

Étude Brain Health

FICHE THÉMATIQUE 05

LES NEUROSCIENCES COMPUTATIONNELLES

La robotique – L'Intelligence Artificielle

L'objectif des fiches thématiques est de fournir pour chaque pathologie étudiée des chiffres-clés en termes de publications scientifiques et d'essais cliniques réalisés. Elles fournissent également des données de positionnement par rapport aux autres pays, notamment les pays européens.

En synthèse

Les neurosciences computationnelles sont un domaine d'étude dans lequel des outils et des théories mathématiques sont utilisés pour étudier le fonctionnement du cerveau. Elles peuvent également intégrer diverses approches du génie électrique, de l'informatique et de la physique afin de comprendre comment le système nerveux traite l'information. Des modèles sont introduits pour comprendre et reconstruire les réseaux neuronaux.

La robotique est une branche interdisciplinaire mixant ingénierie et science qui comprend, entre autres, l'ingénierie mécanique, l'ingénierie électronique, l'ingénierie de l'information et l'informatique, et les mathématiques appliquées. La robotique traite de la conception, de la construction, du fonctionnement et de l'utilisation des robots, ainsi que des systèmes informatiques pour leur contrôle, leur retour sensoriel et le traitement de l'information. Il existe 9 familles de la robotique dont les robots humanoïdes, la cybernétique ou encore l'intelligence artificielle.

L'Intelligence Artificielle (IA) est l'étude et la conception d'agents « intelligents », un agent intelligent étant un système qui perçoit son environnement et prend des mesures qui maximisent ses chances de réussite. L'IA est un domaine de recherche en pleine expansion, actuellement basé principalement sur des méthodes d'apprentissage machine, et promis à un grand avenir. Ses applications, qui concernent toutes les activités humaines, permettent notamment d'améliorer le diagnostic et la qualité des soins. L'IA est en effet au cœur de la médecine du futur avec la chirurgie assistée, la télémédecine, les prothèses intelligentes ou encore les traitements personnalisés grâce au recoupement de données de population (big data) pour la définition de signatures de normalité et de profils d'évolution.



Experts ayant contribué à la fiche

Michel Dojat - Université Grenoble Alpes, Inserm U1216

Pierre Maurel - Université de Rennes, Inria, CNRS, Inserm



Directrice - Marie LANG

Cellule bibliométrie - Patrick DEVOS, Vincent AKIKI

Cellule communication - Christophe CHAZELLE



Retrouvez l'ensemble
de l'étude Brain Health
sur le **site du CNCR**



Publications scientifiques

Cette partie fournit les indicateurs de production scientifique, sur la période 2002-2021, par année et par période de 5 ans.

A Nombre de publications

Au niveau mondial, sur la période 2002-2021, on identifie dans le Web of Science, 339 648 publications relatives à cette thématique (requête disponible sur demande), 5 280 en 2002 versus 53 418 en 2021, soit une multiplication par 10 en 20 ans.

Le **Tableau 1** fournit l'évolution des 20 pays les plus contributifs à cette thématique sur la période analysée.

Pays	Total	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
World	339 648	5280	6080	6699	7916	8279	8179	9152	10330	10367	11962	13018	14593	15675	16925	18355	19972	26074	33788	43586	53418
EU28	111 387	2184	2435	2549	2920	3106	3186	3323	3764	3783	4312	4740	5359	5579	5924	6118	6669	8094	9920	12286	15136
USA	98 847	1972	2268	2312	2704	2704	2983	3202	3533	3497	4136	4370	4703	4988	5224	5414	5907	7283	8954	10597	12096
China	66 805	147	221	421	713	843	506	774	889	1009	1153	1382	1875	2503	3113	3945	4181	6140	8877	12287	15826
UK	28 738	549	593	635	772	809	831	868	962	952	1059	1221	1300	1410	1488	1556	1683	2136	2655	3249	4010
Germany	22 151	449	466	526	540	577	634	637	752	742	868	1023	1144	1199	1243	1280	1338	1567	1939	2300	2927
Canada	18 059	336	361	388	482	473	495	542	609	661	667	764	794	810	920	1025	1112	1363	1700	2130	2427
Italy	15 457	281	306	282	337	373	365	447	472	470	579	618	751	732	823	866	992	1139	1494	1849	2281
Japan	15 034	394	453	532	512	454	485	525	590	500	570	600	639	638	700	697	785	1080	1301	1619	1960
India	14 121	88	98	133	145	159	184	236	259	271	336	350	403	463	552	672	748	1177	1648	2629	3570
Australia	13 720	146	191	224	228	223	285	304	377	410	415	492	651	709	756	831	913	1126	1435	1774	2230
France	13 119	255	288	334	353	366	395	418	441	463	554	540	651	678	752	782	830	921	1131	1312	1655
South Korea	12 741	102	107	182	240	274	174	205	276	280	363	408	449	483	602	625	732	1064	1456	2118	2601
Spain	12 444	177	261	198	287	282	329	331	373	407	498	568	638	620	689	695	769	938	1161	1499	1724
Iran	9 470	22	30	51	75	76	103	150	225	249	357	432	502	481	513	564	718	834	1172	1406	1510
Netherlands	9 463	151	192	184	236	215	227	235	305	365	359	447	468	534	519	524	598	690	944	999	1271
Taiwan	7 371	103	118	128	154	201	191	305	343	272	353	368	349	349	367	346	385	456	568	884	1131
Turkey	6 992	46	81	124	142	176	178	231	306	281	296	259	283	289	332	383	413	441	651	961	1119
Brazil	6 899	82	89	101	124	150	132	165	179	199	243	252	287	320	367	394	479	601	698	951	1086
Switzerland	6 879	124	121	134	172	167	183	204	200	226	249	271	327	407	367	362	460	519	628	774	984
Sweden	4 818	109	109	118	110	154	159	122	153	144	193	194	253	227	258	266	296	363	443	507	640
Belgium	4 558	96	77	80	115	106	127	138	137	155	192	181	246	255	253	286	308	360	411	460	575

Tableau 1 – Évolution des 20 pays les plus contributifs, EU28 en vert

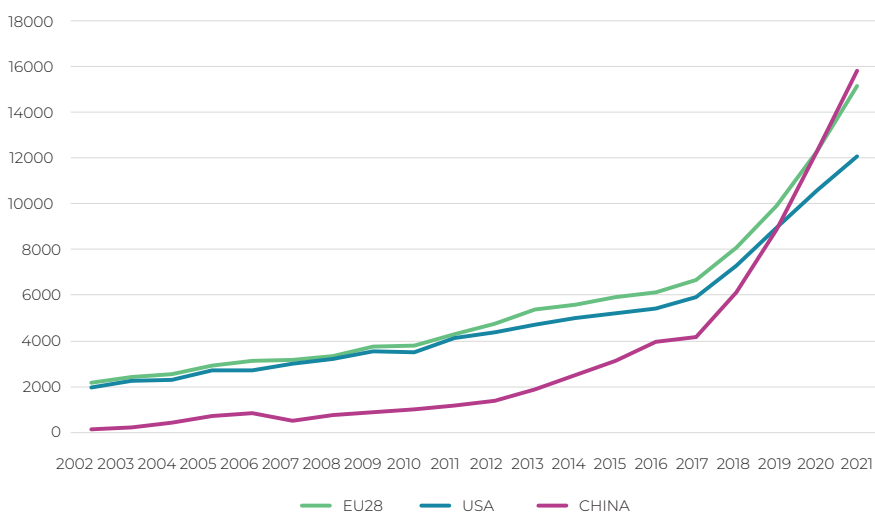
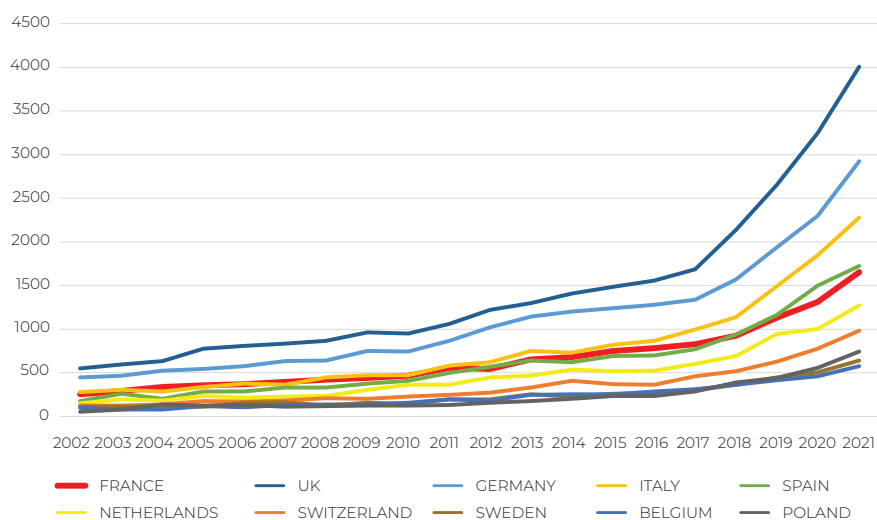


Figure 1 – Évolution des USA, de l'Europe (EU28) et de la Chine

La **Figure 1** montre l'évolution du nombre de publications aux USA, en Europe (EU28) et en Chine. Les productions des USA et de l'Europe sont similaires avec une légère supériorité de l'Europe à partir de 2011. Très forte augmentation à partir de 2017, notamment de la Chine, qui dépasse l'Europe et les Etats-Unis en 2021. Avec 15 826 publications en 2021, la Chine se classe au premier rang mondial, devant les USA.



La **Figure 2** fournit l'évolution de la production scientifique des 10 pays européens les plus contributeurs. Au premier rang, le Royaume-Uni, suivi de l'Allemagne et de l'Italie. On retrouve ensuite la France et l'Espagne qui ont des productions très proches. Augmentation importante de la production des Pays-Bas et de la Suisse. Enfin se positionnent la Suède, la Belgique et la Pologne.

Avec 1 655 publications en 2021, la France se place au 5^e rang européen et au 11^e rang mondial, juste derrière l'Espagne.

Le **Tableau 2** fournit, par période de 5 ans et pour les principaux pays, le nombre de publications, la part mondiale ainsi que le rang.

Figure 2 – Contributions des pays européens

Pays	Total 2002-2021	P1 : 2002-2006			P2 : 2007-2011			P3 : 2012-2016			P4 : 2017-2021			Ratio : P4 / P1
		Nb Pubs	Part	Rang	Nb Pubs	Part	Rang	Nb Pubs	Part	Rang	Nb Pubs	Part	Rang	
World	339 648	34 254			49 990			78 566			176 838			5.2
EU28	111 387	13 194	38.5		18 368	36.7		27 720	35.3		52 105	29.5		3.9
USA	98 847	11960	34.9	1	17351	34.7	1	24699	31.4	1	44837	25.4	2	3.7
China	66 805	2345	6.8	4	4331	8.7	3	12818	16.3	2	47311	26.8	1	20.2
UK	28 738	3358	9.8	2	4672	9.3	2	6975	8.9	3	13733	7.8	3	4.1
Germany	22 151	2558	7.5	3	3633	7.3	4	5889	7.5	4	10071	5.7	4	3.9
Canada	18 059	2040	6.0	6	2974	5.9	5	4313	5.5	5	8732	4.9	6	4.3
Italy	15 457	1579	4.6	8	2333	4.7	7	3790	4.8	6	7755	4.4	8	4.9
Japan	15 034	2345	6.8	4	2670	5.3	6	3274	4.2	9	6745	3.8	10	2.9
India	14 121	623	1.8	15	1286	2.6	15	2440	3.1	14	9772	5.5	5	15.7
Australia	13 720	1012	3.0	10	1791	3.6	10	3439	4.4	7	7478	4.2	9	7.4
France	13 119	1596	4.7	7	2271	4.5	8	3403	4.3	8	5849	3.3	12	3.7
South Korea	12 741	905	2.6	12	1298	2.6	13	2567	3.3	11	7971	4.5	7	8.8
Spain	12 444	1205	3.5	9	1938	3.9	9	3210	4.1	10	6091	3.4	11	5.1
Iran	9 470	254	0.7	28	1084	2.2	16	2492	3.2	12	5640	3.2	13	22.2
Netherlands	9 463	978	2.9	11	1491	3.0	11	2492	3.2	12	4502	2.5	14	4.6
Taiwan	7 371	704	2.1	14	1464	2.9	12	1779	2.3	15	3424	1.9	17	4.9
Turkey	6 992	569	1.7	17	1292	2.6	14	1546	2.0	18	3585	2.0	16	6.3
Brazil	6 899	546	1.6	18	918	1.8	18	1620	2.1	17	3815	2.2	15	7.0
Switzerland	6 879	718	2.1	13	1062	2.1	17	1734	2.2	16	3365	1.9	18	4.7
Sweden	4 818	600	1.8	16	771	1.5	19	1198	1.5	20	2249	1.3	22	3.7
Belgium	4 558	474	1.4	21	749	1.5	20	1221	1.6	19	2114	1.2	24	4.5

Tableau 2 – Évolution, par pays et par période, des parts de marché et rangs mondiaux

En 20 ans, la France est passée du 7^e au 12^{ème} rang mondial, sa part passant de 4.7 % à 3.3 %. Cette baisse est en partie liée à la progression de la Chine, de l'Inde et de l'Australie. Son nombre de publications a augmenté d'un facteur 3.7, augmentation inférieure à la progression mondiale (5.2) mais comparable à la progression européenne (3.9). En Europe, forte progression de l'Espagne (5.1), de l'Italie (4.9) et des Pays-Bas (4.6). À noter également la chute brutale du Japon qui passe du 4^e au 10^e rang mondial.

B Indices de citations

En complément des indicateurs de volumétrie, il est important de regarder l'impact, en termes de citations, des publications réalisées. Le **Tableau 3** fournit trois indicateurs classiques : l'ICN, le Top1% et le Top10% (voir fiche Méthodologie).

Pays	Total	P1 : 2002-2006			P2 : 2007-2011			P3 : 2012-2016			P4 : 2017-2021		
		ICN	Top1%	Top10%	ICN	Top1%	Top10%	ICN	Top1%	Top10%	ICN	Top1%	Top10%
World	339 648	1.21	1.74	16.1	1.24	1.72	16.0	1.24	1.69	15.2	1.33	2.17	15.9
EU28	111 387	1.15	1.58	16.2	1.25	1.77	16.2	1.30	1.84	16.8	1.43	2.32	17.4
USA	98 847	1.55	2.82	20.7	1.55	2.63	20.6	1.48	2.47	19.2	1.60	2.88	19.4
China	66 805	0.82	1.15	10.7	1.14	1.80	14.4	1.24	1.72	14.8	1.50	2.97	18.7
UK	28 738	1.45	2.41	20.6	1.47	2.42	20.1	1.53	2.88	20.1	1.78	3.30	21.8
Germany	22 151	1.22	1.80	17.7	1.50	2.78	20.0	1.39	2.33	19.6	1.43	2.60	18.3
Canada	18 059	1.56	1.62	19.4	1.37	2.05	18.8	1.67	2.09	17.9	1.48	2.68	19.2
Italy	15 457	1.00	1.20	12.4	1.23	1.29	16.8	1.28	1.24	17.9	1.44	2.11	18.9
Japan	15 034	0.76	0.60	10.0	0.91	0.94	10.0	1.07	1.16	11.5	1.14	1.59	11.6
India	14 121	0.89	0.64	12.8	1.03	0.47	14.1	1.03	0.94	12.6	1.17	1.69	14.4
Australia	13 720	1.06	1.78	16.6	1.51	1.68	19.3	1.49	2.65	19.1	1.76	3.65	22.6
France	13 119	1.06	0.88	16.0	1.29	2.07	16.5	1.31	2.12	17.2	1.45	2.58	17.6
South Korea	12 741	0.80	0.88	9.1	1.07	1.31	12.9	1.18	1.79	13.7	1.35	2.58	17.5
Spain	12 444	0.84	0.66	10.8	1.08	1.08	13.5	1.21	1.34	15.5	1.32	1.90	16.8
Iran	9 470	0.81	0.39	10.6	1.13	1.11	15.1	1.03	1.00	12.9	1.26	2.41	16.6
Netherlands	9 463	1.45	2.45	22.7	1.57	3.02	19.7	1.53	2.69	21.8	1.65	3.33	21.9
Taiwan	7 371	1.33	1.85	19.6	1.06	0.68	14.1	1.14	1.12	14.3	1.30	2.02	15.2
Turkey	6 992	1.04	1.76	14.9	1.26	1.63	17.6	1.03	1.10	12.9	1.33	2.48	15.8
Brazil	6 899	0.77	0.37	9.3	0.91	0.65	10.2	0.99	0.49	11.1	1.15	1.52	12.8
Switzerland	6 879	1.56	2.23	22.1	1.78	4.43	23.9	1.69	3.11	23.0	1.65	2.88	23.0
Sweden	4 818	1.24	2.00	14.3	1.13	1.04	16.1	1.24	1.67	15.0	1.57	2.76	19.6
Belgium	4 558	1.21	1.27	20.0	1.40	2.67	17.1	1.65	1.80	20.4	1.48	3.12	19.4

Tableau 3 – Évolution, par pays et par période, des indicateurs d'impact

Globalement, la France affiche des indicateurs d'impact ayant des valeurs proches des valeurs européennes et légèrement supérieures aux valeurs mondiales. À noter les bonnes performances de plusieurs pays européens, notamment le Royaume-Uni et les Pays-Bas. La Chine a fortement augmenté ses indicateurs d'impact pour afficher en dernière période des valeurs supérieures aux valeurs mondiales. De même, nous pouvons identifier des pays ayant une forte production en volume mais avec des indicateurs d'impact plus faibles que les valeurs mondiales : le Japon, l'Inde ou le Brésil.

C Principales institutions contributrices

En Europe, parmi les institutions ayant les plus fortes contributions, plusieurs se trouvent au Royaume-Uni : l'Université de Londres, l'University College et le King's College de Londres, ainsi que les universités d'Oxford et Cambridge. On retrouve ensuite la Max Planck Society, l'Helmholtz Association et l'Humboldt University de Berlin en Allemagne. Puis les 3 universités parisiennes : Paris Cité, Sorbonne Université et Paris-Saclay. Bon positionnement de plusieurs universités des Pays-Bas : l'Université Libre d'Amsterdam, l'Université d'Utrecht et KU Leuven.

On note également des opérateurs nationaux : le CNRS et l'Inserm en France (2^e et 3^e rangs européens), la Max Planck Society en Allemagne et le Consiglio Nazionale delle Ricerche en Italie.

En France, on remarque le CNRS et l'Inserm, suivis par les universités parisiennes et l'AP-HP. Ensuite, viennent les universités d'Aix-Marseille, de Bordeaux et de Grenoble. Contribution importante également du CEA.

D Réseaux de collaboration

Ces analyses ont pour objectif d'identifier les chercheurs les plus actifs dans un domaine de recherche et de cartographier les collaborations entre ces chercheurs. Plus un point est gros, plus le nombre de publications du chercheur est élevé et plus 2 points sont proches, plus ces chercheurs publient ensemble. 2 cartographies ont été réalisées.

1. Une cartographie réalisée au niveau européen, sur la base des publications 2017-2021 et classées parmi les 10 % les plus citées au niveau mondial.

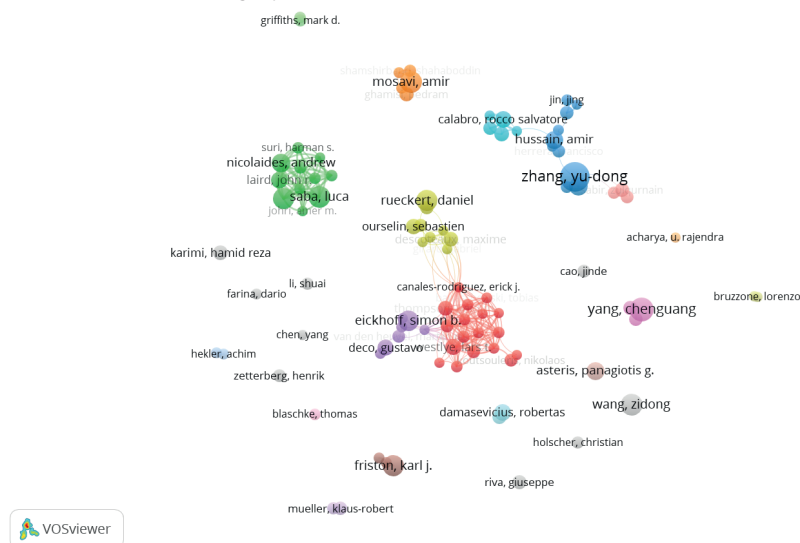


Figure 3 – Cartographie des chercheurs européens publiant dans le Top10%

Cette cartographie permet d'identifier les leaders européens et d'identifier de potentielles collaborations dans le cadre du montage d'un projet. Parmi les leaders européens, nous pouvons citer :

- **Yu-Dong ZHANG** (Université de Leicester, Royaume-Uni)
- **Chenguang YANG** (University of West England, Bristol, Royaume-Uni)
- **Amir MOSAVI** (Obuda University, Budapest, Hongrie)
- **Luca SABA** (Université de Cagliari, Italie)
- **Karl J FRISTON** (University College London, Royaume-Uni)
- **Daniel RUECKERT** (Imperial College London, Royaume-Uni)
- **Simon B EICKHOFF** (Universität Heinrich Heine, Düsseldorf, Allemagne)
- **Gustavo DECO** (Université Pompeu Fabra, Barcelone, Espagne)
- **Sébastien OURSELIN** (King's College London, Royaume-Uni)

À noter certaines collaborations entre les clusters centraux, mais beaucoup de clusters isolés correspondant à des thématiques de recherche différentes.

2. Une cartographie réalisée au niveau français, sur la base des publications 2017-2021 et pour lesquelles un auteur français est Corresponding Author.

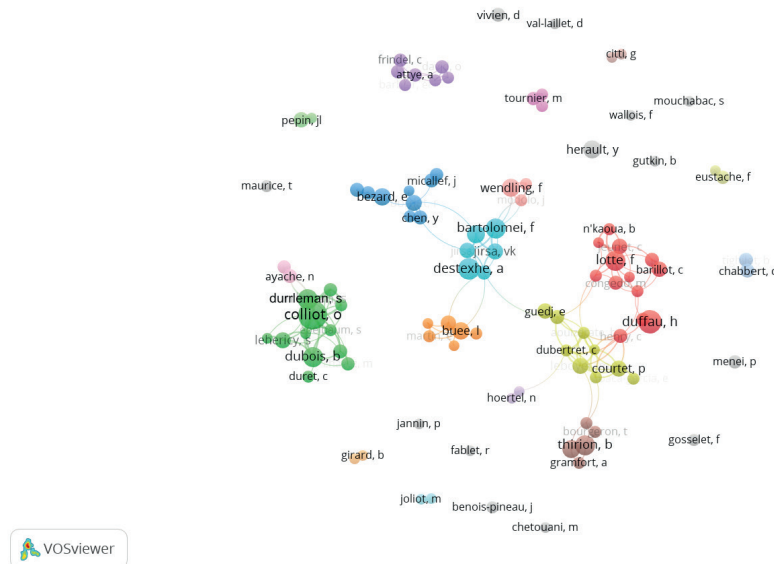


Figure 4 – Cartographie des chercheurs français (articles avec adresse française en Corresponding Author)

Cette cartographie permet d'identifier les équipes françaises publiant sur la thématique. Elle permet également de disposer d'information pour la recherche de collaborations. On retrouve sur cette carte les principaux experts de la recherche sur cette thématique :

- **Olivier COLLIOT** et **Stanley DURRLEMAN** (Paris)
- **Caroline DUBERTRET** (Paris)
- **Hugues DUFFAU** (Montpellier)
- **Luc BUÉE** (Lille)
- **Alain DESTEXHE** (Paris)
- **Fabrice BARTOLOMEI** (Marseille)
- **Erwan BEZARD** (Bordeaux)
- **Fabrice WENDLING** (Rennes)
- **Fabien LOTTE** (Bordeaux)

E Analyse des Citations Topics

La classification « **Citations Topics** » est une classification des publications réalisée à l'aide d'un algorithme développé par le CWTS à Leiden. Il s'agit d'une classification hiérarchique à trois niveaux (Macro, Meso et Micro) basée sur les réseaux de citations entre les publications. Le niveau Micro, le plus fin, contient 2 488 thématiques. Cette classification est basée sur les articles et non les revues, elle est plus informative que d'autres classifications disponibles dans Web of Science et InCites.

La **Figure 5** fournit l'évolution des principaux Micro Topics sur les 4 périodes de 5 ans. Le **Tableau 4** donne, pour les 20 principaux Micro Topics de la thématique (classement mondial sur P4 2017-2021), le nombre de publications, le pourcentage et le rang de chaque Micro Topics sur la première et dernière période, ainsi que l'évolution en 20 ans. Il fournit également, pour la dernière période, les données pour le Monde, la France et l'Europe. Ces données permettent de positionner la France par rapport à l'Europe et au Monde.

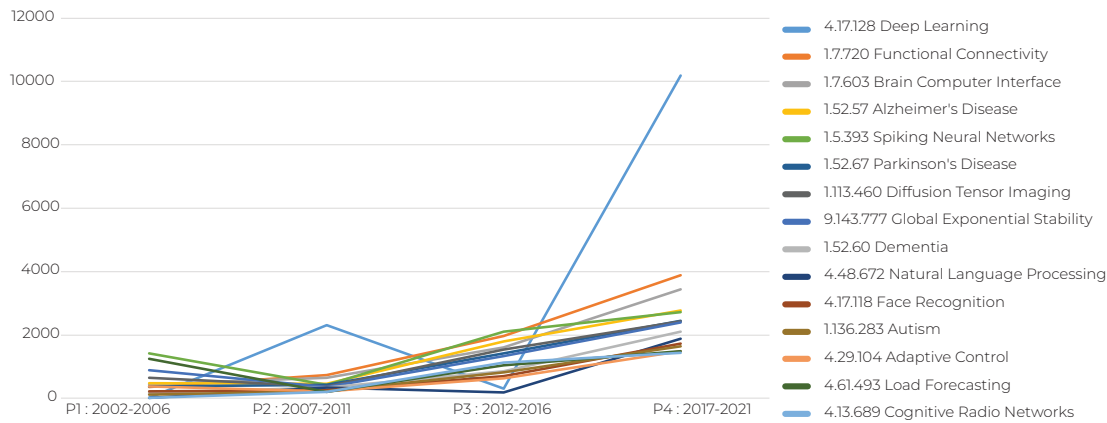


Figure 5 – Évolution des principaux Micro Topics sur les 4 périodes de 5 ans

Sur les 20 dernières années, on remarque la très forte augmentation du terme Deep Learning. On retrouve ensuite les termes Functional Connectivity et Brain Computer. À noter les termes relatifs à la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson, l'autisme et l'AVC.

On remarque que la France affiche en premiers rangs les mêmes topics que ceux de l'Europe et du monde.

Micro Citation Topics	Total Monde 2002-2021	Monde P1 : 2002-2006			Monde P4 : 2017-2021			Ratio Monde P4 / P1	France P4 : 2017-2021			Europe P4 : 2017-2021		
		Nb Pubs	Part	Rang	Nb Pubs	Part	Rang		Nb Pubs	Part	Rang	Nb Pubs	Part	Rang
Baseline	339 648	34 254			176 838			5.2	5 849			52 105		
4.17.128 Deep Learning	10 561	22	0.1	213	10184	5.8	1	462.9	234	4.0	1	2212	4.2	1
1.7.720 Functional Connectivity	6 954	357	1.0	12	3887	2.2	2	10.9	182	3.1	3	1547	3.0	2
1.7.603 Brain Computer Interface	6 292	451	1.3	8	3439	1.9	3	7.6	145	2.5	5	1159	2.2	4
1.52.57 Alzheimer's Disease	6 086	480	1.4	6	2771	1.6	4	5.8	119	2.0	6	839	1.6	6
1.5.393 Spiking Neural Networks	7 925	1421	4.1	1	2726	1.5	5	1.9	234	4.0	1	1180	2.3	3
1.52.67 Parkinson's Disease	5 084	378	1.1	10	2446	1.4	6	6.5	92	1.6	8	818	1.6	7
1.113.460 Diffusion Tensor Imaging	5 543	645	1.9	4	2434	1.4	7	3.8	170	2.9	4	928	1.8	5
9.143.777 Global Exponential Stability	5 574	883	2.6	3	2403	1.4	8	2.7	16	0.3	68	225	0.4	37
1.52.60 Dementia	3 502	176	0.5	34	2107	1.2	9	12.0	112	1.9	7	797	1.5	8
4.48.672 Natural Language Processing	2 103	15	0.0	157	1880	1.1	10	125.3	19	0.3	59	316	0.6	26
4.17.118 Face Recognition	2 950	216	0.6	23	1727	1.0	11	8.0	33	0.6	30	284	0.5	29
1.136.283 Autism	2 926	120	0.4	53	1649	0.9	12	13.7	54	0.9	12	537	1.0	9
4.29.104 Adaptive Control	2 939	370	1.1	11	1489	0.8	13	4.0	6	0.1	154	149	0.3	70
4.61.493 Load Forecasting	4 794	1253	3.7	2	1482	0.8	14	1.2	15	0.3	71	326	0.6	24
4.13.689 Cognitive Radio Networks	2 860	13	0.0	159	1433	0.8	15	110.2	29	0.5	35	203	0.4	44
1.134.286 Traumatic Brain Injury	2 605	176	0.5	34	1372	0.8	16	7.8	33	0.6	30	327	0.6	23
4.61.145 Feature Selection	2 912	444	1.3	9	1231	0.7	17	2.8	19	0.3	59	285	0.5	28
1.105.142 Stroke	2 456	256	0.7	19	1162	0.7	18	4.5	42	0.7	20	321	0.6	25
1.43.135 Neuropathic Pain	3 143	455	1.3	7	1125	0.6	19	2.5	37	0.6	24	300	0.6	27
4.169.91 NDVI	1 336	58	0.2	100	1078	0.6	20	18.6	47	0.8	17	258	0.5	34

Tableau 4 – Évolution, par période et par pays, des Citations Topics Micros