publiques concernant les radiofréquences, sur la controverse entourant leurs risques, et la manière dont on parle de ces rapports et dont ils sont critiqués, et par qui, le cas échéant.

CONCLUSION

Le corpus produit et les analyses présentées ici sont à une certaine hauteur, et à une granularité faible. Le but des analyses était bien de saisir la structure d'un champ de recherche pris de manière la plus large ou holistique possible, pour voir dans quel ensemble s'insèrent les groupements conduisant des recherches sur l'exposition aux radiofréquences et leurs effets sanitaires.

Le rapport montre que ce champ de recherche a deux grands poles : pour une grande part, il porte sur des technologies médicales, et l'utilisation intentionnelle de radiofréquences dans le cadre d'applications médicales (radiothérapie, chirurgie, etc.). Pour une autre part, il porte sur l'exposition et les effets négatifs ou non désirés des champs électromagnétiques. Malgré la précision de la requête développée ici, il n'a pas été possible de produire un corpus qui ne comporte pas le premier pole. L'existence d'auteurs faisant le lien entre des clusters d'auteurs travaillant sur les effets négatifs ou non intentionnels de radiofréquences émises par des technologies de téléphonie par exemple, et les recherches médicales, montrent que les deux poles ne sont pas complètement dissociables, en réalité. Mais il tendrait à montrer également que la médecine, lorsqu'elle traite de radiofréquences et de leurs effets, le fait principalement dans le cadre des traitements. Il semblerait par ailleurs que peu de médecins soit représentés dans les auteurs les plus publiants du corpus. La médecine, de ces deux points de vue, porte peu la recherche sur les effets négatifs de l'exposition aux radiofréquences.

Lorsque l'on se concentre sur le pole exposition environnementale aux champs électromagnétiques et leurs effets indésirables, il apparaît que le champ de recherche est structuré par une ceinture de clusters, plutôt européens, fonctionnant en grands groupes transnationaux de recherche, autour de quelques auteurs de poids (en nombre de publications). La dernière partie du rapport a montré que ces auteurs structurants étaient souvent, aussi, membres d'organismes d'expertise, agences ou comités évaluant les risques des radiofréquences et les normes de protection. La revue *Bioelectromagnetics* semble représenter ce champ de recherche dans sa diversité limitée. Sur l'ensemble de la période 1996-2018, le thème « mobile phone » (lorsqu'il ne comprend, outre le terme « mobile phone » lui-même, que des synonymes tels que « smartphone », « cell phone » et « cellular phone » ...) est de très loin le plus traité au sein du corpus, devant des thèmes connexes (sur le plan matériel et sémantique) comme « 2G » et « base station », mais aussi devant d'autres thèmes tels que « RFID » et « radar ». Ces derniers termes dénotent des technologies plutôt génériques, et produisent des clusters de recherche distincts. Par contre, les technologies de communication (téléphonie mobile, les différentes générations...) sont prises en charge par des clusters proches, voire imbriqués.

Tout se passe donc comme si le sujet radiofréquences et effets sanitaires était pris en charge dans ses différentes déclinaisons, par un réseau relativement mature de groupes de recherche, couvrant les compétences et disciplines jugées nécessaires. Au final, on se retrouve face à un champ de recherche à la structure particulièrement lisible, et qui apparaît relativement peu éclaté, polarisé ou conflictuel, malgré la diversité des technologies évaluées, les disciplines impliquées, mais aussi le caractère socialement controversé du sujet.

ANNEXE

A.1. EQUATIONS DE RECHERCHE AYANT SERVI A COMPARER LE NOMBRE DE RESULTATS FOURNIS PAR LES MOTEURS DE RECHERCHE SCOPUS ET WOS (29/03/2019)

La différence entre les équations de recherche ER1 et ER2 tient uniquement à une série de termes (correspondant aux notions d'hyperfréquences, micro-ondes et ondes millimétriques), surlignés ci-dessous en gris, présente dans ER1 et absente dans ER2.

La formule TITLE-ABS-KEY(...) dans Scopus équivaut à TS=(...) dans WOS.

ER1 :

TITLE-ABS-KEY ((radiofrequenc* OR radio-frequec* OR radiowave* OR radio-wave* OR rf-electromagnetic OR rf-device* OR rf-field* OR rf-energy OR rf-environment OR rf-expos* OR rf-radiation* OR rf-signal* OR rf-wave* OR rf-emf* OR rf-emr* OR rf-ems* OR rf-emw* OR hyperfrequenc* OR hyper-frequec* OR hf-emf* OR hf-emw* OR microwave* OR micro-wave* OR mw-emf* OR millimet* OR mm-emf*))

AND (exposure* OR expose* OR exposing OR exposition* OR exposome OR "Specific Absorption Rate*" OR dosimet* OR "health effect*" OR "health impact*" OR bioeffect* OR bio-effect* OR "biological effect*" OR "adverse effect*" OR neuroma* OR adenoma* OR leuk?mia* OR leukaemia* OR alzheimer OR apoptosis OR *thermal-effect* OR "auditory function*" OR "birth defect*" OR blood-brain-barrier OR "bone marrow" OR metabolism OR cancer* OR carcino* OR "cell death" OR "cellular proliferation*" OR "central nervous system" OR "cerebral blood flow" OR "circadian rhythm*" OR "cognitive disorder*" OR "cognitive function*" OR "cognitive development" OR "cognitive defect*" OR "cognitive deficit*" OR "cognitive performance*" OR "congenital abnormalit*" OR "congenital defect*" OR dementia* OR "baby development" OR "child development" OR "newborn development" OR "DNA break*" OR "DNA damage*" OR "DNA repair*" OR electroencephalogram* OR electrosensitiv* OR electro-sensitiv* OR electrohypersensitiv* OR electro-hypersensitiv* OR electro-hyper-sensitiv* OR "electromagnetic hypersensitiv*" OR epigenetic* OR "evoked potentials" OR *fertility OR "genomic instabilit*" OR genotoxic* OR glioma* OR "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field*" OR iei-emf* OR lesion* OR lymphoma* OR meningioma* OR mutation* OR necrosis OR neoplasia* OR neoplasm* OR neurodegenerativ* OR "oxidative stress" OR patholog* OR parkinson OR phosphene OR pregnant OR pregnancy OR schwannoma* OR neurilemoma* OR neurolemoma* OR sclerosis OR *toxi* OR tumor* OR tumour*)

AND NOT (x-ray* OR ablation* OR surgery OR ultrasound* OR "Magnetic Resonance Imaging"))

Résultats dans Scopus au 29/03/2019 : environ 40 000.

Résultats dans WOS au 29/03/2019 : environ 27 000.

ER2 :

TITLE-ABS-KEY((radiofrequenc* OR radio-frequenc* OR radiowave* OR radio-wave* OR rf-electromagnetic OR rf-device* OR rf-field* OR rf-energy OR rf-environment OR rf-expos* OR rf-radiation* OR rf-signal* OR rf-wave* OR rf-emf* OR rf-emr* OR rf-ems* OR rf-emw*))

AND (exposure* OR expose* OR exposing OR exposition* OR exposome OR "Specific Absorption Rate*" OR dosimet* OR "health effect*" OR "health impact*" OR bioeffect* OR bio-effect* OR "biological effect*" OR "adverse effect*" OR neuroma* OR adenoma* OR leuk?mia* OR leukaemia* OR alzheimer OR apoptosis OR *thermal-effect* OR "auditory function*" OR "birth defect*" OR blood-brain-barrier OR "bone marrow" OR metabolism OR cancer* OR carcino* OR "cell death" OR "cellular proliferation*" OR "central nervous system" OR "cerebral blood flow" OR "circadian rhythm*" OR "cognitive disorder*" OR "cognitive function*" OR "cognitive development" OR "cognitive defect*" OR "cognitive deficit*" OR "cognitive performance*" OR "congenital abnormalit*" OR "congenital defect*" OR dementia* OR "baby development" OR "child development" OR "newborn development" OR "DNA break*" OR "DNA damage*" OR "DNA repair*" OR electroencephalogram* OR electrosensitiv* OR electro-sensitiv* OR electrohypersensitiv* OR electro-hypersensitiv* OR electro-hyper-sensitiv* OR "electromagnetic hypersensitiv*" OR epigenetic* OR "evoked potentials" OR *fertility OR "genomic instabilit*" OR genotoxic* OR glioma* OR "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field*" OR iei-emf* OR lesion* OR lymphoma* OR meningioma* OR mutation* OR necrosis OR neoplasia* OR neoplasm* OR neurodegenerativ* OR "oxidative stress" OR patholog* OR parkinson OR phosphene OR pregnant OR pregnancy OR schwannoma* OR neurilemoma* OR neurolemoma* OR sclerosis OR *toxi* OR tumor* OR tumour*)

AND NOT(x-ray* OR ablation* OR surgery OR ultrasound* OR "Magnetic Resonance Imaging")

Résultats dans Scopus au 29/03/2019 : environ 11 000.

Résultats dans WOS au 29/03/2019 : environ 8 000.

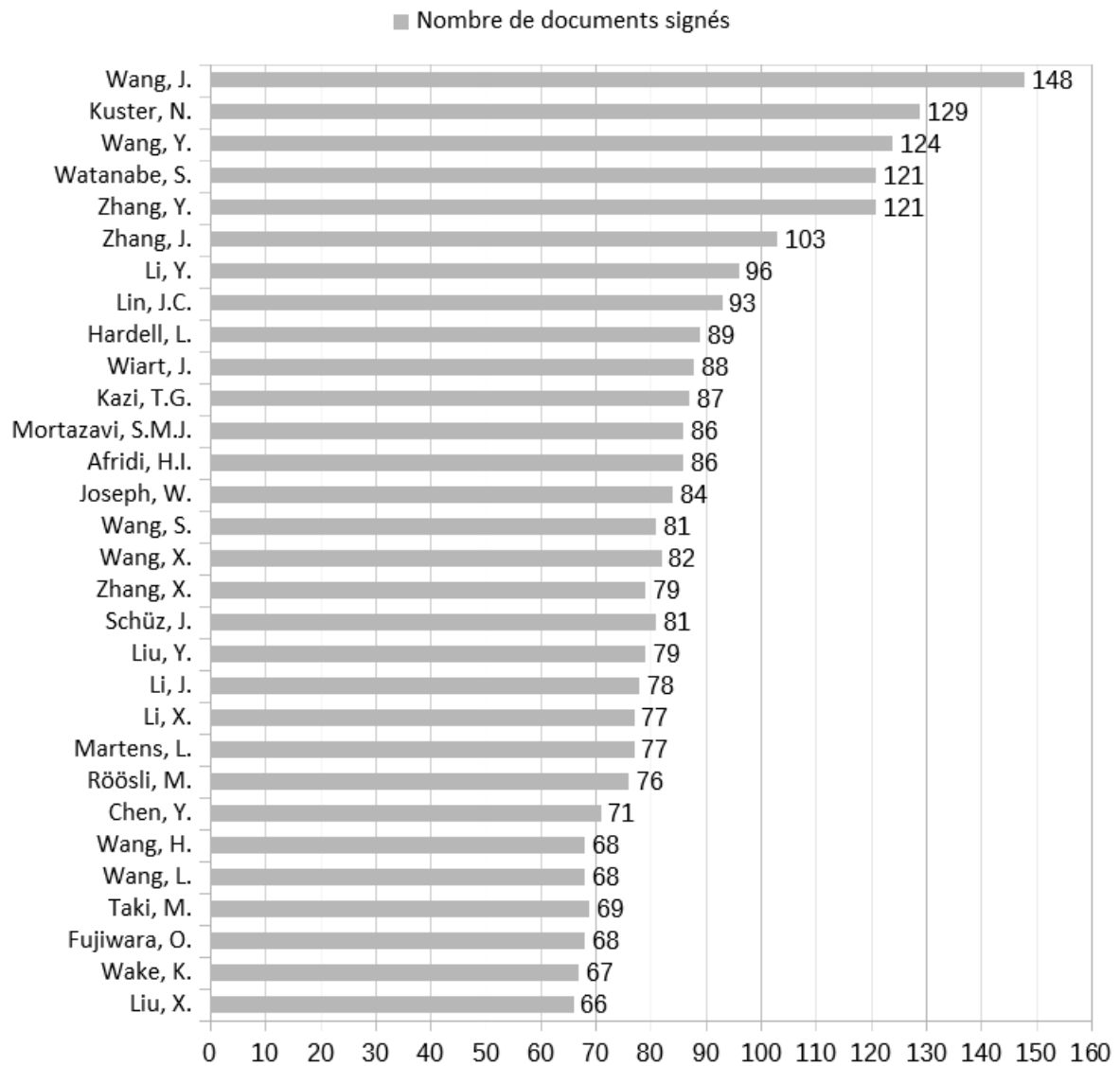
ER3 :

TITLE-ABS-KEY(radiofrequenc* OR radio-frequenc* OR radiowave* OR radio-wave* OR rf-electromagnetic OR rf-device* OR rf-field* OR rf-energy OR rf-environment OR rf-expos* OR rf-radiation* OR rf-signal* OR rf-wave* OR rf-emf* OR rf-emr* OR rf-ems* OR rf-emw* OR hyperfrequenc* OR hyper-frequenc* OR hf-emf* OR hf-emw* OR microwave* OR micro-wave* OR mw-emf* OR millimet*-wave* OR milli-met*-wave* OR mm-emf* OR decimet*-wave* OR cordless-telephone* OR cordless-phone* OR radiotelephone* OR radio-telephone* OR wireless-phone* OR wireless-telephone* OR smartphone* OR smart-phone* OR mobilephone* OR mobile-phone* OR cellphone* OR cell-phone* OR cellular-phone* OR radiophone* OR radio-phone* OR base-station* OR basestation* OR rfid OR smart-meter* OR smartmeter* OR rectenna* OR radar-wave* OR wimax OR wi-max OR bluetooth OR wifi OR wi-fi OR ((antenna* OR "Radiocom 2000" OR nmt OR gsm OR cdma OR gprs OR edge OR umts OR wcdma OR hsdpa OR hsupa OR "HSPA+" OR fdma OR tdma OR ofdma OR lte OR 2g OR 3g OR 4g OR 5g) AND (electromagnetic-field* OR electromagnetic-wave* OR radiation*)) AND PUBYEAR > 1995

Résultats dans Scopus au 05/04/2019 : environ 769 000.

Résultats dans WOS au 05/04/2019 : environ 555 000.

A.2. LISTE DES NOMS D'AUTEURS NON DESAMBIGÜISEE



A.3. Liste des 37 termes qui figurent dans la liste des termes d'intérêt mais n'apparaissent pas dans le corpus (ordre alphabétique)

Forme principale	Formes recherchées dans le corpus
2.75G	2.75g
3.75G	3.75g
3.9G	3.9g
4G+	4g+
5G-NR	5g nr 5g nr 5g new-radio 5g new radio 5g newradio 5g-newradio 5gnewradio
Berenis (CHE)	berenis
C-450	c-450 radio telephone network c radio-telephone network c radio telephone-network c
DataTAC	datatac
digital computation	digital computation digital computations
ecoDECT	ecodect
EFHRAN (EU)	efhran european health risk assessment network on electromagnetic fields exposure
eMBB	emb enhanced mobile broadband enhanced mobile-broadband enhanced-mobile-broadband
general metabolism	general metabolism
handphone	handphone handphones
Hicap	hicap
HSCSD	hscsd high speed circuit switched data high-speed circuit switched data high speed circuit-switched data high-speed circuit-switched data
IMT-2020	imt-2020 imt2020 international mobile telecommunications 2020 international mobile telecommunications-2020
JEIC (JPN)	jeic japan emf information center
Jülich (DEU)	jülich
LTE-M/MTC	lte-m lte-machine lte-mtc lte-machine-type-communication lte-machine-type-communications
LW broadcast	lw broadcast lw-broadcast longwave broadcast longwave (lw) broadcast long-wave broadcast long wave broadcast long-wave (lw) broadcast long wave (lw) broadcast lw broadcasting lw-broadcasting longwave broadcasting longwave (lw) broadcasting long-wave broadcasting long wave broadcasting long-wave (lw) broadcasting long wave (lw) broadcasting lw broadcasts lw-broadcasts longwave broadcasts longwave (lw) broadcasts long-wave broadcasts long wave broadcasts long-wave (lw) broadcasts long wave (lw) broadcasts
member SAR	member sar member sars member specific absorption rate member specific absorption rates
Mobitex	mobitex
MTHR (UK)	mthr mobile telecommunications and health research program
MW broadcast	mw broadcast mw-broadcast mediumwave broadcast mediumwave (mw) broadcast medium-wave broadcast medium wave broadcast medium-wave (mw) broadcast medium wave (mw) broadcast mw broadcasting mw-broadcasting mediumwave broadcasting mediumwave (mw) broadcasting medium-wave broadcasting medium wave broadcasting medium-wave (mw) broadcasting medium wave (mw) broadcasting mw broadcasts mw-broadcasts mediumwave broadcasts mediumwave (mw) broadcasts medium-wave broadcasts medium wave broadcasts medium-wave (mw) broadcasts medium wave (mw) broadcasts
OFEV (CHE)	ofev office fédéral de l'environnement

OFSP (CHE)	ofsp office fédéral de la santé publique
Radiocom-2000	radiocom 2000 radiocom-2000
RIVM (NLD)	rivm national institute for public health and the environment
SCHEER (EU)	scheer scientific committee on health environmental and emerging risks
SEAWIND (EU)	seawind sound exposure and risk assessment of wireless network devices
small cell lung tumor	small cell lung tumor small cell lung tumors small cell lung tumour small cell lung tumours small-cell lung tumor small-cell lung tumours
tetrapole	tetrapole
TNO (NLD)	tno
tremendously high freq	tremendously high frequencies tremendously high frequency tremendously-high-frequencies tremendously-high-frequency tremendously-high frequencies tremendously-high frequency tremendouslyhigh frequencies tremendouslyhigh frequency
trunk SAR	trunk sar trunk sars trunk specific absorption rate trunk specific absorption rates
uRLLC	urllc ultra reliable low latency communication ultra-reliable low latency communication ultra reliable low-latency communication ultra reliable and low latency communication ultra-reliable and low latency communication ultra reliable and low-latency communication ultra reliable low latency 5g communication ultra-reliable low latency 5g communication ultra reliable low-latency 5g communication ultra-reliable low-latency 5g communication ultra reliable and low latency 5g communication ultra-reliable and low latency 5g communication ultra reliable and low-latency 5g communication ultra-reliable and low-latency 5g communication ultra-reliable low latency communications ultra-reliable low latency communications ultra-reliable low-latency communications ultra reliable and low latency communications ultra-reliable and low latency communications ultra reliable and low-latency communications ultra-reliable and low-latency communications ultra-reliable low latency 5g communications ultra-reliable low latency 5g communications ultra-reliable low-latency 5g communications ultra-reliable low-latency 5g communications ultra-reliable low-latency 5g communications ultra-reliable and low latency 5g communications ultra-reliable and low latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable low latency 5g communications ultra-reliable low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications ultra-reliable and low-latency 5g communications

A.4. Liste des termes d'intérêt

5.6 TECHNOLOGIES

T6	T5	T4	T3	T2	T1	Forms
14	18	20	29	76	81	<i>Ci-contre : Nombre de termes différentes dans la colonne</i>
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone & mobile phones & mobilephone & mobilephones & mobile telephones & mobile telephone & mobile-phone & mobile-phones & mobile-telephones & mobile-telephone
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	smartphone	smart phones & smart phone & smartphone & smartphones & smart-phones & smart-phone
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	cell(ular) phone	cell phones & cell phone & cellphones & cellphone & cellular phone & cellular phones & cellular telephones & cellular telephone & cell-phones & cell-phone & cellular-phone & cellular-phones & cellular-telephones & cellular-telephone
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	handphone	handphone & handphones & hand-phone & hand-phones & hand phone & hand phones
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	handset	handset & handsets & hand-set & hand-sets & hand set & hand sets
wireless speech syst.	phone	mobile phone	mobile phone	mobile phone	telephone set	telephone sets & telephone set & telephone-sets & telephone-set
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	1G	1G	1G & first generation
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	(N-)AMPS	AMPS/N-AMPS	AMPS & Advanced Mobile Phone System & Advanced Mobile Phone Systems & Advanced Mobile-Phone System & Advanced Mobile-Phone Systems & Advanced Mobilephone System & Advanced Mobilephone

						Systems & Advanced Mobile Phone Service & Advanced Mobile Phone Services & Advanced Mobile-Phone Service & Advanced Mobile-Phone Services & Advanced Mobilephone Service & Advanced Mobilephone Services & N-AMPS & NAMPS & Narrowband-AMPS
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	TACS	TACS	TACS & ETACS & Total Access Communication System & Total Access Communication Systems & Total Access Communication Service & Total Access Communication Services & Total-Access Communication System & Total-Access Communication Systems & Total-Access Communication Service & Total-Access Communication Services
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	Radiocom-2000	Radiocom-2000	Radiocom 2000 & Radiocom-2000
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	NMT	NMT	NMT & Nordic Mobile Telephone & Nordic Mobile-Telephone
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	C-450	C-450	C-450 & Radio Telephone Network C & Radio-Telephone Network C & Radio Telephone-Network C
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	Hicap	Hicap	Hicap
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	Mobitex	Mobitex	Mobitex
wireless speech syst.	phone	mobile phone	1G	DataTAC	DataTAC	DataTAC
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	2G	2G	2G & second generation
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	2.5G	2.5G	2.5G
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	2.75G	2.75G	2.75G

wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	GSM	GSM	GSM & Global-System for Mobile-Communication & Global-System for Mobile-Communications & Global-System for Mobile Communication & Global-System for Mobile Communications & Global System for Mobile-Communication & Global System for Mobile-Communications & Global System for Mobile Communication & Global System for Mobile Communications
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	CSD	CSD	CSD & Circuit Switched Data & Circuit-Switched Data
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	GPRS	GPRS	GPRS & General Packet Radio Service & General Packet Radio Services & General Packet Radio System & General Packet Radio Systems & EGPRS
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	EDGE	EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution & Enhanced Data Rate for GSM Evolution & Enhanced Data-Rates for GSM Evolution & Enhanced Data-Rate for GSM Evolution
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	TDMA	TDMA	TDMA & Time Division Multiple Access & Time-Division Multiple Access & Time Division Multiple-Access & Time-Division Multiple-Access
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	IS-95	IS-95	IS-95 & IS95 & Interim Standard 95 & Interim-Standard 95
wireless speech syst.	phone	mobile phone	2G	D-AMPS	D-AMPS	D-AMPS & DAMPS & Digital-AMPS & Digital AMPS & Digital-Advanced Mobile-Phone System & Digital-Advanced Mobile-Phone Systems & Digital-Advanced Mobile Phone System & Digital-Advanced Mobile Phone Systems & Digital Advanced Mobile-Phone System & Digital Advanced Mobile-Phone Systems & Digital Advanced Mobile Phone System & Digital Advanced Mobile Phone Systems & Digital-Advanced Mobilephone System & Digital-Advanced Mobilephone

						Systems & Digital Advanced Mobilephone System & Digital Advanced Mobilephone Systems & Digital-Advanced Mobile-Phone Service & Digital-Advanced Mobile-Phone Services & Digital-Advanced Mobile Phone Service & Digital-Advanced Mobile Phone Services & Digital Advanced Mobile-Phone Service & Digital Advanced Mobile-Phone Services & Digital Advanced Mobile Phone Service & Digital Advanced Mobile Phone Services & Digital-Advanced Mobilephone Service & Digital-Advanced Mobilephone Services & Digital Advanced Mobilephone Service & Digital Advanced Mobilephone Services
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	3G	3G	3G & third generation
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	3.5G	3.5G	3.5G
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	3.75G	3.75G	3.75G
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	3.9G	3.9G	3.9G
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	CDMA	CDMA	CDMA & Code-Division Multiple-Access & Code-Division Multiple Access & Code Division Multiple-Access & Code Division Multiple Access & CDMA2000 & CDMA-2000 & WCDMA & W-CDMA & cdmaOne & cdma-One & cdma1x
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	UMTS	UMTS	UMTS & Universal Mobile Telecommunications System & Universal Mobile Telecommunication System
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	TD-SCDMA	TD-SCDMA	TD-SCDMA & TDSCDMA & Time Division Synchronous Code Division Multiple Access & Time-Division Synchronous Code Division Multiple Access & Time Division Synchronous Code-Division Multiple

						Access & Time-Division Synchronous Code-Division Multiple Access & Time Division Synchronous Code Division Multiple-Access & Time-Division Synchronous Code Division Multiple-Access & Time Division Synchronous Code-Division Multiple-Access & Time-Division Synchronous Code-Division Multiple-Access
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	HSCSD	HSCSD	HSCSD & High Speed Circuit Switched Data & High-Speed Circuit Switched Data & High Speed Circuit-Switched Data & High-Speed Circuit-Switched Data
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	HSPA	HSPA	HSPA & High Speed Packet Access & High-Speed Packet Access & HSDPA & High Speed Downlink Packet Access & High-Speed Downlink Packet Access & HSPUA & High Speed Uplink Packet Access & High-Speed Uplink Packet Access & HSPA+ & High Speed Packet Access+ & High-Speed Packet Access+
wireless speech syst.	phone	mobile phone	3G	IMT-2000	IMT-2000	IMT-2000 & IMT2000 & International Mobile Telecommunications-2000 & International Mobile Telecommunications 2000
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	4G	4G	4G & fourth generation
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	4G+	4G+	4G+
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	LTE	LTE	LTE & Long Term Evolution
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	LTEadvanced	LTE-advanced	LTE-advanced & LTE advanced & Long Term Evolution-advanced
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	IMTadvanced	IMT-advanced	IMT-advanced & IMT advanced & International Mobile Telecommunications-Advanced & International Mobile Telecommunications Advanced
wireless speech syst.	phone	mobile phone	4G	OFDMA	OFDMA	OFDMA & Orthogonal Frequency Division Multiple Access & Orthogonal Frequency-Division Multiple Access & Orthogonal

						Frequency Division Multiple-Access & Orthogonal Frequency-Division Multiple-Access
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	5G	5G	5G & fifth generation
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	5G-NR	5G-NR	5G NR & 5G NR & 5G New-Radio & 5G New Radio & 5G NewRadio & 5G-NewRadio & 5GNewRadio
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	LTE-M/MTC	LTE-M/MTC	LTE-M & LTE-Machine & LTE-MTC & LTE-Machine-Type-Communication & LTE-Machine-Type-Communications
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	NB-IoT	NB-IoT	NB-IoT & Narrowband IoT & Narrowband Internet of Things & Narrowband Internet-of-Things
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	IMT-2020	IMT-2020	IMT-2020 & IMT2020 & International Mobile Telecommunications 2020 & International Mobile Telecommunications-2020
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	eMBB	eMBB	eMBB & enhanced mobile broadband & enhanced mobile-broadband & enhanced-mobile-broadband
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	mMTC	mMTC	mMTC & massive machine time communication & massive machine time communications
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	uRLLC	uRLLC	uRLLC & ultra reliable low latency communication & ultra-reliable low latency communication & ultra reliable low-latency communication & ultra-reliable low-latency communication & ultra-reliable and low latency communication & ultra-reliable and low latency communication & ultra-reliable and low-latency communication & ultra-reliable and low-latency communication & ultra-reliable low latency 5G communication & ultra-reliable low latency 5G communication & ultra-reliable low-latency 5G communication & ultra-reliable low-latency 5G communication & ultra-reliable and low latency 5G communication & ultra-reliable and low latency 5G communication & ultra-reliable and

						low-latency 5G communication & ultra-reliable and low-latency 5G communication & ultra reliable low latency communications & ultra-reliable low latency communications & ultra reliable low-latency communications & ultra-reliable low-latency communications & ultra reliable and low latency communications & ultra-reliable and low latency communications & ultra reliable and low-latency communications & ultra reliable low latency 5G communications & ultra-reliable low latency 5G communications & ultra reliable low-latency 5G communications & ultra reliable and low latency 5G communications & ultra-reliable and low latency 5G communications & ultra reliable and low-latency 5G communications & ultra reliable and low-latency 5G communications
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	mMIMO	mMIMO	mMIMO & massive multiple input multiple output & massive multiple-input multiple-output & massive multiple-input-multiple-output
wireless speech syst.	phone	mobile phone	5G	beam forming	beam forming	beam forming & beam-forming & beamforming
wireless speech syst.	phone	occup. (net.) phone	radiotelephone	radiotelephone	radiotelephone	radiotelephone & radiotelephones & radio-telephone & radio-telephones
wireless speech syst.	phone	occup. (net.) phone	tetra	tetra	tetra	tetra
wireless speech syst.	phone	occup. (net.) phone	tetrapole	tetrapole	tetrapole	tetrapole
wireless speech syst.	phone	cordl. phone/DECT	cordless phone	cordless phone	cordless phone	cordless phones & cordless phone & cordless-phones & cordless-phone
wireless speech syst.	phone	cordl. phone/DECT	DECT	DECT	DECT	DECT & Digital Enhanced Cordless Telecommunications & Digital Enhanced Cordless Telecommunication

wireless speech syst.	phone	cordl. phone/DECT	ecoDECT	ecoDECT	ecoDECT	ecoDECT
wireless speech syst.	radioph./WT	radioph./WT	radioph./WT	radioph./WT	radiophone/walkie-talkie	radiophone & walkie-talkie & radiophones & walkie-talkies
wireless speech syst.	base station	base station	base station	base station	base station	base stations & base station & base-stations & base-station & basestation & basestations & BTS & base transceiver station & base-transceiver station & base transceiver stations & base-transceiver stations
wireless speech syst.	phone antenna	phone antenna	phone antenna	phone antenna	phone antenna	phone antenna & phone antennas & handset antenna & handsets antenna & handset antennas & handsets antennas & telephone antenna & telephone antennas & telephones antenna & telephones antennas & antenna in the handset & antennas in the handsets
mob./wirel. dev.	mob./wirel. dev.	mob./wirel. dev.	mob./wirel. dev.	mob./wirel. dev.	mobile/wireless devices	mobile devices & mobile device & mobile-devices & mobile-device & wireless devices & wireless device & wireless-devices & wireless-device
wifi	wifi	wifi	wifi	wifi	wifi	wifi & wi-fi
wimax	wimax	wimax	wimax	wimax	wimax	wimax & wi-max & Worldwide Interoperability for Microwave Access & Worldwide Interoperability for Microwave-Access
RFID	RFID	RFID	RFID	RFID	RFID	RFID & radio frequency identification & radio-frequency identification & radio-frequency-identification
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast & radio-broadcast & radio broadcasting & radio-broadcasting & radio broadcasts & radio-broadcasts
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	FM broadcast	FM broadcast	FM broadcast & FM-broadcast & frequency modulation broadcast & frequency modulation (FM) broadcast & frequency-modulation broadcast & frequency-modulation (FM) broadcast & broadcast frequency modulation & broadcast frequency-modulation & FM broadcasting & FM-broadcasting & frequency modulation

						broadcasting & frequency modulation (FM) broadcasting & frequency-modulation broadcasting & frequency-modulation (FM) broadcasting & broadcasting frequency modulation & broadcasting frequency- modulation & FM broadcasts & FM- broadcasts & frequency modulation broadcasts & frequency modulation (FM) broadcasts & frequency-modulation broadcasts & frequency-modulation (FM) broadcasts & broadcasts frequency modulation & broadcasts frequency-modulation
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	AM broadcast	AM broadcast	AM broadcast & AM-broadcast & amplitude modulation broadcast & amplitude modulation (AM) broadcast & broadcast amplitude modulation & AM broadcasting & amplitude modulation broadcasting & amplitude modulation (AM) broadcasting & broadcasting amplitude modulation & AM broadcasts & AM- broadcasts & amplitude modulation broadcasts & amplitude modulation (AM) broadcasts & broadcasts amplitude modulation & amplitude-modulation broadcast & amplitude-modulation (AM) broadcast & broadcast amplitude- modulation & AM broadcasting & AM- broadcasting & amplitude-modulation broadcasting & amplitude-modulation (AM) broadcasting & broadcasting amplitude- modulation & amplitude-modulation broadcasts & amplitude-modulation (AM) broadcasts & broadcasts amplitude-modulation
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	SW broadcast	SW broadcast	SW broadcast & SW-broadcast & shortwave broadcast & shortwave (SW) broadcast & short-wave broadcast & short wave broadcast & short-wave (SW) broadcast & short wave (SW) broadcast & SW broadcasting & SW-broadcasting & shortwave

						broadcasting & shortwave (SW) broadcasting & short-wave broadcasting & short wave broadcasting & short-wave (SW) broadcasting & short wave (SW) broadcasting & SW broadcasts & SW- broadcasts & shortwave broadcasts & shortwave (SW) broadcasts & short-wave broadcasts & short wave broadcasts & short-wave (SW) broadcasts & short wave (SW) broadcasts
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	MW broadcast	MW broadcast	MW broadcast & MW- broadcast & mediumwave broadcast & mediumwave (MW) broadcast & medium-wave broadcast & medium wave broadcast & medium-wave (MW) broadcast & medium wave (MW) broadcast & MW broadcasting & MW- broadcasting & mediumwave broadcasting & mediumwave (MW) broadcasting & medium-wave broadcasting & medium wave broadcasting & medium-wave (MW) broadcasting & medium wave (MW) broadcasting & MW broadcasts & MW- broadcasts & mediumwave broadcasts & mediumwave (MW) broadcasts & medium-wave broadcasts & medium wave broadcasts & medium-wave (MW) broadcasts & medium wave (MW) broadcasts
TV/radio broadc.	radio broadcast	radio broadcast	radio broadcast	LW broadcast	LW broadcast	LW broadcast & LW-broadcast & longwave broadcast & longwave (LW) broadcast & long- wave broadcast & long wave broadcast & long- wave (LW) broadcast & long wave (LW) broadcast & LW broadcasting & LW- broadcasting & longwave

						broadcasting & longwave (LW) broadcasting & long-wave broadcasting & long wave broadcasting & long-wave (LW) broadcasting & long wave (LW) broadcasting & LW broadcasts & LW- broadcasts & longwave broadcasts & longwave (LW) broadcasts & long-wave broadcasts & long wave broadcasts & long- wave (LW) broadcasts & long wave (LW) broadcasts
TV/radio broadc.	TV broadcast	TV broadcast	TV broadcast	TV broadcast	TV broadcast	TV broadcast & TV-broadcast & television broadcast & TV broadcasting & TV- broadcasting & television broadcasting & TV broadcasts & TV-broadcasts & television broadcasts
smart meter	smart meter	smart meter	smart meter	smart meter	smart meter	smart meter & smart meters & smartmeter & smartmeters & smart- meter & smart-meters
WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT	WPT	WPT & Wireless Power Transmission & Wireless Power Transmissions
WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WET	WET	WET & Wireless Energy Transmission & Wireless Energy Transmissions
WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	WPT/WET/rect.	rectenna	rectenna	rectenna & rectennas
radar	radar	radar	radar	radar	radar	radar & radars
bluetooth	bluetooth	bluetooth	bluetooth	bluetooth	bluetooth	bluetooth
microwave oven	microwave oven	microwave oven	microwave oven	microwave oven	microwave oven	microwave oven & microwave ovens & microwave-oven & microwave-ovens
IoT	IoT	IoT	IoT	IoT	internet of things	internet of things & IoT & internet-of-things
power lines	power lines	power lines	power lines	powerlines	powerlines	power lines & power line & power- lines & power-line & powerlines & powerline
EAS	EAS	EAS	EAS	EAS	EAS	EAS & electronic article surveillance & electromagnetic article surveillance & electro-magnetic article surveillance

5.7 FREQUENCES / TYPES D'ONDES

F2	F1	Forms
28	36	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
extremely low freq	extremely low freq	extremely low frequencies & extremely low frequency & extremely-low-frequencies & extremely-low-frequency & extremely-low frequencies & extremely-low frequency & extremelylow frequencies & extremelylow frequency
super low freq	super low freq	super low frequencies & super low frequency & super-low-frequencies & super-low-frequency & super-low frequencies & super-low frequency & superlow frequencies & superlow frequency
ultra low freq	ultra low freq	ultra low frequencies & ultra low frequency & ultra-low-frequencies & ultra-low-frequency & ultra-low frequencies & ultra-low frequency & ultralow frequencies & ultralow frequency
very low freq	very low freq	very low frequencies & very low frequency & very-low-frequencies & very-low-frequency & very-low frequencies & very-low frequency & verylow frequencies & verylow frequency
low freq	low freq	low frequencies & low frequency & low-frequencies & low-frequency
medium freq	medium freq	medium frequencies & medium frequency & medium-frequencies & medium-frequency
high freq	high freq	high frequencies & high frequency & high-frequencies & high-frequency
very high freq	very high freq	very high frequencies & very high frequency & very-high-frequencies & very-high-frequency & very-high frequencies & very-high frequency & veryhigh frequencies & veryhigh frequency
ultra high freq	ultra high freq	ultra high frequencies & ultra high frequency & ultra-high-frequencies & ultra-high-frequency & ultra-high frequencies & ultra-high frequency & ultrahigh frequencies & ultrahigh frequency
super high freq	super high freq	super high frequencies & super high frequency & super-high-frequencies & super-high-frequency & super-high frequencies & super-high frequency & superhigh frequencies & superhigh frequency
extremely high freq	extremely high freq	extremely high frequencies & extremely high frequency & extremely-high-frequencies & extremely-high-frequency & extremely-high frequencies & extremely-high frequency & extremelyhigh frequencies & extremelyhigh frequency
tremendously high freq	tremendously high freq	tremendously high frequencies & tremendously high frequency & tremendously-high-frequencies & tremendously-high-frequency & tremendously-high frequencies & tremendously-high frequency & tremendouslyhigh frequencies & tremendouslyhigh frequency
intermed. frequencies	intermediate frequencies	intermediate frequencies & intermediate frequency
microwaves/hyperfreq	microwaves/hyperfreq	microwave & micro-wave & microwaves & micro-waves & micro wave & micro waves & hyperfrequency & hyperfrequencies & hyper-frequency & hyper-frequencies & hyper frequency & hyper frequencies
mm waves	mm waves	millimeter waves & millimeter wave & millimeter-waves & millimeter-wave & millimeter em waves & millimeter em-waves & millimetric waves & millimetric wave & millimetric-waves & millimetric-

		wave & millimetric em waves & millimetric em-waves & millimetric em wave & millimetric em-wave & mm-emf & mm-emfs & mm emf & mm emfs
cm waves	cm waves	centimeter waves & centimeter wave & centimeter-waves & centimeter-wave & centimeter em waves & centimeter em-waves & centimetric waves & centimetric wave & centimetric-waves & centimetric-wave & centimetric em waves & centimetric em-waves & centimetric em wave & centimetric em-wave & cm-emf & cm-emfs & cm emf & cm emfs
dm waves	dm waves	decimeter waves & decimeter wave & decimeter-waves & decimeter-wave & decimeter em waves & decimeter em-waves & decimetric waves & decimetric wave & decimetric-waves & decimetric-wave & decimetric em waves & decimetric em-waves & decimetric em wave & decimetric em-wave & dm-emf & dm-emfs & dm emf & dm emfs
khz	khz	khz
mhz	mhz	mhz
ghz	ghz	ghz
thz	thz	thz
radar bands	L band	L band & L-band
radar bands	S band	S band & S-band
radar bands	C band	C band & C-band
radar bands	X band	X band & X-band
radar bands	K band	K band & K-band
radar bands	Ku band	Ku band & Ku-band
radar bands	Ka band	Ka band & Ka-band
radar bands	V band	V band & V-band
radar bands	W band	W band & W-band
static magnetic field	static magnetic field	static magnetic field & static magnetic fields
UWB/ultraband	UWB/ultraband	UWB & ultra-wide-band & ultra-wide band & ultra wide-band & ultrawide-band & ultrawide band & ultraband
continuous wave	continuous wave	continuous wave & continuous waves
GSM-like	GSM-like	GSM-like & GSMlike
UMTS-like	UMTS-like	UMTS-like & UMTSlike
pulsed fields	pulsed fields	pulsed fields & pulsed field

5.8 EFFETS BIOLOGIQUES ET SANITAIRES

E2	E1	Forms
9	148	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
cancer/tumor/neoplasm	acoustic neur(in)oma	acoustic neurinoma & acoustic neurinomas & acoustic neuroma & acoustic neuromas
cancer/tumor/neoplasm	adenocarcinoma	adenocarcinoma & adenocarcinomas
cancer/tumor/neoplasm	adenoma	adenoma & adenomas
cancer/tumor/neoplasm	basal cell carcinoma	basal cell carcinoma & basal cell carcinomas
cancer/tumor/neoplasm	brain cancer	brain cancer & brain cancers & cancers of the brain & cancer of the brain
cancer/tumor/neoplasm	breast cancer	breast cancer & Breast cancer & breast cancers & Breast Cancer & cancers of breast & cancers of the breast & cancer of breast & cancer of the breast
cancer/tumor/neoplasm	breast carcinoma	breast carcinoma & breast carcinomas & carcinoma of the breast & carcinomas of the breast
cancer/tumor/neoplasm	breast neoplasms	breast neoplasm & breast neoplasms
cancer/tumor/neoplasm	breast tumor	breast tumor & breast tumors & tumor breast & tumors in breast & breast tumour & breast tumours & tumour breast & tumours in breast
cancer/tumor/neoplasm	cancer	cancer & cancers
cancer/tumor/neoplasm	carcinogenesis	carcinogenesis
cancer/tumor/neoplasm	carcino/cancerogenic(ity)	carcinogenic & carcinogenicity & cancerogenic & cancerogenicity
cancer/tumor/neoplasm	carcinoma	carcinoma & carcinomas & Carcinoma
cancer/tumor/neoplasm	childhood cancer	childhood cancer & childhood cancers & cancer among children & cancers among children
cancer/tumor/neoplasm	childhood leukemia	childhood leukemia & childhood leukemias & leukemia among children & leukemias among children & childhood leukaemia & childhood leukaemias & leukaemia among

		children & leukaemias among children & childhood leukæmia & childhood leukæmias & leukæmia among children & leukæmias among children
cancer/tumor/neoplasm	colon cancer	colon cancer & cancer of the colon & cancer of colon & colon cancers & cancers of the colon & cancers of colon
cancer/tumor/neoplasm	colorectal cancer	colorectal cancer & Colorectal cancer & colorectal cancers & Colorectal cancers
cancer/tumor/neoplasm	glioma	glioma & gliomas
cancer/tumor/neoplasm	hepatic tumor	hepatic tumors & hepatic tumor & hepatic tumours & hepatic tumour
cancer/tumor/neoplasm	leukemia	leukemia & leukaemia & leukæmia & leukemias & leukaemias & leukæmias
cancer/tumor/neoplasm	liver cancer	liver cancer & cancer of the liver & liver cancers & cancers of the liver
cancer/tumor/neoplasm	hepatocellular carcinoma	hepatocellular & liver cell carcnioma & liver cells carcnioma & liver cell carcniomas & liver cells carcniomas
cancer/tumor/neoplasm	liver tumor	liver tumor & liver tumors & tumors within the liver & tumor within the liver & tumor in the liver & tumors in the liver & tumor of the liver & tumors of the liver & liver tumour & liver tumours & tumour within the liver & tumours within the liver & tumour in the liver & tumours in the liver & tumour of the liver & tumours of the liver
cancer/tumor/neoplasm	lung cancer	lung cancer & lung cancers
cancer/tumor/neoplasm	lymphoma	lymphoma & lymphomas
cancer/tumor/neoplasm	melanoma	melanoma & melanomas
cancer/tumor/neoplasm	meningioma	meningioma & meningiomas
cancer/tumor/neoplasm	metastasis	metastases & metastasis & metastatic
cancer/tumor/neoplasm	neoplasm/neoplasia	neoplasms & neoplasm & neoplasia & neoplasias
cancer/tumor/neoplasm	neuroendocrine tumor	neuroendocrine tumors & neuroendocrine tumor & neuroendocrine tumours & neuroendocrine tumour
cancer/tumor/neoplasm	neuro(lem(m)o)ma/ neurinoma/schwan(n)oma	neuroma & neuromas & neurinoma & neurinomas & neurilemoma & neurilemoma & neurolemoma & neurolemoma & neurilemmas & neurilemmas & neurolemomas & neurolemomas & schwannoma & schwannoma & schwannomas & schwannomas

cancer/tumor/neoplasm	non-small cell lung cancer	non-small cell lung cancer non-small cell lung cancers non small cell lung cancer non small cell lung cancers non-small cell lung cancer non-small cell lung cancers non-small-cell lung cancer non-small-cell lung cancers
cancer/tumor/neoplasm	non-small cell lung carcinoma	non-small cell lung carcinoma non-small cell lung carcinomas non small cell lung carcinoma non small cell lung carcinomas non-small-cell lung carcinoma non-small-cell lung carcinomas non-small-cell lung carcinoma non-small-cell lung carcinomas
cancer/tumor/neoplasm	non-small cell lung tumor	non-small cell lung tumor non-small cell lung tumors non-small cell lung tumour non-small cell lung tumours non small cell lung tumor non small cell lung tumors non small cell lung tumour non small cell lung tumours non-small-cell lung tumor non-small-cell lung tumors non-small-cell lung tumour non-small-cell lung tumours non-small-cell lung tumour non-small-cell lung tumours
cancer/tumor/neoplasm	osteoid osteoma	osteoid osteoma Osteoid osteoma osteoid osteomas
cancer/tumor/neoplasm	pancreatic cancer	pancreatic cancer pancreatic cancers
cancer/tumor/neoplasm	prostate cancer	prostate cancer prostate cancers Prostate cancer cancers of the prostate cancer of the prostate
cancer/tumor/neoplasm	prostate carcinoma	prostate carcinoma prostate carcinomas carcinoma of prostate carcinomas of prostate carcinoma of the prostate carcinomas of the prostate
cancer/tumor/neoplasm	prostate tumor	prostate tumor prostate tumors tumors within the prostate tumor within the prostate tumor in the prostate tumors in the prostate tumor of the prostate tumors of the prostate prostate tumour prostate tumours tumour within the prostate tumours within the prostate tumour in the prostate tumours in the prostate tumour of the prostate tumours of the prostate
cancer/tumor/neoplasm	prostatic neoplasms	prostatic neoplasms prostatic neoplasm
cancer/tumor/neoplasm	rectal cancer	rectal cancer rectal cancers
cancer/tumor/neoplasm	renal (cell) carcinoma	renal cell carcinoma renal cell carcinomas renal carcinoma renal carcinomas
cancer/tumor/neoplasm	skin cancer	skin cancer skin cancers
cancer/tumor/neoplasm	skin neoplasms	skin neoplasms skin neoplasm

cancer/tumor/neoplasm	small cell lung cancer	small-cell lung cancer & small-cell lung cancers & small cell lung cancer & small cell lung cancers
cancer/tumor/neoplasm	small cell lung carcinoma	small-cell lung carcinoma & small-cell lung carcinomas & small cell lung carcinoma & small cell lung carcinomas
cancer/tumor/neoplasm	small cell lung tumor	small cell lung tumor & small cell lung tumors & small cell lung tumour & small cell lung tumours & small-cell lung tumor & small-cell lung tumors & small-cell lung tumour & small-cell lung tumours
cancer/tumor/neoplasm	squamous cell carcinoma	squamous cell carcinoma & squamous cell carcinomas
cancer/tumor/neoplasm	tumor	tumor & tumors & Tumor & Tumors & tumour & tumours
cellular effects	antioxidant activity	antioxidant activity & antioxidant activities & antioxidative activity & antioxidative activities
cellular effects	antiproliferative activity	antiproliferative activity & antiproliferative activities
cellular effects	apoptosis/cell death	apoptosis & Apoptosis & cell death & cells death
cellular effects	cellular effects	cellular effects & cellular effect
cellular effects	cell adhesion	cell adhesion & cell adhesions
cellular effects	cell cycle	cell cycle & cell cycles
cellular effects	cell cycle arrest	cell cycle arrest & cell cycle arrests & cell cycles arrest & cell cycles arrests
cellular effects	cell damage	cell damage & cell damages
cellular effects	cell differentiation	cell differentiation & cell differentiations
cellular effects	cell division	cell division & cell divisions
cellular effects	cell growth	cell growth
cellular effects	cell membrane permeability	cell membrane permeability & permeability of cell membrane & permeability of the cell membrane
cellular effects	cell metabolism	cell metabolism
cellular effects	cell migration	cell migration & cell migrations
cellular effects	cell proliferation	cell proliferation & proliferating cell & Cell proliferation & cell proliferating & cellular proliferation & cell proliferations & proliferating cells & cells proliferating
cellular effects	cell structure	cell structure & structure of the cell & cells structure & structure of the cells & cells structures & structures of the cells
cellular effects	cell viability	cell viability & Cell viability & cells viability
cellular effects	chromosome aberration	chromosome aberration & chromosome aberrations & chromosomal aberrations & chromosomal aberration
cellular effects	coagulation	coagulation & coagulator
cellular effects	cytotoxicity	cytotoxicity & cytotoxic & Cytotoxicity

cellular effects	enzyme activity	enzyme activity & enzyme activation & enzyme activities & activity of enzyme & activity of the enzyme & enzymes activity & enzymes activation & enzymes activities & activity of enzymes & activity of the enzymes
cellular effects	epigenetic	epigenetic & epigenetics
cellular effects	expression levels	expression levels & expression level & level of expression & levels of expression
cellular effects	glucose metabolism	glucose metabolism
cellular effects	hepatotoxicity	hepatotoxicity & hepatotoxic
cellular effects	kinase inhibitor	kinase inhibitor & kinase inhibitors
cellular effects	molecular biology / genetic	genetic & molecular biology
cellular effects	necrosis	necrosis & necroses
cellular effects	nephrotoxicity	nephrotoxicity & nephrotoxic
cellular effects	neurotoxicity	neurotoxicity & neurotoxic
cellular effects	oxidative stress/damage	oxidative stress & Oxidative stress & free radicals & free radical & lipid peroxidation & lipid peroxide & lipids peroxidation & lipid peroxides & reactive oxygen species & oxidative damage & oxidative damages
cellular effects	protein conformation	protein conformation & conformation of a protein & proteins conformation & conformation of proteins
cellular effects	protein expression	protein expression & proteins expression
cellular effects	protein phosphorylation	protein phosphorylation & proteins phosphorylation
developmental effects	adolescent development	adolescent development & adolescents development & development of the adolescent & development of the adolescents & development of adolescent & development of adolescents
developmental effects	baby development	baby development & babies development & development of the baby & development of the babies & development of baby & development of babies & newborn development & newborns development & development of the newborn & development of the newborns & development of newborn & development of newborns & infant development & infants development & development of the infant & development of the infants & development of infant & development of infants & toddler development & toddlers development & development of the toddler & development of the toddlers & development of toddler & development of toddlers
developmental effects	child development	child development & children development & development of the child & development of the children & development of child & development of children
developmental effects	congenital abnormalities	congenital abnormality & congenital abnormalities & congenital defect & congenital defects & birth defect & birth defects &
developmental effects	developmental effects	developmental effects & developmental effect

developmental effects	(in)fertility	fertility & infertility & fertilities & infertilities
developmental effects	fetal development	foetal development & foetal development & fetal development & development of the foetus & development of the foetus & development of the fetus & development of the foetuses & development of the foetuses & development of the fetuses & development of foetus & development of foetus & development of fetus & development of foetuses & development of foetuses & development of fetuses
E(H)S	electrohypersensitivity	electrohypersensitivity & electro-hypersensitivity & electro-hyper-sensitivity & electromagnetic hypersensitivity & electro-magnetic hypersensitivity & electrohypersensitive & electro-hypersensitive & electro-hyper-sensitive & electromagnetic hypersensitive & electromagnetic hyper-sensitive & electro-magnetic hypersensitive & electro-magnetic hyper-sensitive & electrohypersensitives & electro-hypersensitives & electro-hyper-sensitives & electromagnetic hypersensitives & electro-magnetic hypersensitives & electro-magnetic hyper-sensitives &
E(H)S	electrosensitivity	electrosensitivity & electro-sensitivity & electromagnetic sensitivity & electro-magnetic sensitivity & electrosensitive & electro-sensitive & electromagnetic sensitive & electro-magnetic sensitive & electrosensitives & electro-sensitives & electromagnetic sensitives & electro-magnetic sensitives
E(H)S	IEI-EMF	idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field & idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields & iei-emf
general effects	acute effects	acute effects & acute effect
general effects	biological effects	biological effects & biological effect & Biological effects & biological radiation effects & biological effects of the radiation & biological adverse effect & biological adverse effects
general effects	chronic disease	chronic disease & chronic diseases
general effects	harmful effects	harmful effects & harmful effect
general effects	health effects	health effects & Health effects & health effect & effects on health & effect on health & health adverse effects & health adverse effect & impact on health & impacts on health
general effects	health hazard	health hazard & health hazards & hazard to health & hazards to health
general effects	health risk	health risk & health risks & risk to health & risks to health & risk to health & risks to health
general effects	long-term effects	long-term effects & long-term effect & long term effects & long term effect
general effects	toxic effects	toxic effects & toxic effect & toxicity & toxicities

genotoxic effects	dna break/damage/fragmentation/repair	dna damage & DNA damage & damage DNA & damage the DNA & damages DNA & DNA damages & damages the DNA & dna fragmentation & DNA fragmentation & DNA fragmentations & dna fragment & fragments dna & fragment dna & fragmentation of DNA & fragmentations of DNA & dna repair & DNA repair & repair dna & repairs dna & repair of DNA & repair of the DNA & dna break & dna breaks & break dna & breaks dna
genotoxic effects	epigenetic	epigenetic & epigenetics
genotoxic effects	genetic instability	genetic instability & genetic instabilities
genotoxic effects	genotoxicity	genotoxicity & genotoxic
genotoxic effects	genotoxic effects	genotoxic effects & genotoxic effect
genotoxic effects	mutation	mutation & mutations
neurological effects	alzheimer	alzheimer & Alzheimer
neurological effects	autonomic nervous system	autonomic nervous system
neurological effects	brain diseases	brain diseases & brain disease
neurological effects	central nervous system	central nervous system
neurological effects	cerebral blood flow	cerebral blood flow
neurological effects	cerebrovascular accident	cerebrovascular accident & cerebrovascular accidents
neurological effects	cognitive function	cognitive function & cognitive functions & cognitive disorder & cognitive development & cognitive defect & cognitive deficit & cognitive performance & cognitive impairment & cognitive disorders & cognitive defects & cognitive deficits & cognitive performances & cognitive impairments
neurological effects	dementia	dementia & dementias
neurological effects	essential tremor	essential tremor & essential tremors
neurological effects	evoked potentials	evoked potentials & evoked potential

neurological effects	memory	memory
neurological effects	multiple sclerosis	multiple sclerosis
neurological effects	neuralgia	neuralgia & neuralgias
neurological effects	neurobehavioral	neurobehavioral
neurological effects	neurodegenerative	neurodegenerative
neurological effects	neurological effect/disease	neurological effect & neurological disease & neurological effects & neurological diseases
neurological effects	neurotoxicity	neurotoxicity & neurotoxic
neurological effects	otoacoustic emissions	otoacoustic emissions & otoacoustic emission
neurological effects	parkinson	parkinson & Parkinson
other effects	acne vulgaris	acne vulgaris
other effects	anxiety	anxiety
other effects	atrial fibrillation	atrial fibrillation & atrial fibrillations
other effects	auditory	auditory
other effects	cardiovascular disease	cardiovascular disease & cardiovascular diseases
other effects	chronic pain	chronic pain
other effects	circadian rhythm	circadian rhythm & circadian rhythms
other effects	diabetes	diabetes & Diabetes
other effects	general metabolism	general metabolism
other effects	glucose metabolism	glucose metabolism
other effects	heart rate	heart rate
other effects	insulin dependent diabetes	insulin dependent diabetes
other effects	liver cirrhosis	liver cirrhosis & cirrhosis of the liver
other effects	liver disease	liver disease & liver diseases & diseases of the liver & disease of the liver
other effects	mental stress	mental stress
other effects	phosphene	phosphene & phosphenes

other effects	skin lesions	skin lesions & skin lesion
other effects	sleep disorders	sleep disorder & sleep disorders & sleep disturbance & sleep disturbances & insomnia & insomnias & sleep quality
(non)thermal effects	(non)thermal effects	non-thermal effects & non-thermal effect & nonthermal effects & nonthermal effect & thermal effects & thermal effect & thermal-effects & thermal-effect & athermal effects & athermal effect
(non)thermal effects	bio-heat equations	bio-heat equations & bio-heat equation & bioheat equation & bioheat equations
(non)thermal effects	body temperature	body temperature & body temperatures & temperature in the body & temperature inside the body
(non)thermal effects	core temperature	core temperature & core temperatures
(non)thermal effects	heat transfer	heat transfer & transfer heat & transfers heat & transfer of heat & transfer the heat & transfers the heat
(non)thermal effects	temperature changes	temperature changes & temperature change & changes in temperature & change in temperature & change of temperature & changes with temperature & change the temperature & temperature elevation & temperature elevations & elevated temperature & elevation of temperature & elevations of temperature & temperature increase & temperature increases & increasing temperature & increase in temperature & increase the temperature & increase of temperature & increase temperature & increase in the temperature & increases of temperature & temperature and increase & increase of the temperature & increases the temperature & increases in temperature & temperature rise & rise in temperature & rise of temperature & rise the temperature

5.9 ENTITES BIOLOGIQUES

B2	B1	Forms
80	94	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
humans	humans	human & humans
humans	adolescents/teenagers	adolescent & adolescents & adolescence & teenager & teenagers & teen & teens
humans	children	child & children
humans	general population	general population
humans	men	men & man
humans	women	women & woman
humans	workers	workers & worker
humans	young people	young people
animals	animals	animals & animal
animals	caenorhabditis elegans	caenorhabditis elegans
animals	drosophilas	drosophila & drosophilas

animals	guinea pigs	guinea pigs & guinea pig
animals	mouse	mice & mouse
animals	rats	rats & rat & Rats & Rat
animals	rabbits	rabbits & rabbit
animals	rodents	rodents & rodent
activated protein kinase	activated protein kinase	activated protein kinase
adenosine triphosphate	adenosine triphosphate	adenosine triphosphate
alkaline phosphatase	alkaline phosphatase	alkaline phosphatase
amino acids	amino acids	amino acids & amino acid
animal cells	animal cells	animal cell & animal cells & animals cells
antibody	antibody	antibody & antibodies
antigen	antigen	antigen & antigens & Antigen
antigenicity	antigenicity	antigenicity
antioxidant	antioxidant	antioxidant & antioxidants & antioxidative
antioxidant enzymes	antioxidant enzymes	antioxidant enzymes & antioxidant enzyme & antioxidative enzymes & antioxidative enzyme
binding site	binding site	binding site & binding sites
bladder	bladder	bladder & bladders
blood	blood	blood & Blood
blood brain barrier	blood brain barrier	blood brain barrier & blood-brain barrier & blood-brain-barrier
bone marrow	bone marrow	bone marrow
bone marrow cells	bone marrow cells	bone marrow cells & bone marrow cell
brain	brain	brain & brains & globus pallidus
brain blood flow	brain blood flow	brain blood flow & cerebral blood flow
brain cells	brain cells	brain cells & brain cell
breast	breast	breast & Breast & breasts
breast cancer cells	breast cancer cells	breast cancer cells & breast cancer cell
calcium channel	calcium channel	calcium channel & calcium channels
calcium phosphate	calcium phosphate	calcium phosphate & calcium phosphates
cardiovascular system	cardiovascular system	cardiovascular system
carotid artery	carotid artery	carotid artery & carotid arteries
central nervous system	central nervous system	central nervous system
cortex	cortex	cortex & cortices
dna	dna	DNA
endothelial cells	endothelial cells	endothelial cells & endothelial cell
enzyme	enzyme	enzyme & enzymes

epithelial cells	epithelial cells	epithelial cells & epithelial cell
fibroblasts	fibroblasts	fibroblast & fibroblasts
gene	gene	gene & genes
germ cells	germ cells	germ cell & germ cells
glutathione	glutathione	glutathione
glutathione peroxidase	glutathione peroxidase	glutathione peroxidase
head	head	head & heads & Head
heart	heart	heart & Heart & hearts
heat shock protein	heat shock protein	heat shock protein & heat shock proteins
heavy metals	heavy metals	heavy metals & heavy metal
hippocampus	hippocampus	hippocampus
kidney	kidney	kidney & kidneys
kinase	kinase	kinase & kinases
lactate dehydrogenase	lactate dehydrogenase	lactate dehydrogenase
liver	liver	liver & livers & hepatic
liver cancer cells	liver cancer cells	liver cancer cells & liver cancer cell
lung	lung	lung & lungs
lung cancer cells	lung cancer cells	lung cancer cells & lung cancer cell
lymph node	lymph node	lymph node & lymph nodes
lymphocytes	lymphocytes	lymphocyte & lymphocytes
melanoma cells	melanoma cells	melanoma cells & melanoma cell
membrane proteins	membrane proteins	membrane proteins & membrane protein
mitochondrial membrane	mitochondrial membrane	mitochondrial membrane & mitochondrial membranes
mitogen activated protein	mitogen activated protein	mitogen activated protein & mitogen activated proteins
muscle	muscle	muscle & muscles
neck	neck	neck & necks
nerve	nerve	nerve & nerves
nerve cells	nerve cells	nerve cell & nerve cells
neurons	neurons	neurons & neuron
oestrogen	oestrogen	oestrogen & estrogen & oestrogens & estrogens
ornithine decarboxylase	ornithine decarboxylase	ornithine decarboxylase
parotid gland	parotid gland	parotid gland & parotid glands
peptide	peptide	peptide & peptides
progesterone receptor	progesterone receptor	progesterone receptor & progesterone receptors
prostate	prostate	prostate & prostatic & Prostate

protein kinase	protein kinase	protein kinase & protein kinases
protein p53	protein p53	protein p53 & p53 protein & proteins p53 & p53 proteins
rna	rna	RNA & RNAs & microRNA & microRNAs & mRNA & mRNAs
seminiferous tubules	seminiferous tubules	seminiferous tubules & seminiferous tubule
skin	skin	skin & Skin & skins
sperm	sperm	sperm & sperms & spermatozoon & spermatozoa
superoxide dismutase	superoxide dismutase	superoxide dismutase
T cells	T cells	T cells & T cell & t cell & T-cell & T-cells
temporal lobe	temporal lobe	temporal lobe & temporal lobes
transcription factors	transcription factors	transcription factor & transcription factors
tumor cells	tumor cells	tumor cells & tumor cell & cells of the tumor & cell of the tumor & tumour cells & tumour cell & cells of the tumour & cell of the tumour
tumor necrosis factors	tumor necrosis factors	tumor necrosis factor & tumor necrosis factors
vessel	vessel	vessel & vessels

5.10 NOTIONS LIEES AUX MODALITES D'EXPOSITION ET AUX NORMES DE CONTROLE DES CHAMPS ELECTRO-MAGNETIQUES

5.10.1 Types d'exposition

(Il n'y a aucune différence entre les colonnes O1 et OT2)

OT2	OT1	Forms
<i>11</i>	<i>11</i>	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
environ. expo/disease	environmental expo/disease	environmental exposure & environmental exposures & environmental disease & environmental diseases
general population	general population	general population & general populations
prenat.expo/pregn.women	prenat expo / pregnant women	prenatal exposure & prenatal exposures & maternal exposure & maternal exposures & pregnant women & pregnant woman
occup. expo/disease	occupational expo/disease	occupational exposure & occupational exposures & occupational diseases & occupational disease
personal/indiv. expo	personal/individual expo	personal exposure & personal exposures & individual exposure & individual exposures
population expo	population exposure	population exposure & exposure of the population & population exposures & exposures of the population & populations exposures
whole-body expo	whole-body exposure	whole body exposure & whole-body exposure & whole body exposures & whole-body exposures
local exposure	local exposure	local exposure & local exposures

acute exposure	acute exposure	acute exposure ´ exposures
chronic/long-term expo	chronic/long-term expo	chronic exposure &long term exposure &long term of exposure &long-term exposure &chronic exposures &long term exposures &long term of exposures &long-term exposures
sham	sham	sham

5.10.2 Notions et normes se rapportant à des questions d'exposition et de compatibilité électromagnétique

OA2	OA1	Forms
21	48	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
EM compatibility	electromagnetic compatibility	electromagnetic compatibility
EM interference	electromagnetic interference	electromagnetic interference &Electromagnetic interference &electromagnetic interferences
expo assessment	exposure assessment	exposure assessment &assessment of exposure &assessment of the exposure &exposures assessment &assessment of exposures &assessment of the exposures & exposure assessments &assessments of exposure &assessments of the exposure &exposures assessments &assessments of exposures &assessments of the exposures &Exposure assessment
dosimetry	dosimetry	dosimetry &dosimetries
dosimetry	absorption rates	absorption rate &absorption rates &Absorption Rate
dosimetry	anatomical models	anatomical models &anatomic models &anatomical model &anatomic model
dosimetry	anechoic chamber	anechoic chamber &anechoic chambers
dosimetry	dielectric properties	dielectric properties &Dielectric properties &dielectric property
dosimetry	digital computation	digital computation &digital computations
dosimetry	electromagnetic simulation	electromagnetic simulation &electromagnetic simulations &electro-magnetic simulation &electro-magnetic simulations
dosimetry	FDTD	fdtd &finite-difference time-domain &finite-difference time domain &finite difference time-domain &finite difference time domain
dosimetry	finite element analysis/method	finite element analysis &finite element method &finite element methods &finite elements analysis &finite elements method &finite elements methods &finite elements (FE) method &finite elements (FE) methods
dosimetry	head model	head model &head models &model the head &models of the head &model of the head
dosimetry	human body model	human body model &human body models &model for human body &model of a human body &body human models &models of human body
dosimetry	numerical dosimetry	numerical dosimetry &numerical dosimetries
dosimetry	numerical model	numerical model &numerical models &numerical modeling
dosimetry	phantoms	phantoms &phantom

dosimetry	plane wave	plane wave & plane waves
exposimetry	exposimetry	exposimetry & exposimetries
SAR	SAR	SAR & SARs & specific absorption rate & specific absorption rates
SAR	whole body SAR	whole body SAR & whole body SARs & whole body specific absorption rate & whole body specific absorption rates
SAR	local SAR	local SAR & local SARs & local specific absorption rate & local specific absorption rates
SAR	head SAR	head SAR & head SARs & head specific absorption rate & head specific absorption rates
SAR	trunk SAR	trunk SAR & trunk SARs & trunk specific absorption rate & trunk specific absorption rates
SAR	member SAR	member SAR & member SARs & member specific absorption rate & member specific absorption rates
SAR	peak SAR	peak SAR & peak SARs & peak specific absorption rate & peak specific absorption rates
SAR	SAR calculations	SAR calculations & SAR calculation & calculation of SAR & calculation of the SAR & calculations of SAR & calculations of the SAR & calculation for SAR & calculations for SAR & SARS calculations & SARS calculation & calculation of SARS & calculation of the SARS & calculations of SARS & calculations of the SARS & calculation for SARS & calculations for SARS
SAR	SAR measurements	SAR measurement & SAR measurements & measurement of the SAR & measurements of the SAR & measurement of SAR & measurements of SAR & SARs measurement & SARs measurements & measurement of the SARs & measurements of the SARs & measurement of SARs & measurements of SARs
basic restrictions	basic restrictions	basic restrictions & basic restriction
contact current	contact current	contact current & contact currents
current density	current density	current density
energy absorption rate	energy absorption rate	energy absorption rate & energy absorption rates & rate of energy absorption & rates of energy absorption
limb current	limb current	limb current & limb currents
power absorp/depos	power absorp/depos	power absorption & absorption of power & absorption power & power deposition & deposition power
power density	power density	power density
electric field	electric field	electric field & electric fields & electrical field & electrical fields
magnetic field	magnetic field	magnetic field & magnetic fields & magnetical field & magnetical fields
magnetic flux density	magnetic flux density	magnetic flux density
reference levels	reference levels	reference levels & reference level
expo guidln/limit/standrd	exposure guidelines	exposure guidelines & exposures guidelines & guidelines for exposure & guidelines for exposures & exposure below guidelines & exposure above guidelines & exposures below guidelines & exposures above guidelines & exposure below guideline & exposure above guideline & exposures below guideline & exposures above guideline

expo guidln/limit/standrd	exposure limits	exposure limits & exposure limit & limits of exposure & limit of exposure & limits for exposure & limit for exposure & exposures limits & exposures limit & limits of exposures & limit of exposures & limits for exposures & limit for exposures & exposure below limits & exposure above limits & exposures below limits & exposures above limits & exposure below limit & exposure above limit & exposures below limit & exposures above limit
expo guidln/limit/standrd	exposure standards	exposure standards & exposure standard & human-exposure standards
ref. standards/values	reference standards	reference standards
ref. standards/values	reference values	reference values & reference value
safety guidln/limit/standrd	safety guidelines	safety guidelines & safety guideline
safety guidln/limit/standrd	safety limits	safety limits & safety limit
safety guidln/limit/standrd	safety standards	safety standards & safety standard

5.11 TYPES D'ETUDES

S2	S1	Forms
7	21	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
case report	case report	case report & case reports & Case report & report a case & report the case & report on a case
clinical study	clinical study	clinical studies & clinical study & clinical article & clinical trials & clinical trial
epidemiological study	epidemiological study	epidemiological studies & epidemiologic studies & epidemiological study & epidemiologic study & epidemiological analyses & epidemiologic analyses & epidemiological analysis & epidemiologic analysis & prevalence
epidemiological study	case-control study	case control study & case control studies & case-control study & case-control studies
epidemiological study	cohort study	cohort studies & cohort study & cohort analysis & cohort analyses
epidemiological study	cross-sectional/transversal study	cross-sectional study & cross-sectional studies & transversal study & transversal studies & cross-sectional analysis & cross-sectional analyses & transversal analysis & transversal analyses & crosssectional study & crosssectional studies & crosssectional analysis & crosssectional analyses
epidemiological study	longitudinal study	longitudinal study & longitudinal studies & longitudinal analyses & longitudinal analysis
epidemiological study	retrospective study	retrospective study & retrospective studies & retrospective analysis & retrospective analyses
provocation study	provocation study	provocation study & provocation studies
animal study	animal study	animal studies & animal study & animal experiment & animal experiments & animal model & animal models
animal study	cage control	cage control & cage controls & cage-control & cage-controls
animal study	in vivo	in vivo & in-vivo

in vitro	in vitro	in vitro & in-vitro
in vitro	animal cell culture	animal cell culture & animal cells culture & animal cell cultures & animal cells cultures & animal cultured cells
in vitro	cell culture	cell culture & cells culture & cell cultures & cells cultures & cultured cells & cultured cell
in vitro	cell line	cell line & cell lines & cells line & cells lines
in vitro	hela cells	hela cells & hela cell & HeLa cells
in vitro	human cell culture	human cell culture & human cells culture & human cell cultures & human cells cultures & human cultured cells
in vitro	mcf-7 cells	mcf-7 cells & mcf-7 cell & cells MCF-7 & cell MCF-7
in vitro	tumor cell line	tumor cell line & tumor cell lines & tumor cells line & tumor cells lines & tumors cell line & tumors cell lines & tumors cells line & tumors cells lines & tumour cell line & tumour cell lines & tumour cells line & tumour cells lines & tumours cell line & tumours cells lines & tumours cells lines
ex vivo	ex vivo	ex vivo & ex-vivo

5.12 ORGANISATIONS / PROGRAMMES DE RECHERCHE

I1	Forms
36	<i>Ci-contre : Nombre de termes différents dans la colonne</i>
AFNOR	AFNOR & Association française de normalisation
ANSES	ANSES & Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail
Arpansa (AUS)	Arpansa & Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
Berenis (CHE)	Berenis
BfS (DEU)	BfS & Bundesamt für Strahlenschutz
CENELEC (EU)	CENELEC & European Committee for Electrotechnical Standardization & Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique & European Committee for Coordination of Electrical Standardization & Comité européen de coordination des normes électriques dans le Marché commun
COSMOS	cohort study on mobile communications & cohort study of mobile phone users & Cohort Study of Mobile Phone Use and Health & UK COSMOS-a UK cohort
EFHRAN (EU)	EFHRAN & European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure
FCC (USA)	FCC & Federal Communications Commissions
HCN (NLD)	HCN & Health Council of the Netherlands
IARC	IARC & International Agency for Research on Cancer
ICES (IEEE)	ICES & International Committee on Electromagnetic Safety
ICNIRP	ICNIRP & International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection & International Commission on Non Ionizing Radiation Protection
IEC	IEC & International Electrotechnical Commission
IEEE	IEEE & Institute of Electrical and Electronics Engineers

Interphone	Interphone
IT'IS Foundation (CHE)	IT'IS Foundation & IT'IS USA & ETH Zurich & BIOEMC ETHZ & SPEAG Schmid & Partner Engineering AG & SR Scientific GmbH & ZMT Zurich Med Tech AG & Zurich 43
ITU	ITU & International Telecommunication Union
JEIC (JPN)	JEIC & Japan EMF Information Center
Jülich (DEU)	Jülich
LEXNET	Low EMF Exposure Networks & Low EMF Exposure Future Networks
MMF/MWF	Mobile Manufacturers Forum & Mobile & Wireless Forum
Mobi-kids	Mobi-kids
MTHR (UK)	MTHR & Mobile Telecommunications and Health Research Program
NSF (USA)	NSF & National Science Foundation
NTP	NTP & National Toxicology Program
OFEV (CHE)	OFEV & Office fédéral de l'environnement
OFSP (CHE)	OFSP & Office fédéral de la santé publique
PHE (UK)	PHE & Public Health England
RIVM (NLD)	RIVM & National Institute for Public Health and the Environment
Scenihp (EU)	Scenihp & Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
Scheer (EU)	Scheer & Scientific Committee on Health Environmental and Emerging Risks
SEAWIND (EU)	SEAWIND & Sound exposure and risk assessment of wireless network devices
SSM (SWE)	SSM & Swedish Radiation Safety Authority
TNO (NLD)	TNO
WHO	WHO & World Health Organization & world health organisation