

Comment naissent les innovations de rupture ?

**Annexes :
données sources et traitements statistiques**

Vincent Charlet
Version 3 du 16 janvier 2025

Sommaire

ANNEXE A – BREVETS DE RUPTURE.....	3
ANNEXE B – CITATIONS DE BREVETS ET HORS BREVETS	10
ANNEXE C – BREVETS ET CITATIONS PAR PAYS.....	33
ANNEXE D – MATRICES DE CITATIONS ENTRE PAYS.....	41
ANNEXE E – NOMBRE MOYEN DE CITATIONS PAR DECILE	53
ANNEXE F – PUBLICATIONS ET CITATIONS PAR PANEL DE L’ERC	63
ANNEXE G – OCCURRENCE DES « TOP PAPERS »	65
ANNEXE H – PART MONDIALE DE PUBLICATION ET INDICE DE SPECIALISATION, PAR DOMAINE ET PAR PAYS	72
ANNEXE I – PRINCIPAUX DESCRIPTEURS DES DOUZE TECHNOLOGIES DE RUPTURE	78
ANNEXE J – FUITE ET CAPTATION DE LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE PAR LES DEPOSANTS DE BREVETS.....	81
ANNEXE K – DE QUOI LES BREVETS DE RUPTURE SONT-ILS LE SIGNE ?	92
ANNEXE L – LES PARTICULARISMES NATIONAUX NETTEMENT PLUS PREGNANTS QUE LES PARTICULARISMES TECHNOLOGIQUES.....	106
ANNEXE M – À LA RECHERCHE DE LIENS DE CAUSALITE AU SEIN DU PROCESSUS D’INNOVATION	116

Annexe A – Brevets de rupture

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe A dénombre les familles de brevets déposées, dans chacune des douze technologies de rupture de notre échantillon, par pays déposant ou par année de dépôt entre 2010 et 2021.

Pour plus d'information sur le contour et l'identification de ces familles de brevets, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Brevets de rupture par année

Tableau A-1. Nombre de familles de brevets déposés dans deux offices ou plus, 2010-2021

Année	H ₂ transp.	Batt. VE	PV	Écol. en mer	Recy. métx strat.	SAF	Nano-élec.	Spintro	Ordi. quant.	ARNm	Acier BC	Recy. bio. plast.
2010	778	384	4 701	109	481	44	388	304	30	129	252	148
2011	799	851	4 687	117	440	42	502	315	33	156	280	173
2012	901	1 195	4 006	98	495	41	460	306	40	153	299	153
2013	876	1 293	3 563	70	480	29	478	276	58	164	294	162
2014	874	1 400	3 246	63	475	14	504	304	112	148	270	151
2015	755	1 381	3 227	65	488	11	493	324	157	185	296	151
2016	855	1 489	3 397	71	516	15	523	301	170	216	353	174
2017	822	1 652	3 461	107	498	14	542	363	225	221	310	169
2018	894	1 999	3 482	119	564	10	492	380	333	262	392	224
2019	819	2 164	3 051	113	656	18	521	360	444	299	509	386
2020	889	2 313	2 611	162	748	25	606	366	630	357	522	620
2021	694	2 464	1 877	176	767	45	559	308	712	474	502	615
Total	9 935	18 582	41 241	1 267	6 596	307	6 061	3 901	2 942	2 763	4 273	3 121

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI.

Lecture des données : 778 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), pour protéger une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports.

Premiers pays déposants – hydrogène pour les transports

Tableau A-2. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	3 266	33 %
2	Etats-Unis	1 632	16 %
3	Corée du Sud	1 505	15 %
4	Allemagne	1 504	15 %
5	France	471	5 %
6	Chine	452	5 %
7	Royaume-Uni	267	3 %
8	Suisse	132	1 %
9	Canada	118	1 %
	Reste du monde	946	10 %
	TOTAL	9 935	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 3 266 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports. Cela représente 33 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – batteries pour véhicules électriques

Tableau A-3. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	5 843	31 %
2	Corée du Sud	3 996	22 %
3	Allemagne	3 255	18 %
4	Etats-Unis	2 578	14 %
5	Chine	1 738	9 %
6	France	469	3 %
7	Royaume-Uni	274	1 %
8	Suède	181	1 %
9	Autriche	123	1 %
	Reste du monde	777	4 %
	TOTAL	18 582	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 5 843 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante relevant des batteries pour véhicules électriques. Cela représente 31 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – photovoltaïque

Tableau A-4. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	9 889	24 %
2	Corée du Sud	6 913	17 %
3	Chine	6 769	16 %
4	Etats-Unis	6 723	16 %
5	Allemagne	3 517	9 %
6	Taiwan	1 762	4 %
7	France	1 448	4 %
8	Royaume-Uni	681	2 %
9	Italie	639	2 %
	Reste du monde	5 098	12 %
	TOTAL	41 241	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 9 889 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque. Cela représente 24 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – éoliennes en mer

Tableau A-5. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Danemark	165	13 %
2	Allemagne	151	12 %
3	Etats-Unis	129	10 %
4	Pays-Bas	118	9 %
5	Chine	103	8 %
6	France	98	8 %
7	Norvège	91	7 %
8	Japon	79	6 %
9	Corée du Sud	79	6 %
	Reste du monde	297	23 %
	TOTAL	1 267	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 165 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Danemark et souhaitant protéger une technologie innovante concernant les éoliennes en mer. Cela représente 13 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – recyclage des métaux stratégiques

Tableau A-6. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	1 494	23 %
2	Chine	1 123	17 %
3	Etats-Unis	881	13 %
4	Allemagne	524	8 %
5	Corée du Sud	389	6 %
6	Canada	283	4 %
7	France	233	4 %
8	Australie	229	3 %
9	Finlande	208	3 %
	Reste du monde	1 454	22 %
	TOTAL	6 596	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 494 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégiques. Cela représente 23 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – carburants durables pour le secteur aérien

Tableau A-7. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Etats-Unis	150	49 %
2	Finlande	25	8 %
3	Royaume-Uni	24	8 %
4	Pays-Bas	20	7 %
5	France	18	6 %
6	Chine	16	5 %
7	Japon	14	5 %
8	Canada	12	4 %
9	Allemagne	12	4 %
	Reste du monde	44	14 %
	TOTAL	307	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 150 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse aux États-Unis et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine des carburants durables pour le transport aérien. Cela représente 49 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – nanoélectronique

Tableau A-8. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Etats-Unis	1 633	27 %
2	Chine	1 047	17 %
3	Corée du Sud	1 004	17 %
4	Japon	899	15 %
5	Taiwan	681	11 %
6	Allemagne	171	3 %
7	France	168	3 %
8	Royaume-Uni	136	2 %
9	Pays-Bas	107	2 %
	Reste du monde	658	11 %
	TOTAL	6 061	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 633 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse aux États-Unis et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique. Cela représente 27 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – spintronique

Tableau A-9. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	1 128	29 %
2	Etats-Unis	996	26 %
3	Corée du Sud	562	14 %
4	Chine	350	9 %
5	Taiwan	286	7 %
6	Allemagne	203	5 %
7	France	162	4 %
8	Pays-Bas	67	2 %
9	Belgique	44	1 %
	Reste du monde	215	6 %
	TOTAL	3 901	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 128 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de la spintronique. Cela représente 29 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – ordinateur quantique

Tableau A-10. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Etats-Unis	1 388	47 %
2	Japon	353	12 %
3	Chine	321	11 %
4	Canada	156	5 %
5	Royaume-Uni	132	4 %
6	Corée du Sud	101	3 %
7	France	100	3 %
8	Allemagne	85	3 %
9	Finlande	50	2 %
	Reste du monde	359	12 %
	TOTAL	2 942	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 388 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse aux États-Unis et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique. Cela représente 47 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – ARN messenger

Tableau A-11. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Etats-Unis	1 437	52 %
2	Chine	252	9 %
3	Japon	227	8 %
4	Corée du Sud	225	8 %
5	Allemagne	161	6 %
6	Suisse	98	4 %
7	France	72	3 %
8	Royaume-Uni	64	2 %
9	Danemark	56	2 %
	Reste du monde	386	14 %
	TOTAL	2 763	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 437 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse aux États-Unis et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messenger. Cela représente 52 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – acier bas carbone

Tableau A-12. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	1 269	30 %
2	Chine	522	12 %
3	Allemagne	463	11 %
4	Etats-Unis	461	11 %
5	Corée du Sud	343	8 %
6	Autriche	145	3 %
7	Italie	112	3 %
8	Canada	105	2 %
9	France	95	2 %
	Reste du monde	870	20 %
	TOTAL	4 273	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 1 269 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'acier bas carbone. Cela représente 30 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Premiers pays déposants – recyclage biologique des plastiques

Tableau A-13. Familles de brevets selon l'adresse des titulaires ou déposants, 2010-2021

Rang	Pays	Nombre de familles de brevets	%
1	Japon	580	19 %
2	Etats-Unis	549	18 %
3	Allemagne	319	10 %
4	Chine	235	8 %
5	Corée du Sud	182	6 %
6	France	166	5 %
7	Italie	140	4 %
8	Pays-Bas	134	4 %
9	Autriche	127	4 %
	Reste du monde	802	26 %
	TOTAL	3 121	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, calculs OST-Hcéres

Note : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : 580 familles de brevets ont été déposées dans le monde entre 2010 et 2021, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant ayant son adresse au Japon et souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques. Cela représente 19 % du nombre total de familles de brevets déposées dans ce domaine technologique par des déposants du monde entier.

Annexe B – Citations de brevets et hors brevets

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe B présente deux tableaux pour chacune des 12 technologies de rupture de notre échantillon.

Le premier dénombre, pour chaque année entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans le monde et les citations que ceux-ci contiennent. Un déposant de brevet peut en effet citer divers documents pour documenter et justifier sa demande de protection : il cite le plus souvent d'autres brevets mais il peut également faire référence à de la littérature dite « hors brevets », au sein de laquelle se trouvent des articles scientifiques répertoriés dans le *Web of Science* (WoS). Plusieurs colonnes apparaissent donc dans les tableaux ci-dessous, dénombrant respectivement : les nombres de citations pointant vers des brevets et des familles de brevets antérieurs, le nombre de citations pointant vers des documents « hors brevets » et le nombre de citations pointant plus particulièrement vers des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Le second tableau, pour chacune des douze technologies de rupture, dénombre les liens de citation entre les familles de brevets de rupture et les articles scientifiques repérés dans le WoS, ces derniers étant ventilés par grand domaine scientifique – plus précisément par panel thématique du Conseil européen pour la recherche (ERC).

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Hydrogène pour les transports

Tableau B-1. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	778	17 520	15 150	1 153	700	61 %
2011	799	14 816	12 856	975	525	54 %
2012	901	17 619	15 286	1 110	698	63 %
2013	876	18 287	15 671	1 679	1 016	61 %
2014	874	15 660	13 449	970	602	62 %
2015	755	13 830	12 081	806	507	63 %
2016	855	16 002	14 016	765	486	64 %
2017	822	14 367	12 361	483	318	66 %
2018	894	14 225	12 719	528	296	56 %
2019	819	9 521	8 722	379	249	66 %
2020	889	8 388	7 741	532	359	67 %
2021	694	4 339	4 161	268	183	68 %
Total	9 935	136 599	113 910	8 871	5 438	61 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 778 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports. Ces 778 familles de brevets contenaient ensemble 17 520 citations vers des brevets antérieurs (et 15 150 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 1 153 citations vers des documents « hors brevets », dont 700 (soit 61 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-2. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	901	3 121	58,3 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	282	421	7,9 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	130	254	4,7 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	97	211	3,9 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	59	182	3,4 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	29	175	3,3 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	90	147	2,7 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	57	139	2,6 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	27	116	2,2 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	23	109	2,0 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	10	95	1,8 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	43	70	1,3 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	48	67	1,3 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	36	62	1,2 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	30	59	1,1 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	8	46	0,9 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	6	26	0,5 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	7	14	0,3 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	4	11	0,2 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	7	9	0,2 %
MATHEMATICS	PE1	7	7	0,1 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	3	3	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	3	3	0,1 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	2	2	0,0 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	1	1	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	2	1	0,0 %
Total		1 322	5 351	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 322 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports, ont cité en référence un ensemble de 5 351 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 901 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 3 121 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *physical and analytical chemical sciences* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE4 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Batteries pour véhicules électriques

Tableau B-3. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	384	8 016	6 761	168	94	56 %
2011	851	13 150	10 878	438	253	58 %
2012	1 195	17 686	14 302	857	562	66 %
2013	1 293	21 272	17 066	1 001	657	66 %
2014	1 400	22 150	17 779	1 226	929	76 %
2015	1 381	23 881	19 032	1 000	644	64 %
2016	1 489	24 518	20 079	787	580	74 %
2017	1 652	28 928	23 532	810	548	68 %
2018	1 999	27 867	23 146	459	311	68 %
2019	2 164	27 352	23 454	739	453	61 %
2020	2 313	20 353	17 899	503	326	65 %
2021	2 464	12 473	11 657	162	113	70 %
Total	18 582	173 141	132 218	7 150	4 721	66 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 384 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine des batteries pour véhicules électriques. Ces 384 familles de brevets contenaient ensemble 8 016 citations vers des brevets antérieurs (et 6 761 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 168 citations vers des documents « hors brevets », dont 94 (soit 56 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-4. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	1 230	3 652	78,3 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	181	211	4,5 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	104	173	3,7 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	112	139	3,0 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	84	109	2,3 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	58	60	1,3 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	17	60	1,3 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	31	58	1,2 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	11	34	0,7 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	16	26	0,6 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	11	26	0,6 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	7	22	0,5 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	20	21	0,5 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	7	17	0,4 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	10	13	0,3 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	9	10	0,2 %
MATHEMATICS	PE1	5	9	0,2 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	5	6	0,1 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	6	6	0,1 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	3	3	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	3	3	0,1 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	3	2	0,0 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	1	1	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	2	1	0,0 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	1	1	0,0 %
Total		1 500	4 663	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 500 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine des batteries pour véhicules électriques, ont cité en référence un ensemble de 4 663 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 1 230 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 3 652 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *physical and analytical chemical sciences* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE4 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Photovoltaïque

Tableau B-5. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	4 697	55 794	46 667	8 172	4 795	59 %
2011	4 671	54 278	44 890	7 097	4 439	63 %
2012	3 993	53 153	44 279	6 847	4 241	62 %
2013	3 556	51 745	42 778	6 590	4 240	64 %
2014	3 237	45 687	37 780	5 827	3 744	64 %
2015	3 220	50 324	42 210	5 716	3 896	68 %
2016	3 396	52 172	43 821	4 824	3 364	70 %
2017	3 455	51 172	43 119	4 962	3 507	71 %
2018	3 479	43 659	37 472	4 062	2 842	70 %
2019	3 050	39 182	34 744	3 366	2 393	71 %
2020	2 610	24 508	22 580	1 969	1 385	70 %
2021	1 877	13 261	12 652	1 019	779	76 %
Total	41 241	358 395	284 179	47 306	30 741	65 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 4 701 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque. Ces 4 701 familles de brevets contenaient ensemble 55 794 citations vers des brevets antérieurs (et 46 667 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 8 172 citations vers des documents « hors brevets », dont 4 795 (soit 59 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-6. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	5 845	16 014	52,8 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	2 455	2 874	9,5 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	1 133	2 268	7,5 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	1 396	2 243	7,4 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	1 303	1 987	6,5 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	1 425	1 767	5,8 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	843	1 448	4,8 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	270	348	1,1 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	65	186	0,6 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	115	168	0,6 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	96	168	0,6 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	171	165	0,5 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	110	148	0,5 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	79	129	0,4 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	29	106	0,3 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	78	95	0,3 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	34	59	0,2 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	28	32	0,1 %
MATHEMATICS	PE1	30	32	0,1 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	26	29	0,1 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	18	26	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	20	19	0,1 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	17	9	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	15	9	0,0 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	11	5	0,0 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	4	3	0,0 %
STUDY OF THE HUMAN PAST	SH6	1	1	0,0 %
Total		9 675	30 338	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 9 675 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque, ont cité en référence un ensemble de 30 338 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 5 845 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 16 014 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *physical and analytical chemical sciences* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE4 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Éoliennes en mer

Tableau B-7. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	109	1 332	1 179	15	3	20 %
2011	117	1 655	1 462	18	5	28 %
2012	98	1 173	1 013	32	4	13 %
2013	70	829	733	13	3	23 %
2014	63	940	823	5	1	20 %
2015	65	1 037	938	11	4	36 %
2016	71	1 166	1 012	10	3	30 %
2017	107	1 507	1 355	12	3	25 %
2018	119	1 575	1 394	46	19	41 %
2019	113	1 382	1 256	14	4	29 %
2020	162	1 199	1 083	16	7	44 %
2021	176	1 269	1 185	6	2	33 %
Total	1 267	10 953	9 228	193	55	28 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 109 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine des éoliennes en mer. Ces 109 familles de brevets contenaient ensemble 1 332 citations vers des brevets antérieurs (et 1 179 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 15 citations vers des documents « hors brevets », dont 3 (soit 20 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-8. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	27	40	78 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	6	7	14 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	1	1	2 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	1	1	2 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	1	1	2 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	1	1	2 %
Total		34	51	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 34 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine des éoliennes en mer, ont cité en référence un ensemble de 51 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 27 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 40 articles parus dans des

journaux scientifiques relevant du domaine « *products and process engineering* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE8 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Recyclage des métaux stratégiques

Tableau B-9. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	481	8 027	7 031	905	405	45 %
2011	439	7 407	6 502	1 040	498	48 %
2012	493	6 525	5 689	543	260	48 %
2013	479	6 991	6 186	1 010	522	52 %
2014	472	8 213	7 017	876	447	51 %
2015	487	7 551	6 563	1 119	615	55 %
2016	514	6 576	5 779	1 108	610	55 %
2017	497	6 948	6 193	1 249	728	58 %
2018	564	6 578	5 904	632	400	63 %
2019	655	6 887	6 279	809	438	54 %
2020	748	6 291	5 939	847	582	69 %
2021	767	5 173	5 034	468	334	71 %
Total	6 596	68 774	58 678	9 177	5 123	56 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 481 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégiques. Ces 481 familles de brevets contenaient ensemble 8 027 citations vers des brevets antérieurs (et 7 031 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 905 citations vers des documents « hors brevets », dont 405 (soit 45 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-10. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	768	1 726	34 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	645	826	16 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	359	553	11 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	376	531	11 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	221	364	7 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	146	249	5 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	75	186	4 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	81	142	3 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	55	114	2 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	33	86	2 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	26	60	1 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	13	55	1 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	12	37	1 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	23	23	0 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	14	15	0 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	23	15	0 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	12	14	0 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	12	12	0 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	9	9	0 %
MATHEMATICS	PE1	6	7	0 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	6	6	0 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	5	5	0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	2	2	0 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	2	2	0 %
Total		1 761	5 039	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 761 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégiques, ont cité en référence un ensemble de 5 039 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 768 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 1 726 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *physical and analytical chemical sciences* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE4 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Carburants durables pour le secteur aérien

Tableau B-11. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	44	1 626	1 370	760	391	51 %
2011	42	995	872	464	240	52 %
2012	41	1 220	1 012	602	296	49 %
2013	29	900	783	485	263	54 %
2014	14	308	261	24	10	42 %
2015	11	159	149	20	7	35 %
2016	15	311	285	20	11	55 %
2017	14	296	275	95	84	88 %
2018	10	141	118	23	13	57 %
2019	18	354	332	14	9	64 %
2020	25	604	557	52	25	48 %
2021	45	348	332	19	13	68 %
Total	307	5 846	5 063	1 574	858	55 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 44 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine des carburants durables pour le transport aérien. Ces 44 familles de brevets contenaient ensemble 1 626 citations vers des brevets antérieurs (et 1 370 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 760 citations vers des documents « hors brevets », dont 391 (soit 51 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-12. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	61	327	38,7 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	68	179	21,2 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	57	171	20,2 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	15	51	6,0 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	8	25	3,0 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	5	19	2,2 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	14	17	2,0 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	10	16	1,9 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	5	10	1,2 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	3	9	1,1 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	5	6	0,7 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	4	4	0,5 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	3	3	0,4 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	5	3	0,4 %
MATHEMATICS	PE1	2	2	0,2 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	10	2	0,2 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	1	1	0,1 %
Total		134	845	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 134 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine des carburants durables pour le transport aérien, ont cité en référence un ensemble de 845 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 61 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 327 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *biotechnology and biosystems engineering* », c'est-à-dire le panel thématique n°LS9 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Nanoélectronique

Tableau B-13. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	388	6 485	5 487	2 612	1 901	73 %
2011	502	7 362	6 404	2 840	2 187	77 %
2012	460	6 547	5 669	2 247	1 692	75 %
2013	478	9 522	8 396	2 603	1 892	73 %
2014	504	8 044	6 968	2 577	1 939	75 %
2015	493	8 888	7 642	2 479	1 814	73 %
2016	523	10 052	8 740	3 269	2 573	79 %
2017	542	8 635	7 567	2 163	1 733	80 %
2018	492	6 315	5 557	1 779	1 387	78 %
2019	521	6 690	5 966	993	781	79 %
2020	606	10 971	10 153	1 536	1 135	74 %
2021	559	3 629	3 485	778	583	75 %
Total	6 061	73 975	61 925	22 586	17 044	75 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont

dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 388 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique. Ces 388 familles de brevets contenaient ensemble 6 485 citations vers des brevets antérieurs (et 5 487 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 2 612 citations vers des documents « hors brevets », dont 1 901 (soit 73 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-14. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	2 086	9 164	54,7 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	590	1 500	9,0 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	370	720	4,3 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	217	716	4,3 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	323	698	4,2 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	233	653	3,9 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	114	575	3,4 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	264	500	3,0 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	114	475	2,8 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	147	473	2,8 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	249	393	2,3 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	86	225	1,3 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	76	180	1,1 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	76	157	0,9 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	70	88	0,5 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	48	86	0,5 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	47	81	0,5 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	14	15	0,1 %
MATHEMATICS	PE1	14	13	0,1 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	6	13	0,1 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	6	6	0,0 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	4	4	0,0 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	3	3	0,0 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	2	2	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	1	1	0,0 %
Total		2 716	16 741	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 2 716 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique, ont cité en référence un ensemble de 16 741 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 2 086 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 9 164 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *physical and analytical chemical sciences* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE4 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Spintronique

Tableau B-15. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	303	4 456	3 652	545	355	65 %
2011	314	4 381	3 551	534	374	70 %
2012	305	5 066	4 212	573	374	65 %
2013	275	5 735	4 891	511	320	63 %
2014	304	7 067	5 919	818	586	72 %
2015	323	6 757	5 533	846	630	74 %
2016	301	6 310	5 309	848	622	73 %
2017	362	5 729	4 757	522	391	75 %
2018	380	6 599	5 523	616	408	66 %
2019	360	5 143	4 422	457	346	76 %
2020	366	3 597	3 189	342	268	78 %
2021	308	1 783	1 666	257	190	74 %
Total	3 901	37 594	29 098	4 743	3 307	70 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 304 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de la spintronique. Ces 304 familles de brevets contenaient ensemble 4 456 citations vers des brevets antérieurs (et 3 652 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 545 citations vers des documents « hors brevets », dont 355 (soit 65 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-16. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	1 044	2 052	63,1 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	364	403	12,4 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	121	262	8,1 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	60	142	4,4 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	48	112	3,4 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	140	62	1,9 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	65	45	1,4 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	27	36	1,1 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	6	28	0,9 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	8	21	0,6 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	13	17	0,5 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	18	15	0,5 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	9	13	0,4 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	9	9	0,3 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	4	8	0,2 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	8	7	0,2 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	5	5	0,2 %
MATHEMATICS	PE1	5	4	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	4	4	0,1 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	5	3	0,1 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	2	2	0,1 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	1	1	0,0 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	1	1	0,0 %
Total		1 331	3 252	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 331 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine de la spintronique, ont cité en référence un ensemble de 3 252 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 1 044 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 2 052 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *condensed matter physics* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE3 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Ordinateur quantique

Tableau B-17. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	30	351	311	347	178	51 %
2011	33	433	381	228	171	75 %
2012	40	367	330	280	197	70 %
2013	58	715	649	629	399	63 %
2014	112	2 099	1 761	990	584	59 %
2015	157	2 456	2 054	2 040	1 172	57 %
2016	170	2 431	2 093	1 465	912	62 %
2017	225	3 037	2 541	2 256	1 394	62 %
2018	333	3 378	2 879	2 699	1 741	65 %
2019	444	3 062	2 651	2 384	1 486	62 %
2020	630	3 390	2 969	2 254	1 447	64 %
2021	712	2 509	2 297	1 578	1 023	65 %
Total	2 942	16 657	14 096	11 969	7 153	60 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 30 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique. Ces 30 familles de brevets contenaient ensemble 351 citations vers des brevets antérieurs (et 311 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 347 citations vers des documents « hors brevets », dont 178 (soit 51 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-18. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	1 358	3 480	49,4 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	706	1 454	20,6 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	330	491	7,0 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	275	482	6,8 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	249	339	4,8 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	63	197	2,8 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	81	104	1,5 %
MATHEMATICS	PE1	109	102	1,4 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	31	65	0,9 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	10	54	0,8 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	20	51	0,7 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	15	43	0,6 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	5	35	0,5 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	26	32	0,5 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	9	30	0,4 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	12	27	0,4 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	16	19	0,3 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	14	11	0,2 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	6	9	0,1 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	3	8	0,1 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	5	6	0,1 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	2	2	0,0 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	3	2	0,0 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	1	1	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	1	1	0,0 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	2	1	0,0 %
Total		1 859	7 046	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 859 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique, ont cité en référence un ensemble de 7 046 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 1 358 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 3 480 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *fundamental constituents of matter* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE2 du Conseil européen de la recherche (ERC).

ARN messenger

Tableau B-19. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	129	4 031	3 024	3 950	2 366	60 %
2011	156	6 013	4 515	6 272	3 870	62 %
2012	153	7 269	5 238	6 611	4 337	66 %
2013	164	8 019	6 172	8 293	5 659	68 %
2014	148	6 062	4 279	6 010	4 405	73 %
2015	185	5 211	3 709	5 098	3 785	74 %
2016	216	6 089	4 437	5 396	4 071	75 %
2017	221	5 584	4 114	5 342	3 856	72 %
2018	262	5 027	3 840	3 705	2 790	75 %
2019	299	3 991	3 229	3 407	2 599	76 %
2020	357	3 820	3 190	4 783	3 454	72 %
2021	474	3 412	2 913	3 197	2 376	74 %
Total	2 763	36 077	26 271	42 259	30 348	72 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 129 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messenger. Ces 129 familles de brevets contenaient ensemble 4 031 citations vers des brevets antérieurs (et 3 024 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 3 950 citations vers des documents « hors brevets », dont 2 366 (soit 60 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-20. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	1 196	5 874	20,1 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	1 104	4 779	16,3 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	1 234	4 515	15,4 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	1 145	3 852	13,2 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	1 148	3 178	10,9 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	860	2 699	9,2 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	483	1 908	6,5 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	432	894	3,1 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	346	703	2,4 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	484	582	2,0 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	28	56	0,2 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	29	37	0,1 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	44	24	0,1 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	16	20	0,1 %
MATHEMATICS	PE1	16	19	0,1 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	25	17	0,1 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	16	16	0,1 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	12	13	0,0 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	18	13	0,0 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	9	8	0,0 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	8	8	0,0 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	6	6	0,0 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	4	4	0,0 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	3	3	0,0 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	2	2	0,0 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	3	2	0,0 %
Total		2 348	29 232	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 2 348 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messager, ont cité en référence un ensemble de 29 232 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 1 196 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 5 874 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *immunity, infection and immunotherapy* », c'est-à-dire le panel thématique n°LS6 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Acier bas carbone

Tableau B-21. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	252	4 406	3 932	167	58	35 %
2011	280	5 479	4 841	309	134	43 %
2012	299	4 801	4 209	204	81	40 %
2013	294	5 215	4 522	545	230	42 %
2014	270	5 602	4 859	399	196	49 %
2015	296	5 153	4 434	453	228	50 %
2016	353	5 384	4 597	271	136	50 %
2017	310	4 944	4 298	621	377	61 %
2018	392	5 675	4 933	341	182	53 %
2019	509	6 097	5 491	357	180	50 %
2020	522	4 792	4 508	594	384	65 %
2021	502	3 868	3 751	218	149	68 %
Total	4 273	52 699	44 471	4 087	2 105	52 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 252 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine de l'acier bas carbone. Ces 252 familles de brevets contenaient ensemble 4 406 citations vers des brevets antérieurs (et 3 932 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 167 citations vers des documents « hors brevets », dont 58 (soit 35 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-22. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
MATERIALS ENGINEERING	PE11	429	835	40,4 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	189	402	19,5 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	200	328	15,9 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	107	195	9,4 %
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	50	60	2,9 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	33	42	2,0 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	33	38	1,8 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	15	30	1,5 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	14	29	1,4 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	11	20	1,0 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	15	18	0,9 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	4	14	0,7 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	1	13	0,6 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	6	7	0,3 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	7	7	0,3 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	6	6	0,3 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	3	4	0,2 %
MATHEMATICS	PE1	3	4	0,2 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	3	3	0,1 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	4	3	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	3	3	0,1 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	2	2	0,1 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	1	1	0,0 %
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	1	1	0,0 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	1	1	0,0 %
Total		736	2 066	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 736 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'acier bas carbone, ont cité en référence un ensemble de 2 066 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 429 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 835 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *materials engineering* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE11 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Recyclage biologique des plastiques

Tableau B-23. Citations par les brevets de rupture (brevets et hors brevets), 2010-2021

Année	Familles de brevets de rupture	Citations de brevets*	Citations de familles de brevets*	Citations hors brevets**	Citations hors brevets WoS***	Part des citations hors brevets identifiables dans la base WoS
2010	148	1 902	1 736	116	34	29 %
2011	173	2 594	2 269	140	54	39 %
2012	153	2 208	1 993	212	108	51 %
2013	162	2 635	2 368	270	157	58 %
2014	151	2 215	1 967	265	145	55 %
2015	151	2 539	2 269	242	130	54 %
2016	174	2 657	2 314	270	153	57 %
2017	169	2 858	2 487	252	126	50 %
2018	224	3 030	2 652	348	221	64 %
2019	386	4 165	3 745	508	302	59 %
2020	620	5 834	5 400	880	541	62 %
2021	615	4 024	3 837	404	274	68 %
Total	3 121	29 884	25 925	3 349	1 913	57 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base ROS 2024, base OpenAlex 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Elles sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt, chaque cotitulaire compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

* Citations pointant vers d'autres brevets : références aux technologies antérieures pertinentes, protégées ou décrites dans d'autres brevets déposés.

** Citations pointant vers de la littérature dite « hors brevets » : publications scientifiques, actes de colloque, ouvrages, etc.

*** Citation pointant vers des articles scientifiques identifiés dans la base *Web of Science*, qui contient les publications datant de 1999 à aujourd'hui.

Lecture des données : 148 familles de brevets ont été déposées dans le monde en 2010, dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), par un déposant souhaitant protéger une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques. Ces 148 familles de brevets contenaient ensemble 1 902 citations vers des brevets antérieurs (et 1 736 citations vers des familles de brevets antérieures), ainsi que 116 citations vers des documents « hors brevets », dont 34 (soit 29 %) sont des articles scientifiques identifiés dans le WoS.

Tableau B-24. Nombre de publications scientifiques citées par les brevets, par discipline (selon les panels de l'ERC)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles citantes	Nombre de citations dans le WoS	%
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	296	514	27,3 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	224	323	17,2 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	117	249	13,2 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	141	238	12,7 %
MATERIALS ENGINEERING	PE11	143	186	9,9 %
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	55	63	3,3 %
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	33	63	3,3 %
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	36	62	3,3 %
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	40	51	2,7 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	18	30	1,6 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	13	24	1,3 %
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	19	19	1,0 %
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	7	18	1,0 %
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	4	11	0,6 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	12	9	0,5 %
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	4	4	0,2 %
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	4	4	0,2 %
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	4	4	0,2 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	3	2	0,1 %
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	3	2	0,1 %
CULTURES AND CULTURAL PRODUCTION	SH5	1	1	0,1 %
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	1	1	0,1 %
MATHEMATICS	PE1	1	1	0,1 %
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	1	1	0,1 %
UNIVERSE SCIENCES	PE9	1	1	0,1 %
Total		680	1 881	100,0 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Note : on rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées entre 2010 et 2021 (l'année 2021 étant complète à 95 %) dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les citations dans le WoS ne sont comptées qu'une fois (la somme des lignes est égale au total indiqué au bas du tableau). Une famille de brevets pouvant citer en référence plusieurs articles relevant de domaines différents, le décompte des familles citantes n'est pas additif.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 680 familles de brevets déposées dans le monde dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques, ont cité en référence un ensemble de 1 881 articles scientifiques à l'appui de leur demande de protection. Parmi elles, 296 familles de brevets ont cité en référence un ensemble de 524 articles parus dans des journaux scientifiques relevant du domaine « *synthetic chemistry and materials* », c'est-à-dire le panel thématique n°PE5 du Conseil européen de la recherche (ERC).

Annexe C – Brevets et citations par pays

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe C montre, pour chacune des 12 technologies de rupture de notre échantillon, la ventilation par pays des liens de citations entre les familles de brevets et les sources « hors brevets ». La première moitié du tableau ventile les familles de brevets citantes selon l'adresse du déposant (pour les 9 premiers pays puis le reste du monde). La seconde moitié ventile les sources citées selon l'adresse de l'auteur (pour les 9 premiers pays puis le reste du monde).

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Hydrogène pour les transports

Tableau C-1. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	378	29 %	États-Unis	2 010	38 %
2	Japon	218	16 %	Chine	810	15 %
3	Allemagne	202	15 %	Japon	539	10 %
4	Corée du Sud	195	15 %	Allemagne	420	8 %
5	France	68	5 %	Corée du Sud	323	6 %
6	Royaume-Uni	48	4 %	Royaume-Uni	308	6 %
7	Chine	47	4 %	France	280	5 %
8	Canada	38	3 %	Canada	249	5 %
9	Suisse	30	2 %	Italie	164	3 %
	Reste du monde	180	14 %	Reste du monde	1 718	32 %
	Total	1 322	100 %	Total	5 351	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 378 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante relevant de l'utilisation de l'hydrogène dans les transports, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 2 010 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Batteries pour véhicules électriques

Tableau C-2. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	Japon	406	27 %	États-Unis	1 650	35 %
2	États-Unis	367	24 %	Chine	1 054	23 %
3	Corée du Sud	298	20 %	Japon	525	11 %
4	Allemagne	189	13 %	Corée du Sud	416	9 %
5	Chine	118	8 %	Allemagne	338	7 %
6	France	37	2 %	Canada	256	5 %
7	Royaume-Uni	28	2 %	France	230	5 %
8	Canada	25	2 %	Royaume-Uni	197	4 %
9	Suisse	18	1 %	Inde	129	3 %
	Reste du monde	90	6 %	Reste du monde	1 140	24 %
	Total	1 500	100 %	Total	4 663	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 406 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant au Japon, et concernant une technologie innovante dans le domaine des batteries pour véhicules électriques, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 1 650 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Photovoltaïque

Tableau C-3. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	2 298	24 %	États-Unis	9 959	33 %
2	Japon	1 896	20 %	Chine	5 054	17 %
3	Allemagne	1 326	14 %	Japon	3 052	10 %
4	Corée du Sud	1 239	13 %	Allemagne	2 938	10 %
5	Chine	962	10 %	Corée du Sud	2 247	7 %
6	France	536	6 %	Royaume-Uni	1 903	6 %
7	Taiwan	329	3 %	France	1 278	4 %
8	Royaume-Uni	295	3 %	Suisse	1 063	4 %
9	Suisse	187	2 %	Taiwan	1 051	3 %
	Reste du monde	1 455	15 %	Reste du monde	10 920	36 %
	Total	9 675	100 %	Total	30 338	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 2 298 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de

leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 9 959 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Éoliennes en mer

Tableau C-4. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	7	21 %	Chine	10	20 %
2	Danemark	7	21 %	États-Unis	7	14 %
3	France	5	15 %	Allemagne	6	12 %
4	Espagne	3	9 %	Royaume-Uni	6	12 %
5	Allemagne	3	9 %	Norvège	4	8 %
6	Norvège	2	6 %	Italie	4	8 %
7	Chine	2	6 %	France	3	6 %
8	Japon	1	3 %	Belgique	3	6 %
9	Irlande	1	3 %	Iran	3	6 %
	Reste du monde	5	15 %	Reste du monde	15	29 %
	Total	34	100 %	Total	51	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 7 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine des éoliennes en mer, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 10 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant en Chine.

Recyclage des métaux stratégiques

Tableau C-5. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	322	18 %	États-Unis	1 271	25 %
2	Japon	226	13 %	Chine	850	17 %
3	Allemagne	175	10 %	Japon	359	7 %
4	Chine	160	9 %	Royaume-Uni	345	7 %
5	Canada	132	7 %	Allemagne	319	6 %
6	France	127	7 %	Australie	288	6 %
7	Royaume-Uni	71	4 %	France	284	6 %
8	Australie	70	4 %	Canada	257	5 %
9	Finlande	61	3 %	Inde	217	4 %
	Reste du monde	515	29 %	Reste du monde	2 168	43 %
	Total	1 761	100 %	Total	5 039	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-

signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 322 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégiques, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 1 271 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Carburants durables pour le secteur aérien

Tableau C-6. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	76	57 %	États-Unis	317	38 %
2	Finlande	18	13 %	Chine	80	9 %
3	Pays-Bas	16	12 %	Allemagne	64	8 %
4	Brésil	5	4 %	Japon	59	7 %
5	Allemagne	5	4 %	Canada	50	6 %
6	Royaume-Uni	4	3 %	Royaume-Uni	50	6 %
7	Japon	4	3 %	France	41	5 %
8	France	4	3 %	Espagne	40	5 %
9	Corée du Sud	3	2 %	Australie	30	4 %
	Reste du monde	20	15 %	Reste du monde	336	40 %
	Total	134	100 %	Total	845	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 76 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine des carburants durables pour le secteur aérien, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 317 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Nanoélectronique

Tableau C-7. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	944	35 %	États-Unis	7 781	46 %
2	Corée du Sud	389	14 %	Chine	2 334	14 %
3	Chine	294	11 %	Allemagne	1 268	8 %
4	Japon	261	10 %	Japon	1 204	7 %
5	Taiwan	178	7 %	Corée du Sud	1 148	7 %
6	France	133	5 %	Royaume-Uni	1 031	6 %
7	Allemagne	111	4 %	France	757	5 %
8	Royaume-Uni	99	4 %	Canada	588	4 %
9	Pays-Bas	75	3 %	Italie	482	3 %
	Reste du monde	436	16 %	Reste du monde	5 478	33 %
	Total	2 716	100 %	Total	16 741	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 944 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 7 781 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Spintronique

Tableau C-8. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	439	33 %	États-Unis	1 345	41 %
2	Japon	408	31 %	Japon	614	19 %
3	Corée du Sud	125	9 %	Allemagne	407	13 %
4	France	71	5 %	Chine	298	9 %
5	Taiwan	70	5 %	France	284	9 %
6	Chine	59	4 %	Royaume-Uni	188	6 %
7	Allemagne	53	4 %	Corée du Sud	180	6 %
8	Belgique	29	2 %	Suisse	104	3 %
9	Pays-Bas	27	2 %	Pays-Bas	103	3 %
	Reste du monde	101	8 %	Reste du monde	981	30 %
	Total	1 331	100 %	Total	3 252	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 439 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la spintronique, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de

leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 1 345 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Ordinateur quantique

Tableau C-9. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	1 001	54 %	États-Unis	3 511	50 %
2	Japon	171	9 %	Allemagne	897	13 %
3	Chine	127	7 %	Royaume-Uni	731	10 %
4	Canada	100	5 %	Chine	651	9 %
5	Royaume-Uni	96	5 %	Canada	625	9 %
6	France	66	4 %	Japon	618	9 %
7	Allemagne	58	3 %	Australie	390	6 %
8	Corée du Sud	46	2 %	Suisse	361	5 %
9	Australie	37	2 %	France	352	5 %
	Reste du monde	228	12 %	Reste du monde	2 729	39 %
	Total	1 859	100 %	Total	7 046	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 001 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 3 511 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

ARN messenger

Tableau C-10. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	1 217	52 %	États-Unis	16 511	56 %
2	Japon	204	9 %	Royaume-Uni	2 998	10 %
3	Chine	183	8 %	Allemagne	2 881	10 %
4	Corée du Sud	174	7 %	Japon	2 156	7 %
5	Allemagne	154	7 %	Chine	1 988	7 %
6	Suisse	91	4 %	France	1 845	6 %
7	France	66	3 %	Canada	1 551	5 %
8	Royaume-Uni	59	3 %	Italie	1 314	4 %
9	Danemark	55	2 %	Pays-Bas	1 091	4 %
	Reste du monde	339	14 %	Reste du monde	9 792	33 %
	Total	2 348	100 %	Total	29 232	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-

signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 1 217 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messenger, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 16 511 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Acier bas carbone

Tableau C-11. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	144	20 %	États-Unis	481	23 %
2	Japon	117	16 %	Chine	398	19 %
3	Allemagne	91	12 %	Allemagne	202	10 %
4	Chine	50	7 %	Japon	162	8 %
5	Canada	42	6 %	Australie	144	7 %
6	Corée du Sud	33	4 %	Royaume-Uni	135	7 %
7	Royaume-Uni	33	4 %	Canada	105	5 %
8	France	27	4 %	Corée du Sud	101	5 %
9	Australie	23	3 %	Inde	96	5 %
	Reste du monde	212	29 %	Reste du monde	817	40 %
	Total	736	100 %	Total	2 066	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 144 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'acier bas carbone, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 481 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Recyclage biologique des plastiques

Tableau C-12. Familles citantes et citations hors brevets selon l'adresse du titulaire (2010-2021)

Rang dans le corpus	Pays déposants citants	Familles citantes	%	Pays publiants	Nombre de citations hors brevets	%
1	États-Unis	159	23 %	États-Unis	487	26 %
2	Allemagne	72	11 %	Chine	272	14 %
3	Japon	55	8 %	Japon	175	9 %
4	France	50	7 %	Allemagne	150	8 %
5	Pays-Bas	48	7 %	Royaume-Uni	130	7 %
6	Autriche	47	7 %	Espagne	94	5 %
7	Chine	39	6 %	Inde	87	5 %
8	Canada	33	5 %	Canada	87	5 %
9	Italie	28	4 %	France	87	5 %
	Reste du monde	184	27 %	Reste du monde	804	43 %
	Total	680	100 %	Total	1 881	100 %

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les familles de brevets citantes et les citations hors brevets sont dénombrées en comptage entier (en cas de co-dépôt ou de co-signature, chaque cotitulaire ou coauteur compte pour 1), ce qui explique que la somme des lignes apparaisse supérieure au total mondial.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, 159 familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques, ont cité en référence de la littérature « hors brevets » à l'appui de leur demande de protection. Dans le même temps, les familles de brevets déposées dans le monde entier concernant la même technologie contenaient 487 citations de sources « hors brevets » comportant un auteur résidant aux États-Unis.

Annexe D – Matrices de citations entre pays

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe D montre deux tableaux pour chacune des 12 technologies de rupture de notre échantillon. Le premier constitue la matrice par pays des citations entre les familles de brevets et les articles scientifiques repérés dans le *Web of Science* (WoS). Cette première matrice comptabilise des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant ont été cités par des brevets du pays déposant.

Le second tableau est construit sur la même structure matricielle et vise à identifier les affinités entre pays, autrement dit les écarts à la norme. Il rapporte donc le nombre constaté de liens entre un pays citant et un pays publiant à son espérance statistique, que l'on obtient en ventilant le nombre total de liens de citations proportionnellement à la part mondiale des pays citants dans les dépôts de familles de brevets et à la part mondiale des pays publiants dans les publications scientifiques du « noyau » (le noyau scientifique de chaque technologie de rupture représente les trois disciplines académiques dont relèvent le plus fréquemment les publications citées par les brevets du domaine).

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Hydrogène pour les transports

Tableau D-1. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Allemagne	R-U	Corée	France	Canada	Italie	RdM
Pays déposants citants	É-U	1 402	314	263	199	179	139	144	152	86	744
	Japon	172	115	139	30	22	31	20	26	22	153
	Allemagne	242	105	84	94	55	29	39	43	8	178
	Corée	178	130	59	37	29	88	34	23	16	103
	France	95	18	44	21	21	15	51	12	5	91
	R-U	159	31	25	28	39	14	20	24	14	133
	Chine	30	84	5	7	10	8	3	3	5	44
	Canada	84	25	18	13	12	10	9	20	8	55
	Suisse	29	16	8	11	7	4	4	7	2	46
	Reste du monde	344	179	109	97	66	57	59	43	37	342

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports, ont cité à 1 402 reprises des articles scientifiques

écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 314 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-2. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	All.	R-U	Corée	France	Can.	Italie	RdM
Pays déposants citants	É-U	8,75	0,72	4,25	3,62	5,08	2,24	4,14	6,57	nd	1,33
	Japon	0,54	0,13	1,12	0,27	0,31	0,25	0,29	0,56	nd	0,14
	Allemagne	1,64	0,26	1,47	1,86	1,69	0,51	1,22	2,02	nd	0,34
	Corée	1,20	0,32	1,03	0,73	0,89	1,54	1,06	1,08	nd	0,20
	France	2,05	0,14	2,46	1,32	2,07	0,84	5,08	1,80	nd	0,56
	R-U	6,06	0,43	2,47	3,11	6,77	1,38	3,52	6,34	nd	1,45
	Chine	0,68	0,69	0,29	0,46	1,03	0,47	0,31	0,47	nd	0,28
	Canada	1,85	0,20	1,03	0,84	1,20	0,57	0,91	3,05	nd	0,35
	Suisse	1,54	0,31	1,10	1,71	1,70	0,55	0,98	2,58	nd	0,70
	Reste du monde	18,99	3,63	15,59	15,62	16,58	8,14	15,02	16,44	nd	5,39

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ». Faute de connaître la part mondiale de l'Italie dans les publications du noyau, on ne peut pas calculer l'espérance théorique du nombre de liens de citations vers des publications comportant un auteur établi en Italie.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante relevant de l'usage de l'hydrogène dans les transports, ont cité 8,75 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 0,72 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Batteries pour véhicules électriques

Tableau D-3. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Corée	Allemagne	Canada	France	R-U	Inde	RdM
Pays déposants citants	Japon	285	275	194	94	66	72	49	31	17	202
	É-U	1 150	495	349	187	188	158	143	84	68	477
	Corée	265	168	72	126	43	36	30	27	15	142
	Allemagne	234	135	63	61	82	37	27	54	9	145
	Chine	65	103	7	16	10	11	9	12	3	64
	France	35	19	11	6	7	4	11	8	1	20
	R-U	67	40	17	18	22	11	13	20	5	53
	Canada	27	30	11	13	9	30	8	4	2	19
	Suisse	19	5	8	8	4	2	1	3	1	16
	Reste du monde	109	65	25	19	28	9	16	20	16	107

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant au Japon, et concernant une technologie innovante relevant des batteries pour véhicules électriques, ont cité à 285 reprises des articles scientifiques écrits par des

auteurs établis aux États-Unis et à 275 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-4. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Corée	Allemagne	Canada	France	R-U	Inde	RdM
Pays déposants citants	Japon	1,07	0,37	1,82	0,88	0,71	1,97	0,84	0,54	0,11	0,26
	É-U	9,80	1,49	7,42	3,96	4,55	9,79	5,57	3,32	1,02	1,37
	Corée	1,46	0,33	0,99	1,72	0,67	1,44	0,75	0,69	0,15	0,26
	Allemagne	1,58	0,32	1,06	1,02	1,57	1,82	0,83	1,69	0,11	0,33
	Chine	0,82	0,46	0,22	0,50	0,36	1,01	0,52	0,70	0,07	0,27
	France	1,64	0,32	1,29	0,70	0,93	1,36	2,35	1,74	0,08	0,32
	R-U	5,37	1,14	3,40	3,58	5,01	6,41	4,76	7,45	0,71	1,44
	Canada	5,44	2,14	5,53	6,51	5,16	43,96	7,37	3,74	0,71	1,29
	Suisse	6,23	0,58	6,54	6,51	3,73	4,77	1,50	4,57	0,58	1,77
	Reste du monde	9,47	2,00	5,42	4,10	6,91	5,68	6,35	8,06	2,46	3,14

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant au Japon, et concernant une technologie innovante relevant des batteries pour véhicules électriques, ont cité 1,07 plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 0,37 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Photovoltaïque

Tableau D-5. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Allemagne	Corée	R-U	Suisse	Taiwan	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	9 216	2 365	2 024	1 658	1 068	1 311	654	746	544	5 019
	Japon	1 535	1 056	1 468	532	565	384	315	239	200	1 655
	Allemagne	1 722	742	646	1 183	271	310	237	245	190	1 561
	Corée	1 129	732	408	325	670	208	144	158	83	899
	Chine	905	953	503	307	254	252	146	147	99	908
	France	523	230	182	253	122	100	83	50	267	686
	Taiwan	561	254	165	170	91	72	47	129	39	436
	R-U	738	316	203	213	160	473	213	58	77	659
	Suisse	184	129	75	131	55	68	202	27	31	296
	Reste du monde	2 733	1 296	712	845	571	662	432	279	302	3 456

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque, ont cité à 9 216 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 2 365 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-6. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Allemagne	Corée	R-U	Suisse	Taiwan	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	7,15	0,71	3,80	3,57	2,28	4,67	7,91	4,31	1,90	1,15
	Japon	0,81	0,22	1,87	0,78	0,82	0,93	2,59	0,94	0,48	0,26
	Allemagne	2,55	0,43	2,32	4,87	1,10	2,11	5,48	2,71	1,27	0,69
	Corée	0,85	0,21	0,75	0,68	1,39	0,72	1,69	0,89	0,28	0,20
	Chine	0,70	0,29	0,94	0,66	0,54	0,89	1,75	0,84	0,34	0,21
	France	1,88	0,32	1,59	2,53	1,21	1,65	4,66	1,34	4,34	0,73
	Taiwan	1,66	0,29	1,18	1,40	0,74	0,98	2,17	2,85	0,52	0,38
	R-U	5,65	0,94	3,76	4,53	3,37	16,64	25,42	3,31	2,66	1,50
	Suisse	1,52	0,42	1,50	3,01	1,25	2,59	26,06	1,67	1,16	0,73
	Reste du monde	4,88	0,90	3,08	4,19	2,80	5,43	12,03	3,72	2,43	1,83

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du photovoltaïque, ont cité 7,15 plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 0,71 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Éoliennes en mer

Tableau D-7. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		Chine	É-U	Allemagne	R-U	Italie	France	Belgique	Norvège	Iran	RdM
Pays déposants citants	É-U	3	2	2	2	2	1	2			4
	Danemark	1	1	1	1	1		1	1		4
	France	1	1				3				1
	Espagne	1	1				1	2	1		2
	Allemagne	1		4							
	Norvège				2				1		
	Chine	2									
	Japon		1	1							
	Irlande								1		1
	Reste du monde	2	2		1	2				3	5

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ». Compte tenu du faible nombre de liens de citations relevé, nous ne comparons pas les chiffres ci-dessus à ce que donnerait une répartition aléatoire des liens de citations.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine des éoliennes en mer, ont cité à 3 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis en Chine et à 2 reprises des articles écrits par des auteurs établis aux États-Unis à l'appui de leur demande de protection.

Recyclage des métaux stratégiques

Tableau D-8. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	R-U	Australie	Allemagne	France	Canada	Inde	RdM
Pays déposants citants	É-U	790	339	144	157	102	160	99	101	72	800
	Japon	106	66	136	38	25	23	24	34	22	137
	Allemagne	48	67	35	42	20	61	23	20	28	179
	Chine	59	127	17	15	18	11	22	9	13	117
	Canada	122	72	36	32	125	35	27	81	39	223
	France	50	56	27	40	17	25	87	17	28	145
	R-U	54	44	10	37	16	16	14	10	8	91
	Australie	29	34	4	15	46	14	5	17	9	85
	Finlande	17	17	3	6	11	8	1	5	7	65
	Reste du monde	256	281	124	103	101	82	64	67	98	676

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégique, ont cité à 790 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 339 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-9. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	R-U	Australie	Allemagne	France	Canada	Inde	RdM
Pays déposants citants	É-U	6,62	1,05	3,09	5,67	6,26	3,81	3,59	5,22	nd	1,72
	Japon	0,52	0,12	1,72	0,81	0,90	0,32	0,51	1,04	nd	0,17
	Allemagne	0,68	0,35	1,26	2,55	2,06	2,45	1,40	1,74	nd	0,65
	Chine	0,39	0,31	0,29	0,42	0,87	0,21	0,63	0,37	nd	0,20
	Canada	3,18	0,69	2,41	3,60	23,88	2,60	3,04	13,04	nd	1,49
	France	1,58	0,66	2,19	5,46	3,94	2,25	11,92	3,33	nd	1,18
	R-U	2,55	0,77	1,21	7,54	5,54	2,15	2,86	2,92	nd	1,10
	Australie	0,93	0,41	0,33	2,08	10,86	1,28	0,70	3,38	nd	0,70
	Finlande	0,60	0,22	0,27	0,92	2,86	0,81	0,15	1,10	nd	0,59
	Reste du monde	1,29	0,52	1,60	2,23	3,72	1,17	1,39	2,08	nd	0,87

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ». Faute de connaître la part mondiale de l'Inde dans les publications du noyau, on ne peut pas calculer l'espérance théorique du nombre de liens de citations vers des publications comportant un auteur établi en Inde.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage des métaux stratégiques, ont cité 6,62 plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 1,05 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Carburants durables pour le secteur aérien

Tableau D-10. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Allemagne	Japon	Canada	R-U	France	Espagne	Australie	RdM
Pays déposants citants	É-U	489	128	101	94	73	90	61	66	46	397
	Finlande	14	10		1	4	2	4	4		30
	P-B	67	5	5	9	4	4		7		15
	Brésil	5	1	1							2
	Allemagne	10	1	4	1		1		1	2	3
	R-U	4	1	2	1	1	1	2			2
	Japon				2				2		3
	France		2	1		2			2		1
	Corée	2	3	1	1						5
	Reste du monde	14	4	4	4	3	4	4	1	2	31

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ». Compte tenu du faible nombre de liens de citations relevé, nous ne comparons pas les chiffres ci-dessus à ce que donnerait une répartition aléatoire des liens de citations.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine des carburants durables pour le transport aérien, ont cité à 489 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 128 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Nanoélectronique

Tableau D-11. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Allemagne	Japon	Corée	R-U	France	Canada	Italie	RdM
Pays déposants citants	É-U	7 265	1 537	943	867	762	786	479	377	340	3 271
	Corée	586	258	111	108	267	77	42	31	51	387
	Chine	303	314	42	55	63	41	29	16	21	212
	Japon	336	196	73	183	90	67	40	31	20	264
	Taiwan	178	108	23	47	39	22	21	9	16	142
	France	226	60	50	49	36	46	143	21	25	192
	Allemagne	279	93	134	58	39	46	27	38	13	222
	R-U	281	72	43	31	41	105	22	21	15	150
	Pays-Bas	218	39	36	45	62	31	35	14	23	215
	Reste du monde	1 499	503	266	221	228	238	169	209	145	1 339

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique, ont cité à 7 265 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 1 537 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-12. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Allemagne	Japon	Corée	R-U	France	Canada	Italie	RdM
Pays déposants citants	É-U	7,81	0,65	2,83	2,13	2,19	4,11	2,31	3,15	nd	1,05
	Corée	1,02	0,18	0,54	0,43	1,25	0,65	0,33	0,42	nd	0,20
	Chine	0,51	0,21	0,20	0,21	0,28	0,33	0,22	0,21	nd	0,11
	Japon	0,66	0,15	0,40	0,82	0,47	0,64	0,35	0,47	nd	0,15
	Taiwan	0,46	0,11	0,17	0,28	0,27	0,28	0,24	0,18	nd	0,11
	France	2,36	0,25	1,46	1,17	1,00	2,34	6,69	1,70	nd	0,60
	Allemagne	2,86	0,38	3,84	1,36	1,07	2,30	1,24	3,03	nd	0,68
	R-U	3,63	0,37	1,55	0,91	1,41	6,59	1,27	2,11	nd	0,58
	Pays-Bas	3,58	0,25	1,65	1,68	2,72	2,47	2,57	1,78	nd	1,06
	Reste du monde	12,24	1,63	6,07	4,12	4,97	9,45	6,18	13,26	nd	3,28

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ». Faute de connaître la part mondiale de l'Italie dans les publications du noyau, on ne peut pas calculer l'espérance théorique du nombre de liens de citations vers des publications comportant un auteur établi en Italie.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la nanoélectronique, ont cité 7,81 plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 0,65 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Spintronique

Tableau D-13. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Japon	Allemagne	France	Chine	Corée	R-U	Suisse	P-B	RdM
Pays déposants citants	É-U	1 592	548	418	312	248	139	210	186	54	918
	Japon	468	677	95	115	40	114	37	22	8	142
	Corée	133	96	23	41	14	46	3	7	8	56
	France	124	38	26	78	9	12	7	12	10	67
	Taiwan	113	58	24	22	8	15	3	6	9	63
	Chine	59	21	22	9	38	6	10	2	13	37
	Allemagne	89	23	54	13	15	6	17	13	9	52
	Belgique	43	11	7	8	16	5	0	0	1	18
	P-B	32	22	3	6	2	3	2	5	8	16
	Reste du monde	162	56	87	55	40	15	46	16	18	150

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la spintronique, ont cité à 1 592 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 548 reprises des articles écrits par des auteurs établis au Japon à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-14. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Japon	Allemagne	France	Chine	Corée	R-U	Suisse	P-B	RdM
Pays déposants citants	É-U	5,17	3,06	3,30	4,04	0,52	1,74	3,55	8,59	3,58	1,01
	Japon	1,34	3,34	0,66	1,31	0,07	1,26	0,55	0,90	0,47	0,14
	Corée	0,77	0,95	0,32	0,94	0,05	1,02	0,09	0,57	0,94	0,11
	France	2,47	1,31	1,26	6,20	0,12	0,92	0,73	3,41	4,07	0,45
	Taiwan	1,28	1,13	0,66	0,99	0,06	0,65	0,18	0,96	2,08	0,24
	Chine	0,55	0,33	0,49	0,33	0,22	0,21	0,48	0,26	2,45	0,12
	Allemagne	1,42	0,63	2,09	0,83	0,15	0,37	1,41	2,94	2,93	0,28
	Belgique	3,16	1,39	1,25	2,34	0,75	1,42	0,00	0,00	1,50	0,45
	P-B	1,54	1,83	0,35	1,15	0,06	0,56	0,50	3,43	7,88	0,26
	Reste du monde	5,09	3,03	6,63	6,88	0,80	1,82	7,51	7,14	11,54	1,60

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de la spintronique, ont cité 5,17 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 3,06 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis au Japon dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Ordinateur quantique

Tableau D-15. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Allemagne	R-U	Chine	Canada	Japon	Australie	Suisse	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	6 310	938	928	664	1 023	646	665	496	597	2 788
	Japon	168	43	53	26	50	131	15	17	19	124
	Chine	141	42	31	109	30	17	15	11	12	118
	Canada	599	133	86	56	256	88	64	53	53	272
	R-U	304	104	129	50	63	45	45	54	26	218
	France	144	24	30	14	21	25	27	13	43	94
	Allemagne	145	103	44	14	19	45	23	21	22	132
	Corée	43	10	13	15	8	7	3	5	2	43
	Australie	117	35	27	15	14	19	88	15	13	75
	Reste du monde	399	119	122	95	84	85	70	60	33	399

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique, ont cité à 6 310 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 938 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Allemagne à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-16. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Allemagne	R-U	Chine	Canada	Japon	Australie	Suisse	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	4,16	1,47	2,70	0,29	5,82	0,97	5,72	3,83	1,58	0,67
	Japon	0,44	0,27	0,61	0,05	1,12	0,78	0,51	0,52	0,20	0,12
	Chine	0,40	0,29	0,39	0,21	0,74	0,11	0,56	0,37	0,14	0,12
	Canada	3,52	1,86	2,23	0,22	12,95	1,18	4,90	3,64	1,25	0,58
	R-U	2,11	1,72	3,95	0,23	3,77	0,71	4,07	4,38	0,72	0,55
	France	1,32	0,52	1,21	0,09	1,66	0,52	3,23	1,39	1,58	0,31
	Allemagne	1,56	2,64	2,09	0,10	1,76	1,11	3,23	2,65	0,95	0,52
	Corée	0,39	0,22	0,52	0,09	0,63	0,15	0,35	0,53	0,07	0,14
	Australie	2,38	1,69	2,42	0,20	2,45	0,88	23,36	3,57	1,06	0,56
	Reste du monde	1,40	0,99	1,89	0,22	2,54	0,68	3,20	2,46	0,47	0,51

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ordinateur quantique, ont cité 4,16 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 1,47 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Allemagne dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

ARN messenger

Tableau D-17. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Allemagne	R-U	Japon	Canada	France	Chine	Italie	P-B	RdM
Pays déposants citants	É-U	25 469	4 699	3 594	2 446	2 574	2 084	1 783	1 534	1 352	9 957
	Japon	1 083	197	164	711	78	97	113	64	74	459
	Chine	410	103	56	63	40	38	213	27	22	238
	Corée	532	81	88	82	29	40	109	29	24	412
	Allemagne	1 463	610	272	186	160	120	109	109	94	678
	Suisse	1 185	209	165	226	97	114	127	59	84	530
	France	993	232	221	81	102	312	126	99	102	482
	R-U	838	172	281	116	93	104	107	113	58	468
	Danemark	450	83	54	122	45	46	91	23	25	223
	Reste du monde	2 549	577	507	303	441	338	284	384	346	1 564

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messenger, ont cité à 25 469 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 4 699 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Allemagne à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-18. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Allemagne	R-U	Japon	Canada	France	Chine	Italie	P-B	RdM
Pays déposants citants	É-U	2,57	2,60	1,90	1,30	2,26	1,56	0,26	1,11	1,97	0,64
	Japon	0,69	0,69	0,55	2,40	0,43	0,46	0,11	0,29	0,68	0,19
	Chine	0,24	0,33	0,17	0,19	0,20	0,16	0,18	0,11	0,18	0,09
	Corée	0,34	0,29	0,30	0,28	0,16	0,19	0,10	0,13	0,22	0,17
	Allemagne	1,32	3,02	1,28	0,89	1,25	0,80	0,14	0,70	1,22	0,39
	Suisse	1,75	1,70	1,28	1,77	1,25	1,25	0,28	0,63	1,80	0,50
	France	2,00	2,57	2,33	0,86	1,79	4,67	0,37	1,43	2,97	0,62
	R-U	1,90	2,14	3,33	1,39	1,83	1,75	0,36	1,84	1,90	0,68
	Danemark	1,17	1,18	0,73	1,67	1,01	0,88	0,35	0,43	0,94	0,37
	Reste du monde	2,16	2,69	2,25	1,36	3,25	2,13	0,35	2,34	4,24	0,85

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'ARN messenger, ont cité 2,57 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 2,60 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Allemagne dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Acier bas carbone

Tableau D-19. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Allemagne	Japon	Australie	R-U	Canada	Corée	Inde	RdM
Pays déposants citants	É-U	309	178	93	91	54	61	37	47	37	276
	Japon	66	34	29	38	11	23	14	7	7	62
	Allemagne	32	33	35	19	7	19	7	12	13	75
	Chine	14	36	1	8	5	4	1	4	7	26
	Canada	38	33	18	13	56	12	32	12	15	76
	Corée	9	21	9	9	5	1	3	6	4	21
	R-U	13	12	7	1	6	17	4	1	3	35
	France	14	17	8	3	1	4	8	2	13	24
	Australie	12	17	9	5	18	6	10	4	4	38
	Reste du monde	55	83	48	43	35	38	18	21	30	221

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante relevant de l'acier bas carbone, ont cité à 309 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 178 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-20. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Allemagne	Japon	Australie	R-U	Canada	Corée	Inde	RdM
Pays déposants citants	É-U	9,80	1,75	7,13	6,22	12,11	7,41	6,66	3,56	1,63	2,24
	Japon	0,76	0,12	0,81	0,94	0,90	1,02	0,92	0,19	0,11	0,18
	Allemagne	1,01	0,32	2,67	1,29	1,56	2,30	1,25	0,90	0,57	0,61
	Chine	0,39	0,31	0,07	0,48	0,99	0,43	0,16	0,27	0,27	0,19
	Canada	5,29	1,43	6,06	3,90	55,15	6,40	25,28	3,99	2,90	2,71
	Corée	0,38	0,28	0,93	0,83	1,51	0,16	0,73	0,61	0,24	0,23
	R-U	2,24	0,64	2,91	0,37	7,30	11,21	3,90	0,41	0,72	1,54
	France	2,16	0,81	2,98	1,00	1,09	2,36	6,99	0,73	2,78	0,95
	Australie	1,95	0,86	3,53	1,75	20,68	3,74	9,22	1,55	0,90	1,58
	Reste du monde	0,96	0,45	2,02	1,61	4,31	2,53	1,78	0,87	0,73	0,99

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine de l'acier bas carbone, ont cité 9,80 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 1,75 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Recyclage biologique des plastiques

Tableau D-21. Matrice des citations entre pays (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Allemagne	R-U	Espagne	Inde	Canada	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	253	74	58	53	63	36	40	17	35	210
	Allemagne	23	27	27	29	31	12	8	7	11	79
	Japon	25	23	29	9	11	1	2	9	6	43
	France	84	37	73	24	16	12	11	11	21	117
	P-B	23	31	11	15	9	17	6	6	4	56
	Autriche	27	4	2	10	9	4	1	7	5	80
	Chine	10	26	4	3	2	2	3	2	1	17
	Canada	59	44	23	14	10	22	17	31	6	78
	Italie	7	6	4	4	7	1	8	4	4	28
	Reste du monde	143	81	53	50	52	34	23	23	27	262

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des liens de citations, c'est-à-dire le nombre de fois que des articles du pays publiant sont cités par des brevets du pays déposant. RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques, ont cité à 253 reprises des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis et à 74 reprises des articles écrits par des auteurs établis en Chine à l'appui de leur demande de protection.

Tableau D-22. Poids des flux de citations entre pays par rapport à l'espérance théorique (2010-2021)

		Pays publiants									
		É-U	Chine	Japon	Allemagne	R-U	Espagne	Inde	Canada	France	RdM
Pays déposants citants	É-U	4,54	0,53	2,30	2,21	4,08	2,80	0,94	1,62	2,48	0,96
	Allemagne	0,71	0,33	1,84	2,08	3,46	1,60	0,32	1,15	1,34	0,62
	Japon	0,42	0,16	1,09	0,36	0,67	0,07	0,04	0,81	0,40	0,19
	France	4,98	0,88	9,56	3,31	3,43	3,08	0,86	3,47	4,91	1,76
	P-B	1,69	0,91	1,78	2,56	2,39	5,41	0,58	2,35	1,16	1,05
	Autriche	2,09	0,12	0,34	1,80	2,52	1,34	0,10	2,89	1,53	1,58
	Chine	0,42	0,44	0,37	0,29	0,30	0,36	0,17	0,45	0,17	0,18
	Canada	7,96	2,37	6,85	4,39	4,87	12,85	3,01	22,26	3,19	2,67
	Italie	0,49	0,17	0,62	0,65	1,78	0,30	0,74	1,50	1,11	0,50
	Reste du monde	1,76	0,40	1,44	1,44	2,32	1,82	0,37	1,51	1,31	0,82

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres et La Fabrique de l'industrie.

Notes : l'année 2021 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement comptabilisées ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Chaque case du tableau présente le ratio entre le nombre observé de liens de citations (relevé au tableau précédent) et le nombre qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces liens entre pays publiants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les publications du noyau) et pays citants (au *pro rata* de leur poids mondial dans les dépôts de brevets de rupture). RdM signifie « reste du monde ».

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI) par un déposant résidant aux États-Unis, et concernant une technologie innovante dans le domaine du recyclage biologique des plastiques, ont cité 4,54 fois plus souvent des articles scientifiques écrits par des auteurs établis aux États-Unis que dans l'hypothèse d'une distribution aléatoire des liens de citation entre pays – et 0,53 fois le nombre théorique de citations vers des articles publiés par des auteurs établis en Chine dans cette même hypothèse de distribution aléatoire.

Annexe E – Nombre moyen de citations par décile

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe E montre, dans chacune des 12 technologies de rupture de notre échantillon, les articles académiques cités par les brevets et repérables dans le *Web of Science* (WoS), dans les trois domaines disciplinaires du noyau (c'est-à-dire dans les trois panels thématiques au sens de l'ERC comptant le plus grand nombre de publications citées par les brevets). Ces publications citées par les brevets sont ventilées par décile du nombre de citations qu'elles ont elles-mêmes reçues de la part des autres publications du WoS, ce qui constitue une mesure fréquente de leur rayonnement scientifique.

En fin d'annexe E, un dernier tableau présente les taux de citation moyens de l'ensemble des publications figurant dans les panels de l'ERC, là encore triés par décile.

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Hydrogène pour les transports

Tableau E-1. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)			SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	1 423	15 291,1	10,7	157	1 207,2	7,7	148	2 287,0	15,5
JD1, D2]	584	1 022,0	1,7	81	150,4	1,9	41	74,8	1,8
JD2, D3]	337	373,3	1,1	58	69,1	1,2	20	20,9	1,0
JD3, D4]	235	182,0	0,8	40	34,3	0,9	18	12,1	0,7
JD4, D5]	175	99,0	0,6	32	18,0	0,6	11	5,7	0,5
JD5, D6]	123	49,5	0,4	15	6,7	0,4	6	2,1	0,4
JD6, D7]	82	24,5	0,3	16	5,6	0,3	1	0,2	0,2
JD7, D8]	74	14,4	0,2	7	1,4	0,2	3	0,4	0,1
JD8, D9]	51	5,9	0,1	8	0,8	0,1	1	0,1	0,1
>D9	37	0,8	0,0	7	0,1	0,0	5	0,0	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative à l'usage de l'hydrogène dans les transports, ont cité 1 423 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (soit le panel n°PE4 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 10,7 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Batteries pour véhicules électriques

Tableau E-2. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)			MATERIALS ENGINEERING (PE11)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	1 764	18 302,5	10,4	94	598,1	6,4	72	909,4	12,6
]D1, D2]	612	1 069,9	1,7	32	59,8	1,9	29	55,8	1,9
]D2, D3]	372	410,8	1,1	19	21,9	1,2	22	27,1	1,2
]D3, D4]	283	221,9	0,8	16	13,3	0,8	12	10,0	0,8
]D4, D5]	204	116,6	0,6	18	10,1	0,6	13	7,9	0,6
]D5, D6]	165	69,9	0,4	5	2,2	0,4	10	4,5	0,5
]D6, D7]	87	25,6	0,3	9	2,5	0,3	4	1,1	0,3
]D7, D8]	86	17,3	0,2	5	0,9	0,2	4	0,6	0,2
]D8, D9]	47	5,6	0,1	10	1,1	0,1	4	0,5	0,1
>D9	32	0,9	0,0	3	0,1	0,0	3	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative aux batteries pour véhicules électriques, ont cité 1 764 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (soit le panel n°PE4 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 10,4 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Photovoltaïque

Tableau E-3. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)			CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	8 386	96 763,3	11,5	1 152	10 950,6	9,5	1 107	23 514,3	21,2
]D1, D2]	2 474	4 169,3	1,7	518	907,7	1,8	313	524,8	1,7
]D2, D3]	1 519	1 615,8	1,1	341	380,6	1,1	239	240,7	1,0
]D3, D4]	1 097	811,8	0,7	234	178,3	0,8	160	108,8	0,7
]D4, D5]	791	430,0	0,5	197	103,3	0,5	142	68,1	0,5
]D5, D6]	578	226,7	0,4	139	54,0	0,4	92	32,1	0,3
]D6, D7]	450	125,1	0,3	101	27,7	0,3	73	18,0	0,2
]D7, D8]	332	63,3	0,2	63	11,2	0,2	52	8,0	0,2
]D8, D9]	219	23,6	0,1	47	4,7	0,1	45	4,2	0,1
>D9	168	3,8	0,0	82	0,8	0,0	45	0,8	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du photovoltaïque, ont cité 8 386 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (soit le panel n°PE4 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 11,5 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Éoliennes en mer

Tableau E-4. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)			SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)			MATERIALS ENGINEERING (PE11)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	13	101,8	7,8	2	9,2	4,6	1	0,2	0,2
]D1, D2]	5	10,5	2,1	4	6,7	1,7			
]D2, D3]	7	8,8	1,3	1	1,3	1,3			
]D3, D4]	4	3,3	0,8						
]D4, D5]	3	1,8	0,6						
]D5, D6]	2	1,0	0,5						
]D6, D7]	1	0,3	0,3						
]D7, D8]	2	0,5	0,2						
]D8, D9]	1	0,1	0,1						
>D9	2	0,0	0,0						

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés

(que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine des éoliennes en mer, ont cité 13 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *products and processes engineering* » (soit le panel n°PE8 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 7,8 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Recyclage des métaux stratégiques

Tableau E-5. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			MATERIALS ENGINEERING (PE11)			EARTH SYSTEM SCIENCE (PE10)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	711	6 594,2	9,3	266	1 506,9	5,7	218	1 610,4	7,4
]D1, D2]	312	540,8	1,7	168	311,8	1,9	105	199,3	1,9
]D2, D3]	178	196,8	1,1	112	129,2	1,2	88	104,9	1,2
]D3, D4]	147	119,7	0,8	82	64,9	0,8	34	29,7	0,9
]D4, D5]	109	64,5	0,6	53	30,9	0,6	34	21,0	0,6
]D5, D6]	93	40,4	0,4	45	20,7	0,5	24	10,5	0,4
]D6, D7]	68	21,0	0,3	41	12,6	0,3	19	6,1	0,3
]D7, D8]	47	9,9	0,2	29	5,8	0,2	12	2,6	0,2
]D8, D9]	39	4,9	0,1	16	1,7	0,1	13	1,5	0,1
>D9	22	0,7	0,0	14	0,3	0,0	6	0,2	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du recyclage des métaux stratégiques, ont cité 711 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (soit le panel n°PE4 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 9,3 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Carburants durables pour le secteur aérien

Tableau E-6. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)			PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE8)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE4)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	172	1 470,9	8,6	84	626,9	7,5	104	978,5	9,4
]D1, D2]	52	94,4	1,8	27	45,8	1,7	28	50,7	1,8
]D2, D3]	36	43,3	1,2	17	18,3	1,1	21	25,8	1,2
]D3, D4]	20	17,4	0,9	13	9,6	0,7	8	6,5	0,8
]D4, D5]	20	13,2	0,7	9	5,1	0,6	8	5,0	0,6
]D5, D6]	11	5,0	0,5	5	2,0	0,4	4	1,6	0,4
]D6, D7]	6	1,8	0,3	2	0,5	0,2	3	0,7	0,2
]D7, D8]	4	1,0	0,2	8	1,4	0,2	1	0,2	0,2
]D8, D9]	2	0,2	0,1	1	0,1	0,1			
>D9	4	0,1	0,0	5	0,2	0,0	2	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine des carburants durables pour le secteur aérien, ont cité 172 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *biotechnology and biosystems engineering* » (soit le panel n°LS9 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 8,6 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Nanoélectronique

Tableau E-7. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)			SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	4 954	58 300,8	11,8	896	22 974,1	25,6	312	3 896,0	12,5
]D1, D2]	1 424	2 419,6	1,7	203	335,6	1,7	116	205,0	1,8
]D2, D3]	854	918,4	1,1	112	112,2	1,0	81	81,6	1,0
]D3, D4]	592	449,6	0,8	70	50,4	0,7	57	38,0	0,7
]D4, D5]	453	254,6	0,6	68	34,0	0,5	40	18,6	0,5
]D5, D6]	307	124,0	0,4	41	13,6	0,3	31	10,1	0,3
]D6, D7]	222	64,3	0,3	33	8,3	0,3	24	5,4	0,2
]D7, D8]	145	27,9	0,2	21	3,8	0,2	20	2,9	0,1
]D8, D9]	111	12,9	0,1	19	1,8	0,1	24	1,9	0,1
>D9	102	2,0	0,0	37	0,6	0,0	15	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés

(que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du recyclage des métaux stratégiques, ont cité 711 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (soit le panel n°PE4 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 9,3 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Spintronique

Tableau E-8. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)			SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)			PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	968	16 750,7	17,3	122	1 124,4	9,2	122	1 879,2	15,4
]D1, D2]	316	519,3	1,6	54	92,4	1,7	37	63,1	1,7
]D2, D3]	195	200,7	1,0	57	57,9	1,0	31	32,8	1,1
]D3, D4]	138	95,7	0,7	34	23,2	0,7	30	20,6	0,7
]D4, D5]	125	64,2	0,5	40	18,1	0,5	14	7,1	0,5
]D5, D6]	75	26,9	0,4	28	9,3	0,3	8	2,9	0,4
]D6, D7]	86	22,0	0,3	21	4,7	0,2	8	2,2	0,3
]D7, D8]	58	9,8	0,2	17	2,7	0,2	6	1,1	0,2
]D8, D9]	48	4,6	0,1	16	1,3	0,1	4	0,6	0,2
>D9	43	0,9	0,0	14	0,1	0,0	2	0,0	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de la spintronique, ont cité 968 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *condensed matter physics* » (soit le panel n°PE3 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 17,3 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Ordinateur quantique

Tableau E-9. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER (PE2)			CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)			COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS (PE6)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	1 975	19 566,3	9,9	772	11 549,7	15,0	285	15 680,5	55,0
]D1, D2]	569	1 008,1	1,8	211	352,9	1,7	60	103,5	1,7
]D2, D3]	251	280,5	1,1	136	139,9	1,0	41	39,7	1,0
]D3, D4]	204	161,4	0,8	91	66,3	0,7	15	10,3	0,7
]D4, D5]	136	78,0	0,6	72	37,0	0,5	25	12,5	0,5
]D5, D6]	109	45,0	0,4	51	18,6	0,4	16	5,1	0,3
]D6, D7]	73	21,3	0,3	36	9,5	0,3	16	3,7	0,2
]D7, D8]	54	10,5	0,2	38	6,9	0,2	7	0,8	0,1
]D8, D9]	44	5,2	0,1	20	2,1	0,1	5	0,5	0,1
>D9	65	0,9	0,0	27	0,6	0,0	21	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'ordinateur quantique, ont cité 1 975 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *fundamental constituents of matter* » (soit le panel n°PE2 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 9,2 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

ARN messenger

Tableau E-10. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY (LS6)			PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING (LS4)			INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS (LS2)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	2 643	35 282,0	13,3	2 423	35 644,9	14,7	2 432	47 056,7	19,3
]D1, D2]	930	1 552,9	1,7	719	1 194,3	1,7	636	1 048,9	1,6
]D2, D3]	621	690,9	1,1	473	517,2	1,1	394	423,2	1,1
]D3, D4]	451	364,2	0,8	341	268,6	0,8	272	211,2	0,8
]D4, D5]	354	214,5	0,6	251	150,6	0,6	227	133,1	0,6
]D5, D6]	297	136,2	0,5	198	88,1	0,4	180	80,2	0,4
]D6, D7]	213	73,7	0,3	135	43,0	0,3	155	49,1	0,3
]D7, D8]	160	38,3	0,2	117	25,7	0,2	107	24,1	0,2
]D8, D9]	129	19,0	0,1	72	9,1	0,1	76	10,0	0,1
>D9	76	4,4	0,1	50	1,5	0,0	36	1,4	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les

brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'ARN messenger, ont cité 2 643 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *immunity, infection and immunotherapy* » (soit le panel n°LS6 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 13,3 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Acier bas carbone

Tableau E-11. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	MATERIALS ENGINEERING (PE11)			PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	322	2 560,1	8,0	174	1 938,0	11,1	128	1 330,9	10,4
]D1, D2]	162	308,5	1,9	52	91,4	1,8	55	104,0	1,9
]D2, D3]	104	122,6	1,2	41	44,8	1,1	40	50,4	1,3
]D3, D4]	76	62,1	0,8	31	25,2	0,8	26	22,5	0,9
]D4, D5]	51	29,7	0,6	28	15,6	0,6	21	12,9	0,6
]D5, D6]	29	12,9	0,4	26	11,2	0,4	22	10,4	0,5
]D6, D7]	30	9,2	0,3	18	5,4	0,3	12	4,0	0,3
]D7, D8]	30	6,2	0,2	18	3,5	0,2	6	1,4	0,2
]D8, D9]	15	1,6	0,1	9	1,1	0,1	9	1,0	0,1
>D9	16	0,2	0,0	5	0,1	0,0	9	0,2	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'acier bas carbone, ont cité 322 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *materials engineering* » (soit le panel n°PE11 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 8,0 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Recyclage biologique des plastiques

Tableau E-12. Nombre moyen de citations des publications scientifiques dans les trois panels du noyau, par décile (2010-2022)

Décile du nombre de citations*	SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS (PE5)			PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)			BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)		
	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations	Publications scientifiques citées (noyau)	Citations reçues dans le WoS	Nombre moyen de citations
<=D1	223	1 646,3	7,4	141	908,4	6,4	133	852,1	6,4
]D1, D2]	86	160,3	1,9	58	114,0	2,0	34	65,4	1,9
]D2, D3]	59	70,5	1,2	46	57,1	1,2	20	24,2	1,2
]D3, D4]	48	41,9	0,9	24	21,9	0,9	20	18,2	0,9
]D4, D5]	23	15,0	0,7	12	7,6	0,6	16	10,4	0,7
]D5, D6]	24	11,8	0,5	14	6,8	0,5	9	4,4	0,5
]D6, D7]	20	6,3	0,3	14	4,7	0,3	7	2,9	0,4
]D7, D8]	11	2,5	0,2	10	2,5	0,2	5	1,1	0,2
]D8, D9]	12	1,6	0,1	2	0,3	0,2	3	0,3	0,1
>D9	8	0,4	0,0	2	0,1	0,1	2	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres.

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent des citations de publications académiques (repérables dans le WoS) par les brevets de rupture de la présente technologie, en se limitant aux trois domaines scientifiques les plus représentés (que l'on appelle le « noyau » scientifique de cette technologie). Ces publications citées par les brevets sont triées par décile, selon le nombre de citations dont elles ont elles-mêmes été gratifiées par les autres publications du WoS et qui reflète ainsi leur rayonnement scientifique.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du recyclage biologique des plastiques, ont cité 223 publications scientifiques figurant parmi les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *synthetic chemistry and materials* » (soit le panel n°PE5 de l'ERC). Ces articles affichaient un nombre moyen de 7,4 citations par les autres publications du WoS entre 2010 et 2022.

Dans le *Web of Science*

Tableau E-13. Nombre moyen de citations par panel et par décile dans le WoS (2010-2022)

		Décile du nombre de citations*									
		<= D1]D1, D2]]D2, D3]]D3, D4]]D4, D5]]D5, D6]]D6, D7]]D7, D8]]D8, D9]	>D9
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER (PE2)	Publications scientifiques citées (milliers)	127	125	122	120	121	119	97	96	107	367
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	700	237	141	96	69	50	28	18	11	3
	Nombre moyen de citations	5,5	1,9	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	Publications scientifiques citées (milliers)	72	71	69	69	71	73	62	62	64	143
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	418	123	73	51	37	28	16	11	7	2
	Nombre moyen de citations	5,8	1,7	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	Publications scientifiques citées (milliers)	346	326	321	308	314	316	279	302	278	604
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	1777	583	380	254	189	140	88	66	34	11
	Nombre moyen de citations	5,1	1,8	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS (PE5)	Publications scientifiques citées (milliers)	113	117	117	114	118	112	121	111	117	218
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	519	215	140	97	75	52	42	26	15	5
	Nombre moyen de citations	4,6	1,8	1,2	0,9	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS (PE6)	Publications scientifiques citées (milliers)	240	222	203	186	194	181	183	84	79	751
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	1708	381	190	116	83	52	32	12	7	1
	Nombre moyen de citations	7,1	1,7	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	Publications scientifiques citées (milliers)	247	238	224	231	205	245	121	95	104	953
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	1529	439	241	168	96	82	30	14	10	2
	Nombre moyen de citations	6,2	1,8	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	Publications scientifiques citées (milliers)	257	258	249	259	235	229	200	173	169	922
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	1344	505	310	221	143	101	65	36	20	5
	Nombre moyen de citations	5,2	2,0	1,2	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
EARTH SYSTEM SCIENCE (PE10)	Publications scientifiques citées (milliers)	202	197	189	187	183	179	179	151	157	409
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	967	377	238	169	122	90	66	37	23	6
	Nombre moyen de citations	4,8	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,1	0,0
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE11)	Publications scientifiques citées (milliers)	96	103	95	94	94	96	86	79	77	220
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	479	199	115	80	58	42	28	17	9	2
	Nombre moyen de citations	5,0	1,9	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS (LS2)	Publications scientifiques citées (milliers)	66	55	50	49	49	50	51	48	51	93
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	421	94	54	38	28	22	17	10	7	2
	Nombre moyen de citations	6,4	1,7	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING (LS4)	Publications scientifiques citées (milliers)	279	281	265	264	257	270	228	242	216	448
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	1374	506	307	225	163	129	79	57	29	8
	Nombre moyen de citations	4,9	1,8	1,2	0,9	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY (LS6)	Publications scientifiques citées (milliers)	188	185	182	177	177	179	170	169	159	290
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	952	326	208	147	112	84	60	41	23	7
	Nombre moyen de citations	5,1	1,8	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,0
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)	Publications scientifiques citées (milliers)	211	218	211	212	215	203	213	195	193	463
	Citations reçues dans le WoS (milliers)	954	424	269	195	145	100	77	46	25	6
	Nombre moyen de citations	4,5	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,1	0,0

Source : Base OST-Web of Science (année 2022 complète à 95 %), calculs OST-Hcéres.

*Classe de citations normalisées : le décile 1 correspond au top 10 % des papiers les plus cités du panel

Lecture des données : entre 2010 et 2022, les 10 % d'articles les plus cités du panel thématique « *fundamental constituents of matter* » (soit le panel n°PE2 de l'ERC) ont reçu un nombre moyen de 5,5 citations par les autres publications du WoS.

Annexe F – Publications et citations par panel de l’ERC

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe F décrit les publications citées par les brevets de rupture, triées selon les 13 panels thématiques de l’ERC apparaissant au moins une fois dans leur noyau scientifique. Sont décomptés le nombre total d’articles, par année entre 2010 et 2022 (Tableau F-1), et les brevets de rupture citant certains de ces articles (Tableau F-2).

Pour plus d’information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l’annexe méthodologique de l’ouvrage principal.

Tableaux et données

Tableau F-1. Nombre de publications scientifiques* parues au niveau mondial dans les panels du noyau des douze technologies de rupture (en milliers, 2010-2022)

Année de publication	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE10	PE11	LS2	LS4	LS6	LS9
2010	59	34	121	52	78	94	101	73	43	22	98	71	85
2011	64	36	134	56	81	92	112	76	47	23	104	78	93
2012	66	37	141	57	82	114	133	82	48	24	117	82	95
2013	68	37	150	56	94	127	129	92	48	25	124	86	98
2014	69	38	159	57	112	141	141	96	50	26	131	87	100
2015	69	37	165	55	126	150	138	104	49	27	140	91	106
2016	74	37	172	54	133	162	156	114	51	29	146	93	111
2017	75	37	180	55	141	164	165	115	55	29	154	95	114
2018	75	36	191	55	154	168	169	127	61	29	158	97	124
2019	77	35	203	56	165	163	177	136	64	32	173	101	133
2020	75	34	211	56	147	143	174	144	64	33	193	129	150
2021	74	32	217	56	163	137	178	152	65	35	215	148	159
2022	69	30	232	57	175	138	192	163	72	34	217	140	166
Total	916	461	2 275	722	1 651	1 794	1 966	1 474	717	366	1 971	1 298	1 535
Part dans le WoS**	3,1 %	1,6 %	7,7 %	2,5 %	5,6 %	6,1 %	6,7 %	5,0 %	2,4 %	1,2 %	6,7 %	4,4 %	5,2 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : L’année 2022 est complète à 95 %.

* Les publications sont dénombrées en compte fractionnaire : un article relevant de deux panels distincts compte pour 0,5 dans chacun d’eux.

** ratio du nombre de publications du panel dans le total de publications du WoS sur 2010-2022

Tableau F-2. Nombre total de familles de brevets citant des publications scientifiques, par panel de l'ERC (2010-2022)

Panel ERC	Code panel ERC	Nombre de familles de brevets
MOLECULES OF LIFE: BIOLOGICAL MECHANISMS, STRUCTURES AND FUNCTIONS	LS1	86 398
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS	LS2	56 755
CELLULAR, DEVELOPMENTAL AND REGENERATIVE BIOLOGY	LS3	56 429
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING	LS4	108 550
NEUROSCIENCE AND DISORDERS OF THE NERVOUS SYSTEM	LS5	52 605
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY	LS6	100 668
PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN DISEASES	LS7	146 328
ENVIRONMENTAL BIOLOGY, ECOLOGY AND EVOLUTION	LS8	7 121
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	LS9	65 682
MATHEMATICS	PE1	7 369
EARTH SYSTEM SCIENCE	PE10	18 631
MATERIALS ENGINEERING	PE11	35 654
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER	PE2	37 732
CONDENSED MATTER PHYSICS	PE3	20 888
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES	PE4	133 393
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS	PE5	75 635
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS	PE6	87 839
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING	PE7	105 642
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING	PE8	64 024
UNIVERSE SCIENCES	PE9	1 706
INDIVIDUALS, MARKETS AND ORGANISATIONS	SH1	5 190
INSTITUTIONS, GOVERNANCE AND LEGAL SYSTEMS	SH2	664
SOCIAL WORLD AND ITS DIVERSITY	SH3	2 719
HUMAN MIND AND ITS COMPLEXITY	SH4	3 521
HUMAN MOBILITY, ENVIRONMENT, AND SPACE	SH7	1 724
Total		1 282 867

Source : Base OST-Patstat printemps 2024, Base ROS 2024, Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI.

Annexe G – Occurrence des « *top papers* »

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe G dénombre, pour chacune des technologies de rupture de notre échantillon, les publications académiques citées par les brevets et faisant partie du « noyau » scientifique de la technologie, c'est-à-dire relevant des trois domaines disciplinaires de l'ERC les plus fréquemment cités par les brevets. Parmi ces articles du noyau, sont isolés à la droite de chaque tableau ceux comptant dans le top 1 % des articles les plus cités du *Web of Science* (WoS) et jouissant donc d'un rayonnement scientifique prééminent.

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Hydrogène pour les transports

Tableau G-1. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	3 121	437	14 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	421	42	10 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	254	53	21 %
Total	3 796	532	14 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative à l'usage de l'hydrogène dans les transports, se sont référées à 3 121 publications scientifiques relevant du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (le panel n°PE4 de l'ERC), parmi lesquelles 437 (soit 14 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Batteries pour véhicules électriques

Tableau G-2. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	3 652	505	14 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	211	15	7 %
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	173	25	14 %
Total	4 036	545	14 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine des batteries pour véhicules électriques, se sont référées à 3 652 publications scientifiques relevant du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (le panel n°PE4 de l'ERC), parmi lesquelles 505 (soit 14 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Photovoltaïque

Tableau G-3. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	16 014	2 705	17 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	2 874	247	9 %
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	2 268	416	18 %
Total	21 156	3 368	16 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du photovoltaïque, se sont référées à 16 014 publications scientifiques relevant du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (le panel n°PE4 de l'ERC), parmi lesquelles 2 705 (soit 17 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Éoliennes en mer

Tableau G-4. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	40	4	10 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	7		0 %
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	1		0 %
Total	48	4	8 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine des éoliennes en mer, se sont référées à 40 publications scientifiques relevant du panel thématique « *products and processes engineering* » (le panel n°PE8 de l'ERC), parmi lesquelles 4 (soit 10 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Recyclage des métaux stratégiques

Tableau G-5. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	1 726	187	11 %
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	826	38	5 %
EARTH SYSTEM SCIENCE (PE10)	553	38	7 %
Total	3 105	263	8 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du recyclage des métaux stratégiques, se sont référées à 1 726 publications scientifiques relevant du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (le panel n°PE4 de l'ERC), parmi lesquelles 187 (soit 10 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Carburants durables pour le secteur aérien

Tableau G-6. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)	327	63	19 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE8)	171	20	12 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE4)	179	33	18 %
Total	677	116	17 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine des carburants durables pour le transport aérien, se sont référées à 327 publications scientifiques relevant du panel thématique « *biotechnology and biosystems engineering* » (le panel n°LS9 de l'ERC), parmi lesquelles 63 (soit 19 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Nanoélectronique

Tableau G-7. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	9 164	1 677	18 %
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	1 500	376	25 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	720	88	12 %
Total	11 384	2 141	19 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de la nanoélectronique, se sont référées à 9 164 publications scientifiques relevant du panel thématique « *physical and analytical chemical sciences* » (le panel n°PE4 de l'ERC), parmi lesquelles 1 677 (soit 18 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Spintronique

Tableau G-8. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	2 052	321	16 %
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	403	28	7 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	262	46	18 %
Total	2 717	395	15 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de la spintronique, se sont référées à 2 052 publications scientifiques relevant du panel thématique « *condensed matter physics* » (le panel n°PE3 de l'ERC), parmi lesquelles 321 (soit 16 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Ordinateur quantique

Tableau G-9. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER (PE2)	3 480	607	17 %
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	1 454	228	16 %
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS (PE6)	491	136	28 %
Total	5 425	971	18 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'ordinateur quantique, se sont référées à 3 480 publications scientifiques relevant du panel thématique « *fundamental constituents of matter* » (le panel n°PE2 de l'ERC), parmi lesquelles 607 (soit 17 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

ARN messenger

Tableau G-10. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY (LS6)	5 874	861	15 %
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING (LS4)	4 779	863	18 %
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS (LS2)	4 515	968	21 %
Total	15 168	2 692	18 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'ARN messenger, se sont référées à 5 874 publications scientifiques relevant du panel thématique « *immunity, infection and immunotherapy* » (le panel n°LS6 de l'ERC), parmi lesquelles 861 (soit 15 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Acier bas carbone

Tableau G-11. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	835	79	9 %
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	402	56	14 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	328	34	10 %
Total	1 565	169	11 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine de l'acier bas carbone, se sont référées à 835 publications scientifiques relevant du panel thématique « *materials engineering* » (le panel n°PE11 de l'ERC), parmi lesquelles 79 (soit 9 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Recyclage biologique des plastiques

Tableau G-12. Nombre de publications du noyau dans le top 1 % des plus citées dans le monde (2010-2022)

Panels ERC	Nombre de publications scientifiques citées (noyau)	Nombre de publications scientifiques citées dans le top 1%	%
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS (PE5)	514	61	12 %
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	323	28	9 %
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)	249	32	13 %
Total	1 086	121	11 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres

Notes : l'année 2022 est complète à 95 %. On rappelle que sont uniquement prises en compte ici les familles de brevets déposées dans au moins deux offices mondiaux, ou bien auprès de l'OEB ou de l'OMPI. Les nombres figurant dans le tableau représentent, dans chacun des trois panels disciplinaires du « noyau » scientifique de la technologie, le nombre de publications académiques citées par les brevets de rupture (et repérables dans le WoS) ainsi que le nombre d'entre eux figurant parmi le top 1 % des articles les plus cités du WoS.

Lecture des données : entre 2010 et 2021, les familles de brevets déposées dans au moins deux offices nationaux (ou auprès de l'OEB ou de l'OMPI), et protégeant une technologie innovante relative au domaine du recyclage biologique des plastiques, se sont référées à 514 publications scientifiques relevant du panel thématique « *synthetic chemistry and materials* » (le panel n°PE5 de l'ERC), parmi lesquelles 61 (soit 12 %) font partie du top 1 % des articles scientifiques les plus abondamment cités dans le WoS entre 2010 et 2022.

Annexe H – Part mondiale de publication et indice de spécialisation, par domaine et par pays

Contenu de la présente annexe

La présente Annexe H est la dernière de cette série à retranscrire les données sources sur lesquelles s'appuie l'analyse du document principal. Elle détaille le poids des principaux pays étudiés dans la littérature scientifique repérée par le *Web of Science* (WoS). Le premier tableau (Tableau H-1) dénombre, pour chaque panel thématique de l'ERC apparaissant au moins une fois dans le noyau scientifique des douze technologies de rupture, le nombre de publications imputables à chaque pays et la part mondiale de ces derniers dans le total des publications. Le deuxième tableau (Tableau H-2) indique, pour ces mêmes pays, leur indice de spécialisation dans ces domaines scientifiques de l'ERC, c'est-à-dire le ratio entre leur part mondiale dans ce domaine et leur part mondiale tous domaines confondus. Le troisième tableau (Tableau H-3) dénombre les parts mondiales des publications par pays, tous domaines confondus.

Pour plus d'information sur le dénombrement et le classement des brevets et publications, se reporter à l'annexe méthodologique de l'ouvrage principal.

Tableaux et données

Tableau H-1. Part mondiale des publications scientifiques par panel et par pays dans le Web of Science (2010-2022)

Panels ERC	Pays publiant	Nombre de publications scientifiques du pays	Nombre de publications scientifiques dans le panel	Part mondiale	Rang dans le WoS
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS (LS2)	États-Unis	100 133,1	365 888	27,4 %	1
	Chine	61 488,2	365 888	16,8 %	2
	Royaume-Uni	19 970,9	365 888	5,5 %	3
	Allemagne	17 975,1	365 888	4,9 %	4
	Japon	15 557,5	365 888	4,3 %	5
	France	12 691,3	365 888	3,5 %	6
	Canada	10 898,7	365 888	3,0 %	7
	Italie	10 783,9	365 888	3,0 %	8
	Pays-Bas	6 334,4	365 888	1,7 %	13
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING (LS4)	États-Unis	409 597,2	1 970 732	20,8 %	1
	Chine	374 397,9	1 970 732	19,0 %	2
	Japon	102 753,5	1 970 732	5,2 %	3
	Italie	79 149,0	1 970 732	4,0 %	4
	Royaume-Uni	74 308,4	1 970 732	3,8 %	5
	Allemagne	73 436,6	1 970 732	3,7 %	6
	Canada	52 880,7	1 970 732	2,7 %	9
	France	49 668,1	1 970 732	2,5 %	11
	Pays-Bas	30 103,3	1 970 732	1,5 %	16
	États-Unis	292 712,3	1 298 015	22,6 %	1

Panels ERC	Pays publiant	Nombre de publications scientifiques du pays	Nombre de publications scientifiques dans le panel	Part mondiale	Rang dans le WoS
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY (LS6)	Chine	165 699,9	1 298 015	12,8 %	2
	Royaume-Uni	55 935,1	1 298 015	4,3 %	3
	Allemagne	54 675,3	1 298 015	4,2 %	4
	Japon	51 137,4	1 298 015	3,9 %	6
	France	44 529,0	1 298 015	3,4 %	8
	Italie	37 567,7	1 298 015	2,9 %	9
	Canada	32 290,7	1 298 015	2,5 %	12
	Pays-Bas	20 842,5	1 298 015	1,6 %	15
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)	Chine	271 287,8	1 534 607	17,7 %	1
	États-Unis	161 680,2	1 534 607	10,5 %	2
	Inde	98 347,0	1 534 607	6,4 %	4
	Allemagne	48 416,4	1 534 607	3,2 %	5
	Espagne	48 405,3	1 534 607	3,2 %	6
	Japon	42 087,7	1 534 607	2,7 %	8
	Corée du Sud	33 804,7	1 534 607	2,2 %	12
	Canada	33 353,5	1 534 607	2,2 %	13
	Royaume-Uni	32 924,4	1 534 607	2,2 %	15
France	31 601,1	1 534 607	2,1 %	16	
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER (PE2)	Chine	207114,1	915744	22,6 %	1
	États-Unis	136163,8	915744	14,9 %	2
	Allemagne	57921,7	915744	6,3 %	3
	Japon	52387,0	915744	5,7 %	5
	France	33768,9	915744	3,7 %	8
	Royaume-Uni	32629,7	915744	3,6 %	9
	Canada	16904,4	915744	1,9 %	12
	Suisse	12683,6	915744	1,4 %	15
	Australie	10587,0	915744	1,2 %	18
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	Chine	87 888,8	460 851	19,1 %	1
	États-Unis	65 768,2	460 851	14,3 %	2
	Japon	41 319,6	460 851	9,0 %	3
	Allemagne	28 922,8	460 851	6,3 %	5
	France	17 002,5	460 851	3,7 %	7
	Corée du Sud	15 111,1	460 851	3,3 %	8
	Royaume-Uni	12 202,3	460 851	2,7 %	9
	Taiwan	7 625,5	460 851	1,7 %	13
	Canada	5185,9	460 851	1,1 %	17
	Suisse	4 878,2	460 851	1,1 %	19
	Australie	3636,3	460 851	0,8 %	21
Pays-Bas	3043,2	460 851	0,7 %	23	
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	Chine	713 505,4	2 274 529	31,4 %	1
	États-Unis	254 171,2	2 274 529	11,2 %	2
	Inde	141 645,2	2 274 529	6,2 %	3
	Corée du Sud	103 439,8	2 274 529	4,6 %	4
	Japon	102 146,2	2 274 529	4,5 %	5
	Allemagne	88 286,1	2 274 529	3,9 %	6
	France	54 740,1	2 274 529	2,4 %	9
	Royaume-Uni	53 042,5	2 274 529	2,3 %	10
	Espagne	44 473,0	2 274 529	2,0 %	11
	Taiwan	36 184,4	2 274 529	1,6 %	13
	Canada	33 706,1	2 274 529	1,5 %	14
	Australie	28 634,0	2 274 529	1,3 %	17
	Suisse	16 348,9	2 274 529	0,7 %	21
	Pays-Bas	14 979,5	2 274 529	0,7 %	24
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS (PE5)	Chine	195 474,7	721 575	27,1 %	1
	Inde	69 398,6	721 575	9,6 %	2
	États-Unis	65 683,2	721 575	9,1 %	3
	Japon	46 639,1	721 575	6,5 %	4
	Allemagne	36 946,8	721 575	5,1 %	5
	France	20 479,1	721 575	2,8 %	8
	Royaume-Uni	19 544,8	721 575	2,7 %	9
	Espagne	15 787,2	721 575	2,2 %	11
Canada	11 376,2	721 575	1,6 %	14	
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS (PE6)	Chine	399 300,2	1 650 752	24,2 %	1
	États-Unis	230 347,2	1 650 752	14,0 %	2
	Allemagne	73 890,4	1 650 752	4,5 %	4
	Japon	60 005,3	1 650 752	3,6 %	5
	Royaume-Uni	58 678,3	1 650 752	3,6 %	6
	France	51 897,0	1 650 752	3,1 %	7
Canada	38 029,5	1 650 752	2,3 %	11	

Panels ERC	Pays publiant	Nombre de publications scientifiques du pays	Nombre de publications scientifiques dans le panel	Part mondiale	Rang dans le WoS
	Australie	30 259,6	1 650 752	1,8 %	13
	Suisse	13 617,5	1 650 752	0,8 %	23
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	Chine	469 278,2	1 793 782	26,2 %	1
	États-Unis	217 869,6	1 793 782	12,2 %	2
	Japon	87 097,4	1 793 782	4,9 %	4
	Corée du Sud	75 023,5	1 793 782	4,2 %	5
	Allemagne	61 147,6	1 793 782	3,4 %	6
	France	49 388,1	1 793 782	2,8 %	7
	Royaume-Uni	48 312,1	1 793 782	2,7 %	8
	Taiwan	47 192,7	1 793 782	2,6 %	9
	Italie	45 245,8	1 793 782	2,5 %	10
	Canada	44 879,7	1 793 782	2,5 %	11
	Iran	38 219,4	1 793 782	2,1 %	12
	Espagne	31 115,7	1 793 782	1,7 %	13
	Pays-Bas	12 944,4	1 793 782	0,7 %	22
	Belgique	11 310,0	1 793 782	0,6 %	24
	Suisse	10 935,8	1 793 782	0,6 %	25
Norvège	5 737,6	1 793 782	0,3 %	42	
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	Chine	532 370,1	1 966 334	27,1 %	1
	États-Unis	214 751,4	1 966 334	10,9 %	2
	Inde	103 479,6	1 966 334	5,3 %	3
	Allemagne	75 341,2	1 966 334	3,8 %	4
	Royaume-Uni	65 146,9	1 966 334	3,3 %	6
	Iran	58 359,0	1 966 334	3,0 %	7
	Italie	57 992,2	1 966 334	3,0 %	8
	Japon	54 771,8	1 966 334	2,8 %	9
	Corée du Sud	54 844,5	1 966 334	2,8 %	10
	France	47 078,6	1 966 334	2,4 %	11
	Canada	41 525,8	1 966 334	2,1 %	12
	Espagne	36 017,1	1 966 334	1,8 %	14
	Australie	33 740,4	1 966 334	1,7 %	15
	Taiwan	23 097,1	1 966 334	1,2 %	19
	Belgique	11 183,9	1 966 334	0,6 %	29
Suisse	11 225,2	1 966 334	0,6 %	30	
Norvège	11 169,1	1 966 334	0,6 %	31	
EARTH SYSTEM SCIENCE (PE10)	Chine	340 908,0	1 474 127	23,1 %	1
	États-Unis	223 791,7	1 474 127	15,2 %	2
	Royaume-Uni	56 687,2	1 474 127	3,9 %	4
	Allemagne	55 991,5	1 474 127	3,8 %	5
	Canada	45 207,3	1 474 127	3,1 %	8
	France	45 182,8	1 474 127	3,1 %	9
	Japon	41 414,1	1 474 127	2,8 %	10
	Australie	40 019,1	1 474 127	2,7 %	11
Corée du Sud	27 008,0	1 474 127	1,8 %	15	
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	Chine	219 417,9	717 002	30,6 %	1
	États-Unis	55 968,4	717 002	7,8 %	2
	Inde	53 829,1	717 002	7,5 %	3
	Japon	34 746,9	717 002	4,9 %	4
	Corée du Sud	28 953,0	717 002	4,0 %	6
	Allemagne	27 703,3	717 002	3,9 %	7
	Iran	19 148,2	717 002	2,7 %	8
	France	17 645,6	717 002	2,5 %	9
	Royaume-Uni	15 338,0	717 002	2,1 %	11
	Canada	11 076,0	717 002	1,5 %	14
	Italie	9 535,3	717 002	1,3 %	16
	Australie	8 535,4	717 002	1,2 %	19
	Belgique	3 137,8	717 002	0,4 %	29
Norvège	1 891,9	717 002	0,3 %	41	

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres (année 2022 complète à 95 %)

Notes : les publications sont dénombrées en compte fractionnaire (en cas de co-publication par deux auteurs résidant dans deux pays différents, chaque pays se voit attribuer 0,5 publication).

Lecture des données : entre 2010 et 2022, 365 888 articles scientifiques ont été publiés dans le monde, dans des revues relevant du domaine « *integrative biology : from genes and genomes to systems* » (le panel n°LS2 de l'ERC). Parmi elles, 100 133,1 publications (soit 27,4 %) étaient signées d'un auteur établi aux États-Unis, premier pays représenté en termes de publications scientifiques dans ce domaine au sein du *Web of Science* (WoS).

Tableau H-2. Indice de spécialisation par panel et par pays dans le Web of Science (2010-2022)

Panels ERC	Pays publiant	Indice de spécialisation	Rang dans le WoS
INTEGRATIVE BIOLOGY: FROM GENES AND GENOMES TO SYSTEMS (LS2)	États-Unis	1,52	6
	Pays-Bas	1,31	11
	France	1,26	15
	Royaume-Uni	1,26	16
	Allemagne	1,16	19
	Canada	1,12	21
	Japon	1,09	25
	Italie	0,98	32
	Chine	0,95	36
PHYSIOLOGY IN HEALTH, DISEASE AND AGEING (LS4)	Italie	1,33	12
	Japon	1,33	14
	Pays-Bas	1,15	26
	États-Unis	1,15	27
	Chine	1,07	33
	Canada	1,01	42
	France	0,91	60
	Allemagne	0,88	64
	Royaume-Uni	0,87	67
IMMUNITY, INFECTION AND IMMUNOTHERAPY (LS6)	États-Unis	1,24	100
	France	1,24	103
	Pays-Bas	1,21	105
	Japon	1,01	125
	Allemagne	0,99	127
	Royaume-Uni	0,99	128
	Italie	0,96	134
	Canada	0,94	136
	Chine	0,72	164
BIOTECHNOLOGY AND BIOSYSTEMS ENGINEERING (LS9)	Inde	1,47	84
	Espagne	1,20	112
	Chine	1,00	130
	Corée du Sud	0,82	144
	Canada	0,82	145
	Allemagne	0,74	151
	France	0,74	152
	Japon	0,70	157
	États-Unis	0,58	167
	Royaume-Uni	0,49	177
FUNDAMENTAL CONSTITUENTS OF MATTER (PE2)	Suisse	1,55	8
	Allemagne	1,49	11
	Japon	1,46	12
	France	1,33	17
	Chine	1,28	19
	Royaume-Uni	0,82	45
	États-Unis	0,82	46
	Canada	0,69	61
	Australie	0,49	74
CONDENSED MATTER PHYSICS (PE3)	Japon	2,29	10
	Allemagne	1,48	17
	France	1,32	21
	Taiwan	1,28	24
	Corée du Sud	1,22	25
	Suisse	1,18	28
	Chine	1,08	31
	États-Unis	0,78	50
	Royaume-Uni	0,61	64
	Pays-Bas	0,50	78
	Canada	0,42	85
	Australie	0,33	96
PHYSICAL AND ANALYTICAL CHEMICAL SCIENCES (PE4)	Chine	1,77	3
	Corée du Sud	1,70	6
	Inde	1,43	15
	Taiwan	1,24	18
	Japon	1,15	22
	Allemagne	0,92	32
	France	0,87	36
	Suisse	0,81	42
	Espagne	0,74	48

Panels ERC	Pays publiant	Indice de spécialisation	Rang dans le WoS
	États-Unis	0,62	66
	Canada	0,56	75
	Royaume-Uni	0,54	80
	Australie	0,53	81
	Pays-Bas	0,50	85
SYNTHETIC CHEMISTRY AND MATERIALS (PE5)	Inde	2,20	5
	Japon	1,65	12
	Chine	1,53	15
	Allemagne	1,21	26
	France	1,02	32
	Espagne	0,83	46
	Royaume-Uni	0,62	67
	Canada	0,59	70
	États-Unis	0,50	84
COMPUTER SCIENCE AND INFORMATICS (PE6)	Chine	1,37	27
	France	1,13	41
	Allemagne	1,06	48
	Japon	0,93	60
	Suisse	0,93	61
	Canada	0,87	65
	Royaume-Uni	0,82	73
	Australie	0,78	80
	États-Unis	0,77	82
SYSTEMS AND COMMUNICATION ENGINEERING (PE7)	Taiwan	2,04	5
	Corée du Sud	1,56	17
	Chine	1,48	19
	Japon	1,24	26
	Iran	1,21	27
	France	0,99	44
	Canada	0,94	54
	Belgique	0,90	58
	Italie	0,84	67
	Allemagne	0,80	71
	Suisse	0,68	77
	États-Unis	0,67	79
	Espagne	0,66	80
	Norvège	0,66	82
	Royaume-Uni	0,62	86
Pays-Bas	0,54	96	
PRODUCTS AND PROCESSES ENGINEERING (PE8)	Iran	1,69	12
	Chine	1,53	19
	Inde	1,21	36
	Norvège	1,17	43
	Corée du Sud	1,04	60
	Italie	0,98	63
	Taiwan	0,91	68
	Allemagne	0,90	69
	France	0,86	75
	Belgique	0,81	79
	Canada	0,79	82
	Royaume-Uni	0,76	87
	Australie	0,73	91
	Japon	0,71	93
	Espagne	0,70	95
	Suisse	0,64	102
	États-Unis	0,60	111
EARTH SYSTEM SCIENCE (PE10)	Chine	1,31	66
	Canada	1,15	85
	Australie	1,15	87
	France	1,11	94
	Allemagne	0,90	130
	Royaume-Uni	0,88	134
	États-Unis	0,84	144
	Japon	0,72	166
	Corée du Sud	0,68	170
MATERIALS ENGINEERING (PE11)	Chine	1,73	12
	Inde	1,72	13
	Iran	1,52	17
	Corée du Sud	1,51	18
	Japon	1,24	24

Panels ERC	Pays publiant	Indice de spécialisation	Rang dans le WoS
	Allemagne	0,91	45
	France	0,89	46
	Belgique	0,62	66
	Canada	0,58	72
	Norvège	0,54	77
	Australie	0,50	81
	Royaume-Uni	0,49	84
	Italie	0,44	94
	États-Unis	0,43	96

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres (année 2022 complète à 95 %)

Note : la spécialisation rend compte de l'importance du panel dans l'ensemble de la production scientifique du pays, dans la période considérée. Par construction, un indice supérieur à 1 indique également que la part du domaine est plus importante dans la production du pays qu'à l'échelle mondiale.

Lecture des données : entre 2010 et 2022, le nombre d'articles publiés dans des revues relevant du domaine « *integrative biology : from genes and genomes to systems* » (le panel n°LS2 de l'ERC) et signés d'un auteur établi aux États-Unis a été 1,52 fois plus élevé que ce à quoi on aurait pu s'attendre si ce domaine avait eu le même poids dans la production scientifique américaine que dans la publication scientifique mondiale (ou, ce qui revient au même, que si les États-Unis avaient eu dans ce domaine une part mondiale conforme à leur part mondiale tous domaines confondus).

Tableau H-3. Nombre et part mondiale des publications scientifiques des 20 premiers pays dans le Web of Science (2010-2022)

Rang dans le WoS	Pays	Nombre de publications scientifiques	Part mondiale
1	États-Unis	5 330 910	18,12 %
2	Chine	5 213 128	17,72 %
3	Inde	1 284 252	4,37 %
4	Royaume-Uni	1 279 834	4,35 %
5	Allemagne	1 247 070	4,24 %
6	Japon	1 151 092	3,91 %
7	Italie	885 039	3,01 %
8	France	815 794	2,77 %
9	Corée du Sud	787 390	2,68 %
10	Canada	782 600	2,66 %
11	Espagne	773 997	2,63 %
12	Brésil	702 315	2,39 %
13	Australie	695 984	2,37 %
14	Russie	681 250	2,32 %
15	Iran	516 593	1,76 %
16	Turquie	489 735	1,66 %
17	Pologne	414 637	1,41 %
18	Pays-Bas	389 389	1,32 %
19	Taiwan	378 613	1,29 %
20	Suisse	262 565	0,89 %
	Monde	29 420 893	100,00 %

Source : Base OST-Web of Science, calculs OST-Hcéres (année 2022 complète à 95 %)

Note : les publications sont dénombrées en compte fractionnaire (en cas de co-publication par deux auteurs résidant dans deux pays différents, chaque pays se voit attribuer 0,5 publication).

Lecture des données : entre 2010 et 2022, tous domaines disciplinaires confondus, 5 330 910 articles scientifiques publiés dans le monde étaient signés d'un auteur établi aux États-Unis, premier pays représenté en termes de publications au sein du *Web of Science* (WoS).

Annexe I – Principaux descripteurs des douze technologies de rupture

Objet de la présente annexe

La présente Annexe I est la première de la série à comporter des traitements statistiques des données ci-dessus, dont les résultats essentiels seront repris dans le document principal.

On cherche ici à étudier si certaines des douze technologies de rupture étudiées se ressemblent plus que d'autres. Il s'agit notamment de tester la possibilité de qualifier leur niveau de disruptivité – ou au contraire de maturité technologique – selon des indicateurs objectivables. On voit par exemple que certaines correspondent à des corpus de brevets en forte croissance ou au contraire à volume stable, que certaines ont des taux moyens de citations scientifiques élevés et d'autres plus faibles... Ces variations d'une technologie à l'autre sont-elles concourantes et ont-elles à voir avec le poids respectif des principaux pays dans les dépôts de brevets ?

Traitements

On rassemble, pour chacune des douze technologies de rupture, les quinze descripteurs suivants.

Dix descripteurs sont directement tirés des tableaux précédents : le nombre total de familles de brevets de rupture déposés entre 2010 et 2022 (*cf.* Annexe A, Tableau A-1), le taux de croissance annuelle du nombre de brevets déposés entre 2010 et 2021¹ (*idem*), les parts mondiales respectives des États-Unis, du Japon, de la Corée et de la Chine dans les dépôts de brevets de rupture (*cf.* Annexe A, Tableaux A-2 à A-13), la part des brevets citants sur le total des brevets (*cf.* Annexe C, Tableaux C-1 à C-12), le nombre moyen de citations de brevets (*cf.* Annexe B, Tableaux B-1 à B-23), le nombre moyen de citations « hors brevets » repérables dans OpenAlex (*idem*) et le nombre moyen de citations académiques repérables dans le *Web of Science* (*idem*).

Trois descripteurs supplémentaires sont tirés des données sources ayant servi à la réalisation d'une étude antérieure (Bellit et Charlet, 2023) : la part des entreprises parmi les déposants, la part des co-dépôts public-privé et la part cumulée des douze premiers déposants sur le total des brevets déposés.

¹ L'année 2021 est la dernière sur laquelle nous disposons des données complètes.

Deux derniers descripteurs s'appuient sur des données non reproduites dans la présente annexe mais disponibles sur demande : l'âge médian des publications académiques citées par les brevets et la part des citations hors brevets ayant au moins un auteur travaillant en entreprise.

Le tableau de données est le suivant (Tableau I-1).

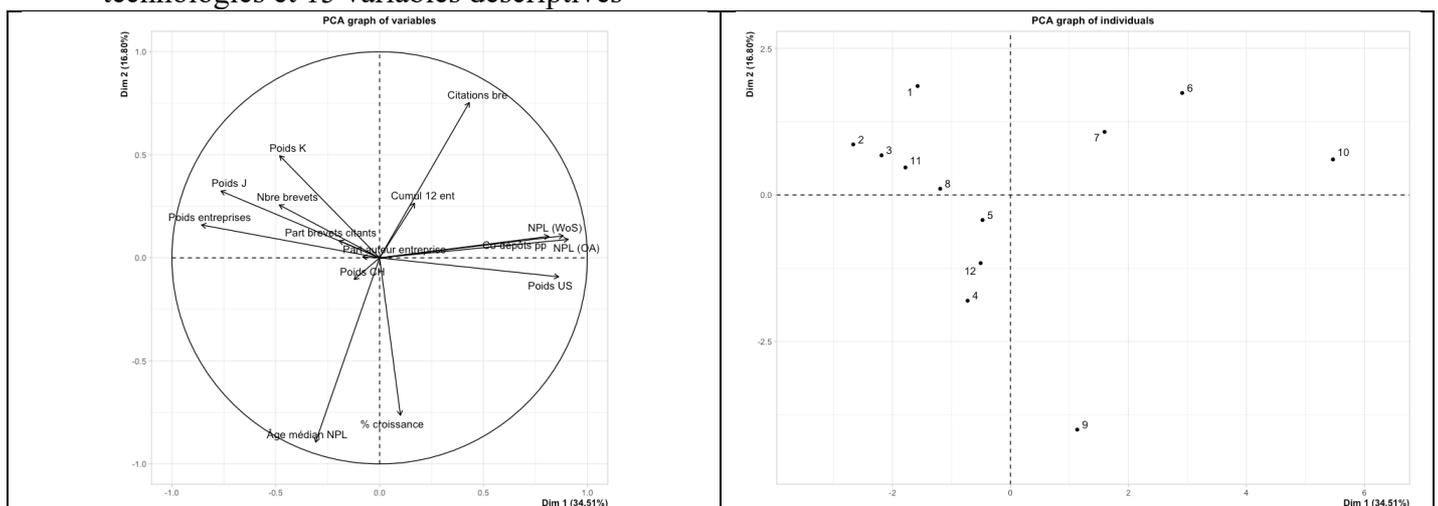
Tableau I-1. Synthèse des 12 technologies et 15 variables descriptives

Techno	Poids US	Nbre brevets	% croissance	Poids J	Poids K	Poids CH	Poids entreprises	Co-dépôts pp	Cumul 12 ent	Citations bre	NPL (OA)	NPL (WoS)	Âge médian NPL	Part brevets citants	Part auteur entreprise
Hydrogène	0,16	10	0,14	0,33	0,15	0,05	0,9	0,02	0,55	13,7	0,9	0,5	10	0,13	0,164
Batteries	0,14	18,5	5,02	0,31	0,22	0,09	0,95	0,01	0,6	9,3	0,4	0,3	11	0,08	0,164
Photovoltaïque	0,16	41	-0,44	0,24	0,17	0,16	0,75	0	0,33	8,7	1,1	0,7	11	0,23	0,135
Éoliennes	0,1	1,3	0,49	0,06	0,06	0,08	0,75	0,01	0,4	8,6	0,2	0	14	0,03	0,109
Recycl Mtx Strat	0,13	6,6	0,56	0,23	0,06	0,17	0,72	0,05	0	10,4	1,4	0,8	11	0,27	0,136
SAF	0,49	0,3	-0,44	0,05	0,02	0,05	0,71	0,04	0,4	19	5,1	2,8	8	0,44	0,14
Nanoélectro	0,27	6,1	0,56	0,15	0,17	0,17	0,62	0,1	0,6	12,2	3,7	2,8	10	0,45	0,132
Spintro	0,26	3,9	0,2	0,29	0,14	0,09	0,81	0,03	0	9,6	1,2	0,8	11	0,34	0,252
Ordi quantique	0,47	2,9	20	0,12	0,03	0,11	0,71	0,04	0,4	5,7	4,1	2,4	14	0,63	0,185
ARNm	0,52	2,8	1,77	0,08	0,08	0,09	0,53	0,1	0,4	13,1	15,3	11	10	0,85	0,167
Acier bas carb	0,11	4,3	1,07	0,3	0,08	0,12	0,85	0,02	0,16	12,3	1	0,5	11	17	0,184
Recycl bio plast	0,18	3,1	3,19	0,19	0,06	0,08	0,75	0,03	0	9,6	1,1	0,6	12	0,22	0,12

Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

On lance une analyse en composantes principales sur ce tableau comportant 12 technologies et 15 descripteurs. Les deux premiers axes obtenus représentent 51 % de la variance. La projection des observations selon ces deux premières dimensions est résumée dans le graphique I-2 ci-dessous.

Graphique I-2. Synthèse des résultats de l'analyse en composante principale sur 12 technologies et 15 variables descriptives



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Il en ressort que les variables descriptives peuvent être regroupées de la manière suivante.

- (1) proches de la première dimension, ressortent comme à peu près colinéaires : la part mondiale des dépôts américains, le nombre moyen de citations hors brevets (OpenAlex et Web of Science) et le poids des co-dépôts public-privé ;
- (2) opposées à elles, donc proches également de la première dimension mais avec un poids négatif, ressortent comme à peu près colinéaires : le poids des déposants japonais et coréens, le nombre de brevets et le poids des entreprises parmi les déposants ;
- (3) orthogonales aux précédentes, et donc proches de la deuxième dimension, ressortent comme à peu près colinéaires la part de citations de brevets et la part cumulée des 12 premiers déposants ;
- (4) opposées à elles, donc proches également de la deuxième dimension mais avec un poids négatif, ressortent comme à peu près colinéaires : le taux de croissance du corpus de brevets et l'âge médian de la littérature hors brevets.

Interprétation des résultats

Ces résultats confortent ceux de la première étude : la première chose qui distingue – et donc rapproche – ces 12 technologies de rupture est de savoir si les déposants américains y détiennent une part plus que proportionnelle, auquel cas les co-dépôts public-privé et le nombre moyen de citations académiques tendent à être plus élevés, ou au contraire si ce sont les déposants japonais et coréens qui occupent un rôle prééminent, ce qui correspond à des technologies où le volume total de brevets déposés est plus élevé et la part des entreprises parmi les déposants plus nettement prépondérante. Une fois ce premier tri opéré, la deuxième distinction consiste à se demander si les citations de brevets sont importantes, ce qui correspond aussi à des cas où la progression du nombre de brevets déposés est nulle voire négative.

Sur cette base, les technologies peuvent être regroupées dans les quatre sous-ensembles suivants :

- technologies où les déposants asiatiques (et les entreprises) occupent une place prédominante et dont la progression en volume est nulle ou mesurée : (1) Hydrogène pour les transports, (2) Batteries pour véhicules électriques, (3) Photovoltaïque, (8) Spintronique, (11) Acier bas carbone ;
- technologie en très vive progression et où la part mondiale des déposants américains particulièrement élevée : (9) Ordinateur quantique ;
- technologies dont la progression est mesurée voire négative et où les déposants américains occupent une place prééminente : (6) SAF, (7) Nanoélectronique, (10) ARNm ;
- autres technologies : (4) Éoliennes en mer, (5) Recyclage des métaux stratégiques, (12) Recyclage biologique des plastiques.

Annexe J – Fuite et captation de la littérature scientifique par les déposants de brevets²

Contenu de la présente annexe

Dans la présente Annexe J, on cherche à caractériser la propension des déposants à tirer parti des sources scientifiques étrangères pour étayer leurs brevets de rupture, ou au contraire à exprimer une préférence locale dans le choix des articles cités³. En renversant la perspective, on étudie également si les articles scientifiques issus des laboratoires du pays considéré tendent à bénéficier surtout à des déposants domestiques ou au contraire des déposants étrangers. Pour mener cette analyse, nous nous donnons les définitions suivantes.

On appelle « évaporation scientifique », pour un pays et une technologie donnés, la part que représentent les brevets étrangers dans l'ensemble des citations de brevets dont bénéficient les articles issus des laboratoires nationaux. Il s'agit donc d'apprécier à quel point la science domestique « échappe » aux déposants du même pays, alimentant ainsi les efforts étrangers d'innovation de rupture.

Pour avoir une lecture normalisée du même phénomène, on appelle « capacité relative de rétention scientifique », toujours pour un pays et une technologie donnés, la propension de ces mêmes articles nationaux à bénéficier à des déposants domestiques. Cette *capacité relative de rétention* vaut 1 si la part domestique des brevets citant les publications issues des laboratoires nationaux est égale à la part mondiale du pays dans les dépôts de brevets de la technologie considérée.

En sens contraire, on appelle « captation scientifique », pour un pays et une technologie donnés, la part que représentent les articles étrangers dans l'ensemble des publications académiques citées par les brevets domestiques. Il s'agit là de mesurer l'attrait des déposants domestiques de brevets pour s'alimenter auprès de sources scientifiques étrangères.

Pour avoir une lecture normalisée de ce phénomène on appelle alors « capacité relative de sourcing domestique », pour un pays et une technologie donnés, la propension des déposants de brevets nationaux à puiser aux sources scientifiques domestiques. Cette *capacité relative de sourcing domestique* vaut 1 si la part domestique des articles cités par les brevets nationaux est égale à la part mondiale du pays dans les publications du noyau scientifique de la technologie

² Dans cette section, les technologies « Éoliennes en mer » et « Carburants durables pour le secteur aérien » ont été écartées, faute de flux de citations significatifs.

³ Au sens de l'adresse géographique des déposants de brevets et des auteurs des articles scientifiques cités.

(le noyau d'une technologie est constitué par les trois domaines scientifiques les plus fréquemment cités par les brevets correspondants).

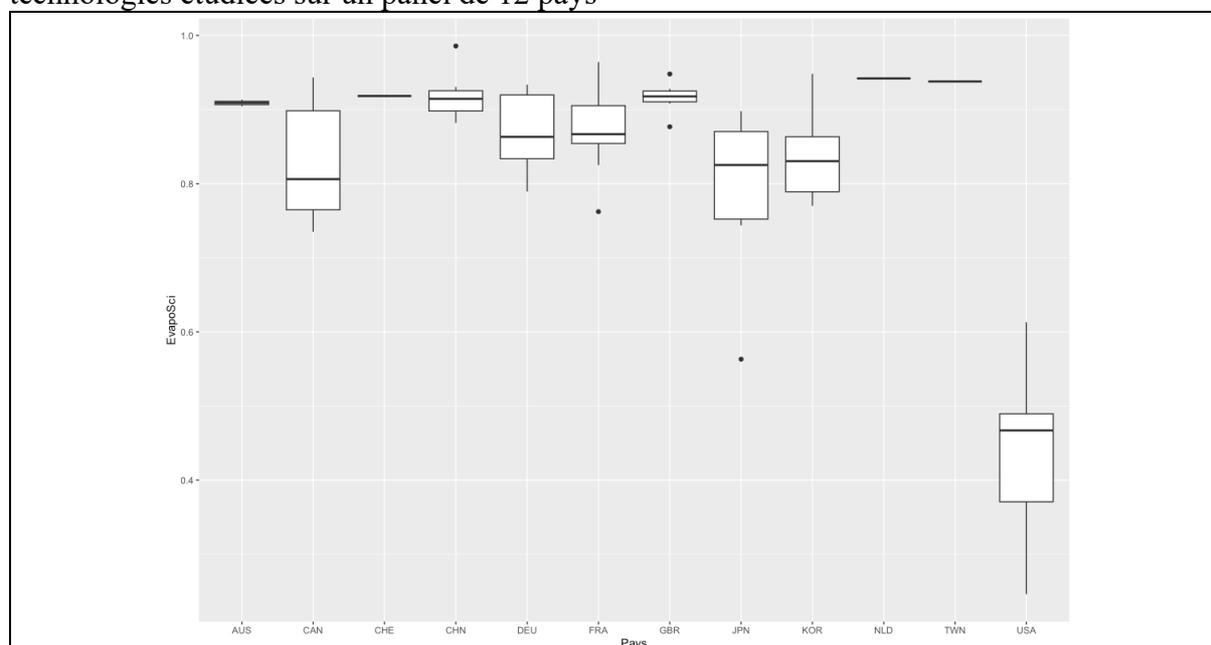
On appelle enfin « bilan import-export », pour un pays et une technologie donnés, le ratio entre le nombre de citations « entrantes » (quand des publications étrangères sont citées par des brevets domestiques) et le nombre de citations « sortantes » (quand des publications domestiques sont citées par les brevets étrangers).

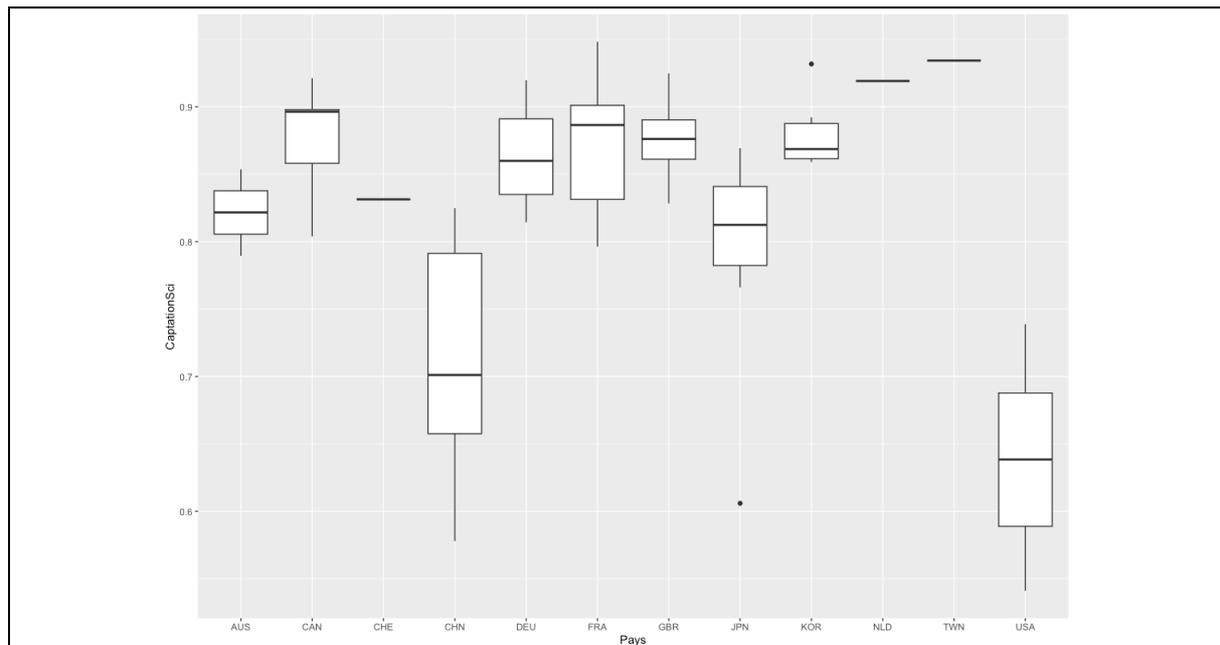
Tous ces indicateurs sont disponibles pour 10 technologies de rupture et pour 12 pays, à partir des données présentées ci-dessus : Annexe A pour les parts mondiales dans les dépôts de brevets, Annexe B pour le poids relatif des panels dans le noyau de chaque technologie, Annexe D pour les flux de citations domestiques et étrangers et Annexe H pour les parts mondiales de publications dans chaque panel de l'ERC.

Traitements

Le graphique J-1 ci-dessous représente, dans chacun des 12 pays pour lesquels nous disposons de données, les coefficients d'évaporation et de captation scientifiques des 10 technologies étudiées. Les pays sont répartis en abscisse. Pour chacun d'eux, les 10 valeurs prises par les coefficients de d'évaporation et de captation, au gré des technologies étudiées, sont synthétisées sous la forme de « boîtes à moustache » (voir la légende du graphique pour plus de détails).

Graphique J-1. Taux d'évaporation et de captation scientifiques pour l'ensemble des technologies étudiées sur un panel de 12 pays





Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Note : le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Chine, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taiwan, États-Unis.

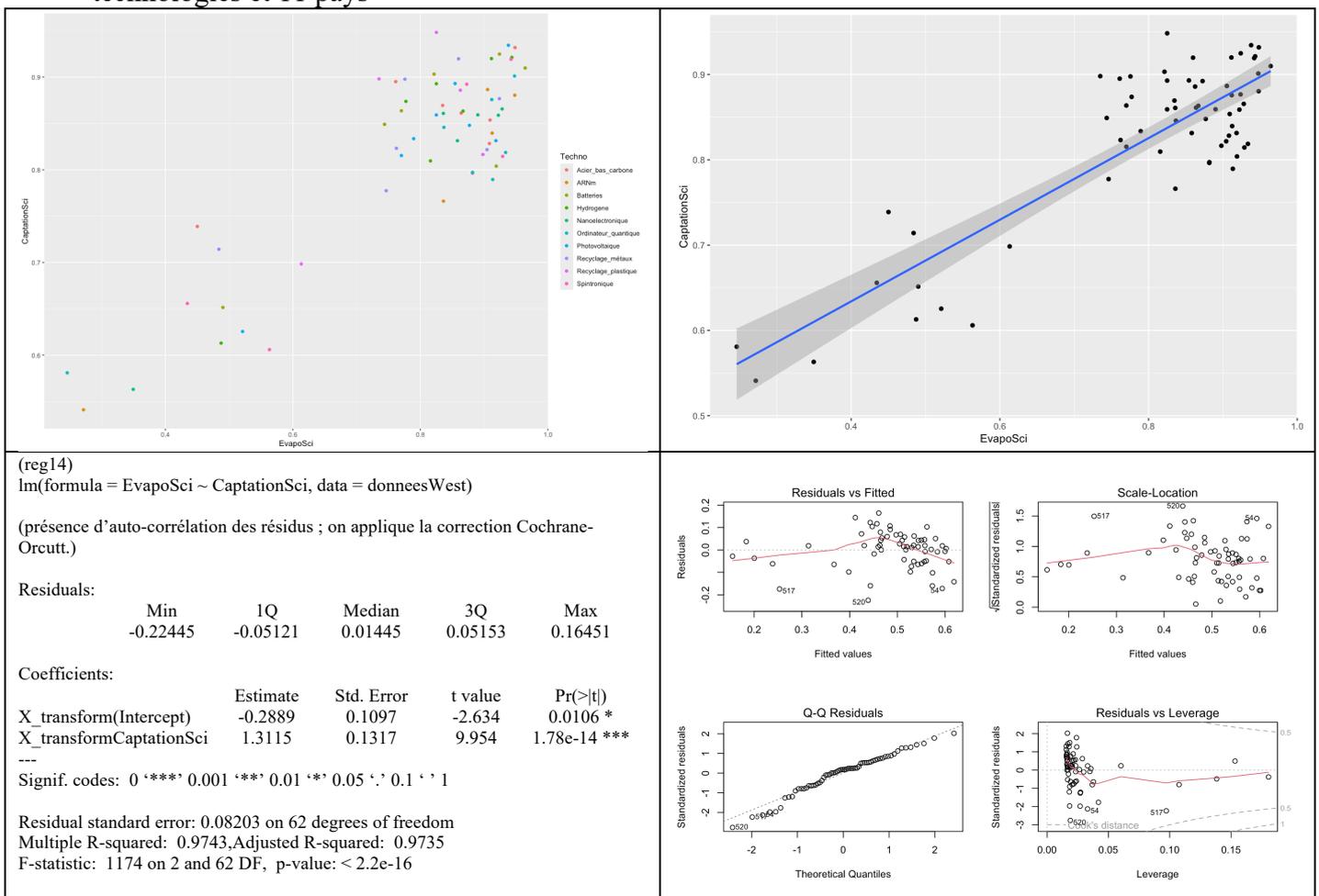
Dans chaque boîte, le trait central représente la valeur médiane de l'échantillon (le 50^e percentile) et le rectangle blanc l'espace entre le 25^e et le 75^e percentile, également appelé « intervalle interquartile » (IQR en anglais). Les traits noirs de part et d'autre de cette boîte (les « moustaches ») prolongent celle-ci d'une longueur représentant 1,5 fois l'IQR, résumant ainsi la plage de valeurs au sein de laquelle sont théoriquement attendues la totalité des valeurs. Plus précisément, chaque moustache s'étire jusqu'à atteindre la dernière valeur observée à l'intérieur de cette plage de 1,5 IQR. Les valeurs dites « extrêmes » ou « aberrantes », en-deçà ou au-delà des moustaches, sont représentées par des points.

Lecture des données : en Australie, les taux d'évaporation scientifique calculés pour chacune des technologies disponibles sont compris dans un intervalle allant de 90 à 92 % et les taux de captation scientifique sont compris dans un intervalle allant de 79 à 86 %.

On constate que, sur l'ensemble des technologies étudiées, le coefficient d'évaporation scientifique est très élevé, majoritairement entre 80 % et 90 % pour tous les pays, à l'exception des États-Unis où il se situe entre 40 % et 50 %. De même, le taux de captation scientifique est très élevé, là encore situé en majorité entre 80 % et 90 %, sauf pour la Chine (entre 65 % et 80 %) et les États-Unis (entre 60 % et 70 %).

On confirme par une régression linéaire, dans le graphique J-2 suivant, la corrélation robuste entre captation et évaporation scientifiques, après avoir exclu la Chine de l'échantillon.

Graphique J-2. Régression linéaire entre évaporation et de captation scientifiques sur 10 technologies et 11 pays



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

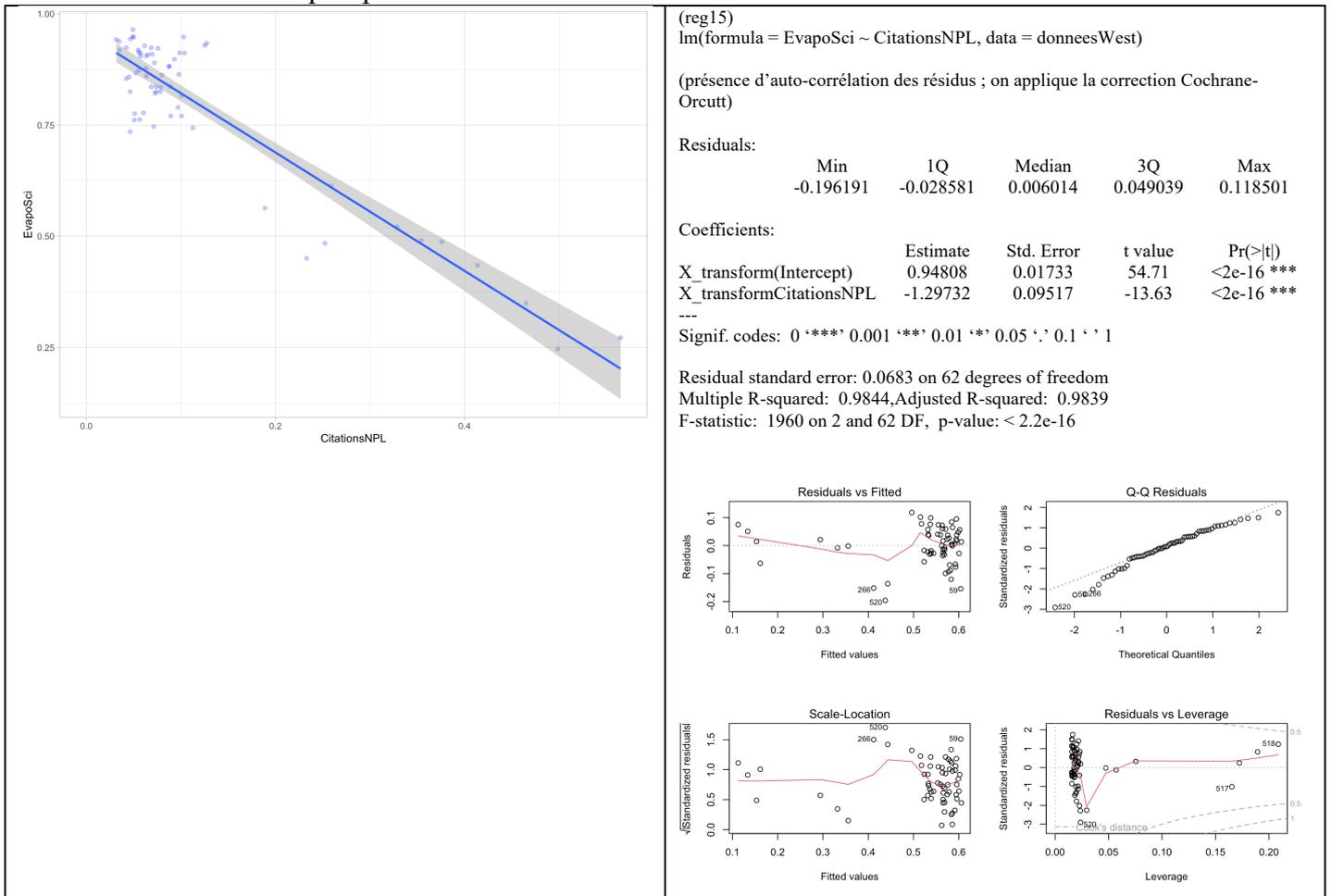
Note : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Le coefficient d'évaporation est noté en abscisse et le coefficient de captation en ordonnée. Le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet, une fois la Chine écartée, comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

Lecture des données. Sur le graphique en haut à gauche : les coefficients d'évaporation et de captation scientifiques, variant pour chaque technologie et chaque pays, paraissent effectivement corrélés. Le graphique en haut à droite le confirme, représentant la droite de régression ainsi que les intervalles de confiance à 95 % d'estimation et de prévision.

En observant attentivement le graphique précédent, on note que le coefficient de la droite de régression n'est pas proche de 1 mais plutôt de 1,5, ce que confirme le tableau de régression (valeur de la pente estimée à 1,54). En conséquence, si les points en haut à droite du graphique sont très proches de l'équilibre (autour de 90 % sur les deux valeurs), la captation diminue presque deux fois moins vite que l'évaporation à mesure que l'on descend vers le coin en bas à gauche du graphique.

Une autre manière d'analyser ces données est de relever, comme le montre le graphique J-3 ci-dessous, que le coefficient d'évaporation scientifique est une fonction significativement décroissante de la part de marché mondiale des publications académiques citées par les brevets.

Graphique J-3. Régression linéaire entre évaporation scientifique et part mondiale des citations académiques par les brevets

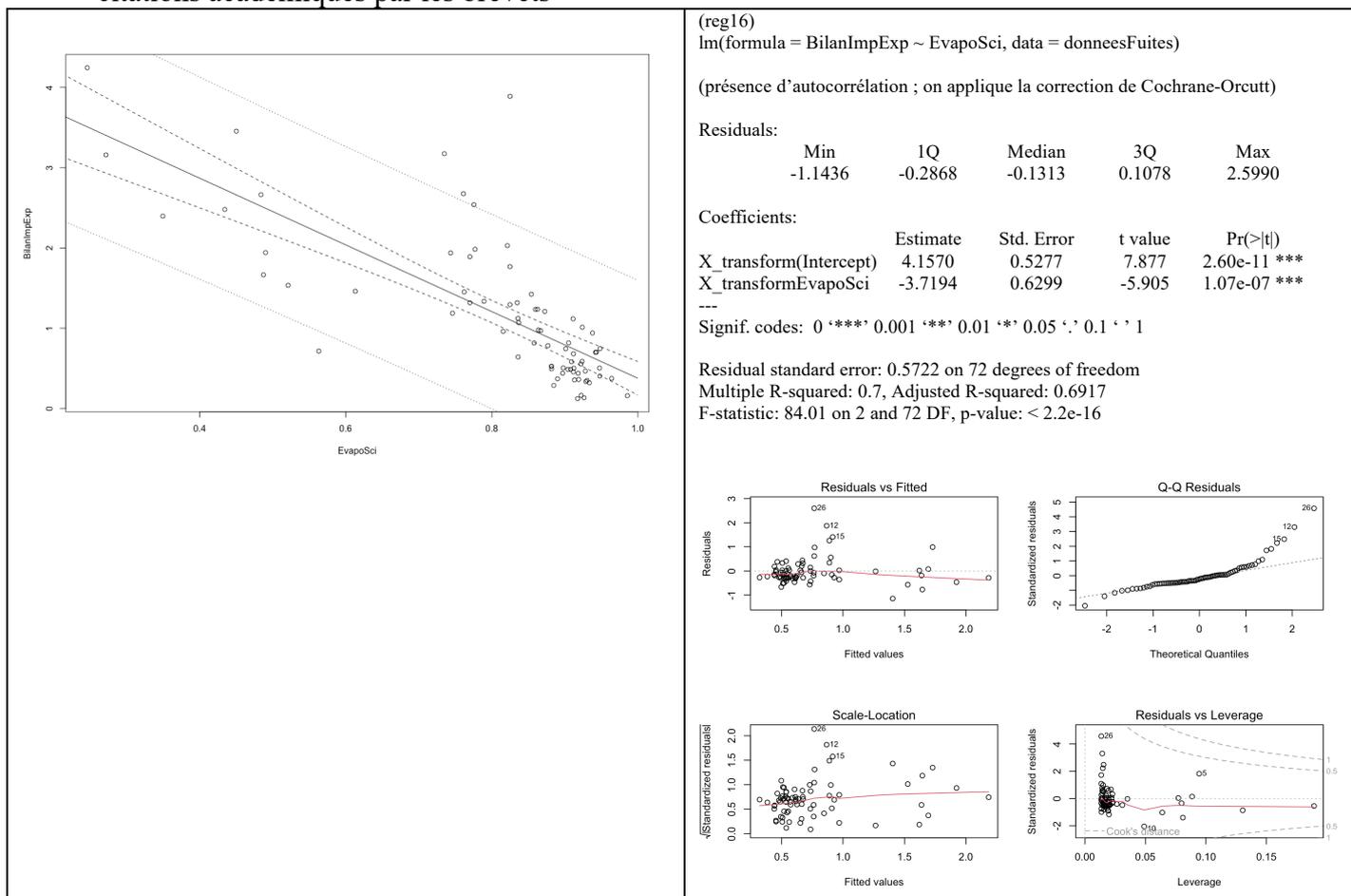


Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Note : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Le poids mondial dans les citations « hors brevets » est noté en abscisse et le coefficient d'évaporation en ordonnée. Le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet, une fois la Chine écartée, comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

Le bilan import-export de citations, lui, ne paraît significativement corrélé à rien d'autre qu'à ce taux d'évaporation (voir graphique J-4 ci-dessous), mais pas avec les taux de captation, de sourcing ou de rétention, ni avec les parts mondiales de citations hors brevets (ces essais infructueux ne sont pas représentés).

Graphique J-4. Régression linéaire entre évaporation scientifique et bilan import-export des citations académiques par les brevets

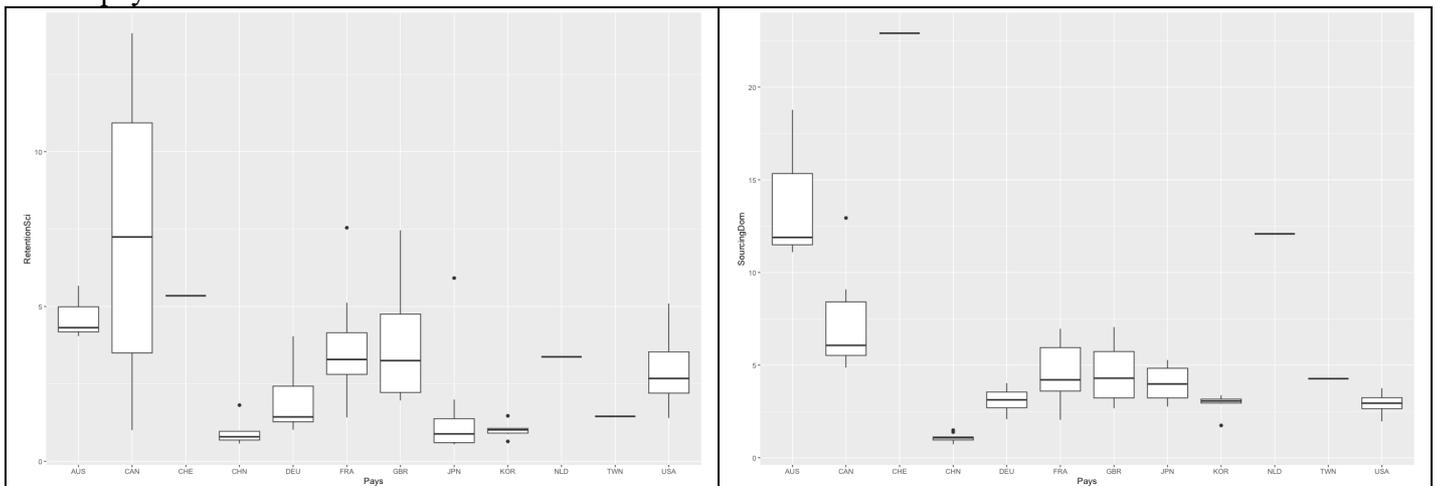


Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Note : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Le taux d'évaporation scientifique est noté en abscisse et le bilan import-export en ordonnée. Le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet, une fois la Chine écartée, comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

Pour ce qui est des capacités relatives de rétention scientifique et de sourcing domestique, la simple représentation des valeurs par pays ne fait apparaître aucun enseignement évident (cf. graphique J-5 ci-dessous).

Graphique J-5. Capacités relatives de rétention scientifique et de sourcing domestique, par pays



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

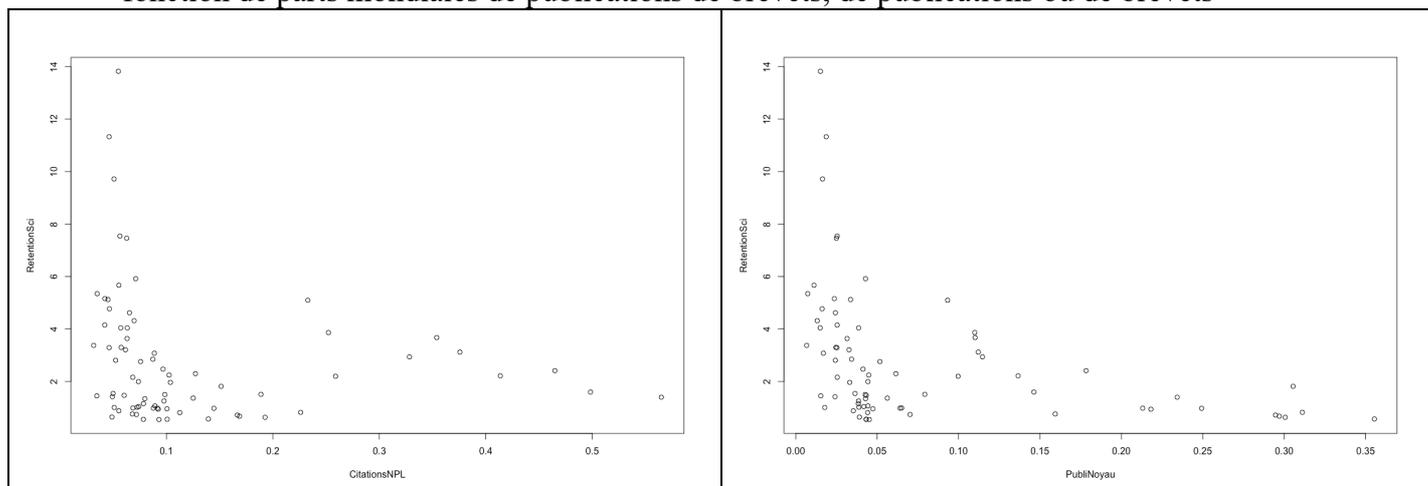
Note : le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Chine, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

Dans chaque boîte, le trait central représente la valeur médiane de l'échantillon (le 50^e percentile) et le rectangle blanc l'espace entre le 25^e et le 75^e percentile, également appelé « intervalle interquartile » (IQR en anglais). Les traits noirs de part et d'autre de cette boîte (les « moustaches ») prolongent celle-ci d'une longueur représentant 1,5 fois l'IQR, résumant ainsi la plage de valeurs au sein de laquelle sont théoriquement attendues la totalité des valeurs. Plus précisément, chaque moustache s'étire jusqu'à atteindre la dernière valeur observée à l'intérieur de cette plage de 1,5 IQR. Les valeurs dites « extrêmes » ou « aberrantes », en-deçà ou au-delà des moustaches, sont représentées par des points.

Lecture des données : en Australie, les capacités relatives de rétention scientifique calculées pour chacune des technologies disponibles sont comprises dans un intervalle allant de 4 à 6 et les capacités relatives de sourcing domestique sont comprises dans un intervalle allant de 13 à 18.

Toutefois, le graphique J-6 suivant montre que la capacité relative de rétention scientifique, c'est-à-dire le poids des déposants domestiques parmi les utilisateurs de la science d'un pays donné (relativement au poids qu'ils représentent dans les dépôts de brevets de rupture), très souvent supérieure à l'unité, est à son minimum pour les pays qui ont un poids important dans le noyau et les publications scientifiques citées par les brevets, et à son maximum pour ceux dont le poids est le plus faible.

Graphique J-6. Capacités relatives de rétention scientifique et de sourcing domestique, en fonction de parts mondiales de publications de brevets, de publications ou de brevets

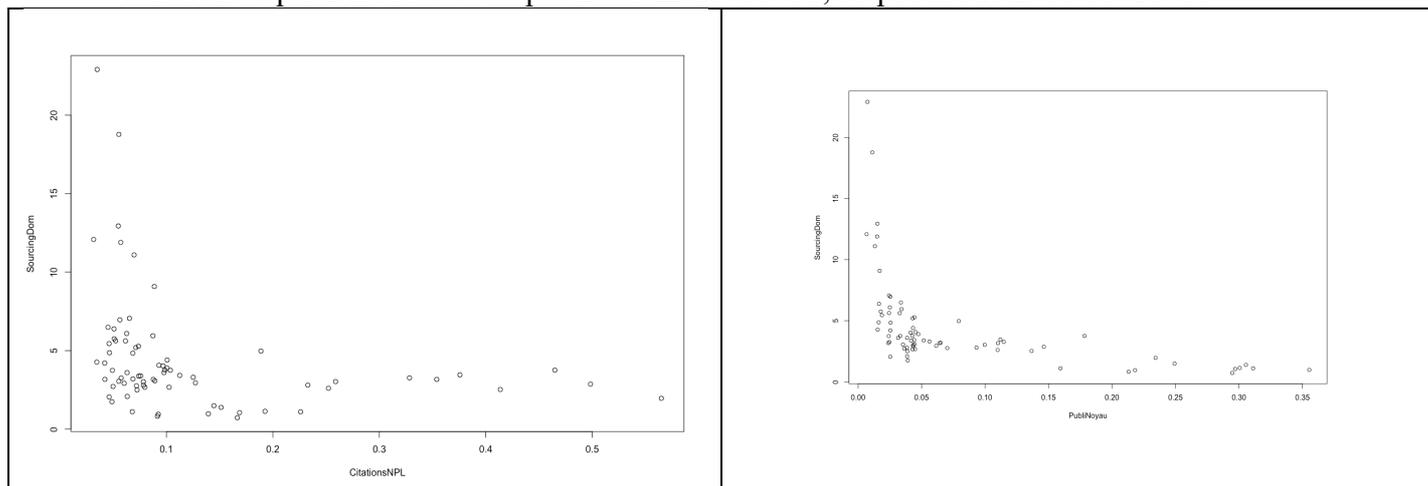


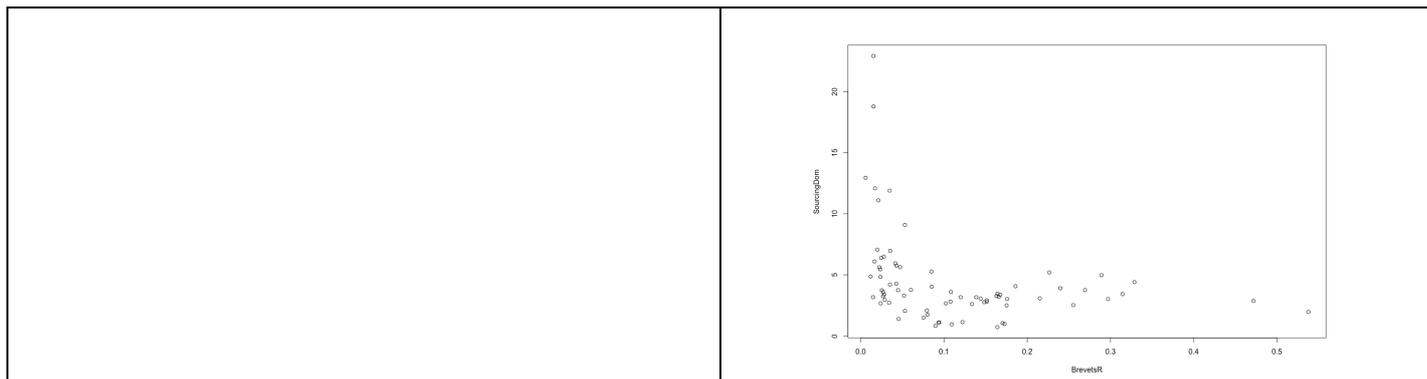
Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Note : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. La capacité relative de rétention scientifique est notée en ordonnée. À gauche, la part mondiale dans les citations « hors brevets » figure en abscisse ; à droite, c’est la part mondiale dans les publications scientifiques du noyau qui figure en abscisse. Le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Chine, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

C’est pareil, et même peut-être plus net encore, pour la capacité de sourcing domestique, inversement proportionnelle au poids mondial dans les citations académiques par les brevets, les publications du noyau et même les brevets de rupture (cf. graphique J-7).

Graphique J-7. Capacités relatives de rétention scientifique et de sourcing domestique, en fonction de parts mondiales de publications de brevets, de publications ou de brevets





Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Note : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. La capacité relative de sourcing domestique est notée en ordonnée. À gauche, la part mondiale dans les citations « hors brevets » figure en abscisse ; à droite, ce sont la part mondiale dans les publications scientifiques du noyau (en haut) et la part mondiale dans les brevets de rupture (en bas) qui figurent en abscisse. Le panel comprend, pour chaque technologie, les 9 premiers pays publiants et les 9 premiers pays déposants citants. Le panel complet comprend donc les pays suivants, qui ne sont pas toujours représentés pour chaque technologie : Australie, Canada, Suisse, Chine, Allemagne, France, Royaume-Uni, Japon, Corée, Pays-Bas, Taïwan, États-Unis.

Interprétation des résultats

Primo, on observe que les taux de captation et d'évaporation scientifiques sont très élevés, de l'ordre de 80 % voire 90 %, dans toutes les technologies et pour tous les pays hormis les États-Unis et la Chine. Les innovateurs et les scientifiques correspondent donc sur un marché mondial des connaissances très ouvert. En d'autres termes, même en tenant compte d'un « tropisme local » habituel chez tous les acteurs concernés, les flux de connaissance entre auteurs d'articles et déposants de brevets de rupture ne s'inscrivent que (très) rarement à l'intérieur du cadre domestique et encore moins au sein d'interactions locales.

On peut voir là une manifestation d'un effet de superficie : les innovateurs des petits pays, chacun sur sa niche technologique, n'ont sans doute pas la capacité d'exploiter tous les gisements offerts par la science domestique, de même que cette dernière n'a pas la possibilité de répondre à toutes les questions scientifiques soulevées par les déposants du même pays. Toutefois, cette explication ne peut être que partielle : rien ne permettait en effet de deviner que les États « moyens » (Japon, Corée, les divers pays européens...) apparaîtraient aussi semblables selon ces deux critères, alors que l'on sait que leurs industries et leurs efforts nationaux de R&D diffèrent sensiblement. C'est donc bien que la science circule librement et abondamment dans le monde, entre ceux qui la produisent et ceux qui la valorisent.

Secundo, que le taux de captation soit significativement plus faible aux États-Unis qu'ailleurs, autrement dit que les entreprises américaines éprouvent moins que leurs concurrentes du reste du monde le besoin d'aller puiser à des sources académiques étrangères pour étayer leurs brevets, ne paraît pas très étonnant *a priori*. En revanche, le fait que le coefficient d'évaporation scientifique soit lui aussi plus grand pour les petits pays peut sembler contre-intuitif : on n'a pas pour habitude de postuler que les publications « brevetables » issues du CNRS ou de

l'Institut Max Planck sont, en proportion, autant voire davantage convoitées que celles du MIT par les déposants de brevets du monde entier.

C'est donc un résultat important à souligner : les taux d'évaporation et de captation scientifiques sont corrélés de manière robuste, pour chaque pays et chaque technologie, à l'exception du cas particulier de la Chine. Le fait que les déposants d'un pays donné – souvent des industriels – puisent beaucoup à des sources scientifiques étrangères ne doit pas être compris comme un signe que sa science domestique serait dénigrée par les entreprises étrangères, bien au contraire. On pense ici à l'analogie avec les chaînes de valeur industrielles, où les pays exportateurs les plus dynamiques sont souvent aussi les plus ouverts aux importations (notamment aux importations de consommations intermédiaires dont ils ont besoin pour exporter). Pour en revenir aux technologies de rupture, tous les pays étudiés ici, France incluse, s'insèrent donc dans un réseau mondial d'échange de résultats scientifiques d'une façon qui semble, au premier ordre, assez équilibrée.

Tertio, il faut glisser progressivement vers les plus grands pays – c'est-à-dire vers les États-Unis – pour que le ratio entre ces deux coefficients se déséquilibre (rappelons que la pente de la courbe est proche de 1,5). Autrement dit, alors que les petits pays ont des flux entrants et sortants de citations – de la science vers les brevets – importants et *grosso modo* équilibrés (*cf. infra*), les plus grands sont clairement importateurs nets de science à l'égard du reste du monde : le taux de captation américain atteint en effet, dans certaines technologies, le double du taux d'évaporation. De deux choses l'une, en ce cas : les États-Unis se distinguent soit par un taux de captation comparativement élevé soit par un taux d'évaporation comparativement faible, toutes choses égales par ailleurs. Le fait que leur capacité relative de rétention scientifique se situe dans la médiane des pays étudiés tandis que leur capacité relative de sourcing domestique soit la plus faible de l'échantillon plaide en faveur de la première de ces deux hypothèses.

Les États-Unis bénéficient certes de la taille de leur pays, qui leur confère naturellement un recouvrement supérieur à la moyenne entre la science issue de leurs laboratoires et celle dont se servent leurs déposants de brevets. Mais il faut ajouter à cela que les déposants américains de brevets – principalement des entreprises – consacrent un effort plus que proportionnel pour aller puiser aux sources mondiales de la science.

Quarto, on observe que le taux d'évaporation scientifique est une fonction significativement décroissante de la part mondiale des citations académiques par les brevets. En clair, plus la contribution d'un pays à l'effort mondial de « recherche brevetable » est modeste, plus celui-ci perd une part importante de ce qu'il publie au profit de déposants étrangers.

Quinto, on obtient une confirmation des deux résultats précédents en observant que le ratio entre citations entrantes et citations sortantes (le bilan import-export) atteint des valeurs de 2 à 4 pour les États-Unis tandis qu'il tend à passer sous le seuil de 1 pour les plus modestes contributeurs, précisément pour ceux qui ont les taux d'évaporation les plus élevés. Les plus petits pays sont donc exportateurs nets de science tandis que les États-Unis vont chercher dans le monde 2 à 4 fois plus de sources scientifiques que ce que les étrangers viennent trouver sur leur sol.

Sexto, les capacités relatives de sourcing et de rétention domestiques, autrement dit les taux normalisés de « retour sur investissement » domestique et industriel de la production nationale de connaissance, sont toujours supérieures à l'unité. Mais elles ne sont pas l'apanage des grandes nations scientifiques et industrielles, et bien au contraire la caractéristique des plus modestes contributeurs à la science mondiale de rupture.

La connaissance étant une externalité difficilement internalisable, il est inévitable que, en volume, la recherche des grandes nations scientifiques, à commencer par celle des États-Unis, nourrisse abondamment les industries étrangères. De même, la « préférence nationale » d'une industrie donnée pour sa recherche domestique (relativement au poids qu'elle pèse dans les publications du noyau) tend vers 1, son minimum, à mesure que le pays occupe une place importante dans la science ou les brevets de rupture. Elle est au contraire maximale pour les pays les plus modestes contributeurs scientifiques et technologiques.

Les États-Unis, parmi tous les pays étudiés, affichent donc le plus faible taux de retour de leur effort national de R&D et « offrent » aux autres pays le plus grand volume de connaissances brevetables. Mais c'est aussi, et de loin, celui dont les déposants complètent le plus intensément les apports de leur science domestique par des références à la littérature étrangère, au point d'être le pays le plus nettement importateur d'articles scientifiques cités par des brevets de rupture.

Annexe K – De quoi les brevets de rupture sont-ils le signe ?

Contenu de la présente annexe

Dans cette section, on teste des corrélations entre les dépôts de brevets de rupture par pays, dans les différentes technologies étudiées, et certaines variables macroéconomiques. On cherche là à examiner si l'effort d'innovation dont témoignent ces dépôts de brevets apparaît cohérent avec d'autres indicateurs de succès économique (exportations de biens intensifs en TIC, PIB par tête, etc.), que ceux-ci puissent être tenus pour cause ou conséquence.

Brevets de rupture et variables macroéconomiques

Deux technologies sont écartées de l'échantillon, faute d'un nombre suffisant de pays déposants : les éoliennes en mer et les agrocarburants pour l'aviation. Pour les 10 technologies restantes, les corrélations sont testées sur un échantillon de 53 pays. Les indicateurs macroéconomiques sont obtenus de diverses sources, toutes ces informations étant résumées dans le tableau K-1 ci-dessous.

Tableau K-1. Origine et nature des données utiles aux traitements de la présente annexe

<p>Les 53 pays de l'échantillon (code ISO 3166-1 alpha-3)</p> <p>ARE, AUS, AUT, BEL, BRA, CAN, CHE, CHL, CHN, COL, CYP, CZE, DEU, DNK, ESP, EST, FIN, FRA, GBR, GRC, HUN, IDN, IND, IRL, IRN, ISR, ITA, JPN, KAZ, KOR, LUX, MEX, MLT, MYS, NLD, NOR, NZL, OMN, POL, PRT, QAT, ROU, RUS, SAU, SGP, SVK, SVN, SWE, THA, TUR, UKR, USA, ZAF</p>
<p>Données provenant de l'annexe A ci-dessus</p> <p>Les parts mondiales en dépôts de brevets de rupture dans chacune des 10 technologies étudiées (les tableaux complets, comportant la totalité des pays, sont disponibles sur demande).</p>
<p>Données issues de la Banque mondiale (moyennées sur la période 2010-2022)</p> <p>Part mondiale dans la VA manufacturière, part mondiale dans le PIB (en dollars constants de 2015), part mondiale dans les exportations de biens high-tech (en dollars courants), part mondiale dans les exportations de biens (en dollars courants), part mondiale dans les exportations de biens TIC (en dollars courants), part mondiale dans les exportations de services TIC (en dollars courants), part mondiale dans les dépenses de santé (en dollars constants de 2015), part mondiale de la dépense de R&D (en dollars constants de 2015), part mondiale dans la valeur ajoutée du secteur « machines et équipements de transports » (en dollars constants de 2015)</p>
<p>Données issues de l'OCDE (moyennées sur la période 2010-2022)</p> <p>Part mondiale dans la dépense intérieure de R&D (en dollars constants de 2015, et parité de pouvoir d'achat), part mondiale dans la dépense publique de R&D (en dollars constants de 2015, et parité de pouvoir d'achat), part mondiale dans la dépense de R&D émanant des entreprises (en dollars constants de 2015, et parité de pouvoir d'achat)</p>

Essai de corrélation avec les exportations en biens TIC

La première étape de ce travail consiste à vérifier la corrélation entre les parts mondiales des pays dans les brevets de rupture et leur part mondiale dans les exportations de biens TIC. Le but de cette recherche est de voir si l'on peut associer une forte activité en matière de dépôt de brevets de rupture avec le succès à l'export dans des domaines réputés intensifs en innovation. En outre, on compare le pouvoir explicatif de cette variable « part mondiale des brevets de rupture » avec celui de trois autres variables explicatives possibles : la part mondiale dans la dépense intérieure de R&D, la part mondiale de la valeur ajoutée manufacturière et la part mondiale du PIB. Ces trois explications candidates sont volontairement sélectionnées pour être graduellement de plus en plus « éloignées » de l'activité innovante.

On s'aperçoit dès les premiers traitements que tous ces essais de corrélation donnent de bien meilleurs résultats lorsque l'on retire le cas particulier de la Chine de l'échantillon : celle-ci « déforme » en effet les modèles par son caractère atypique et il est donc préférable de l'écarter.

Deux autres points de méthode sont à noter. Premièrement, lorsqu'on teste la corrélation, pour chaque pays, entre les parts mondiales de brevets de rupture et la part mondiale des exportations, on se trouve dans la situation où chaque pays se caractérise par 10 valeurs différentes de la variable explicative (puisque'il y a dix technologies et que ses parts de marché varient de l'une à l'autre) et une seule valeur de la variable dépendante. On opte donc pour une régression linéaire avec résidus clusterisés par pays. Pour les trois autres corrélations (dépense intérieure de R&D, valeur ajoutée manufacturière et PIB), une régression linéaire simple est appropriée.

Deuxièmement, nos premières batteries de tests sont invalidées *ex post* par les examens statistiques des résidus, qui ne satisfont pas aux critères à respecter dans le cas d'une régression linéaire.⁴ Nous sommes donc conduits à mener de nombreuses régressions en log-log.

Le tableau K-2 ci-dessous contient les premiers résultats obtenus pour expliquer les exportations de biens TIC. On s'aperçoit d'abord, dans la colonne de gauche, que la corrélation avec les parts mondiales de brevets de rupture est bien plus robuste quand on écarte la Chine de l'échantillon (la Chine tire à la hausse le coefficient de corrélation mais au prix de la significativité de la régression). On la retire donc dans toute la suite de ce travail.

Tableau K-2. Étude des corrélations entre parts mondiales de brevets de rupture, des exportations en biens TIC, de la DIRD, du PIB et de la valeur ajoutée manufacturière

Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC et parts mondiales dans les brevets de rupture (Chine comprise)					Corrélation entre part mondiale des exportations de biens TIC et part mondiale de la DIRD (en log, Chine écartée de l'échantillon)				
justif1 <- lm.cluster (ICTGoodsExp ~ BrevetsR, cluster = 'Pays', data = donnees)					lm(formula = logICTGoodsExp ~ logGERD, data = donneesWest)				
R ² = 0.19816					Residuals:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Min	1Q	Median	3Q	Max
(Intercept)	0.007459992	0.002644745	2.820685	0.004792122 **	-1.9923	-0.8002	-0.2109	0.4217	3.1958
BrevetsR	0.312983846	0.164420784	1.903554	0.056968291 .	Coefficients:				

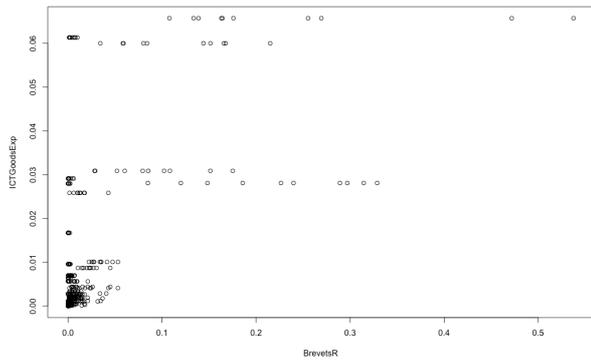
⁴ Homoscédasticité (variance constante des résidus), normalité (l'erreur doit être distribuée selon une loi normale ou quasi-normale), absence d'auto-corrélation des résidus.

Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC et parts mondiales dans les brevets de rupture (Chine écartée de l'échantillon)

justif1 <- lm.cluster (ICTGoodsExp ~ BrevetsR, cluster = 'Pays', data = donneesWest)

R²= 0.3464

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.00556278	0.001630284	3.412155	6.445146e-04 ***
BrevetsR	0.17139519	0.036268348	4.725751	2.292661e-06 ***

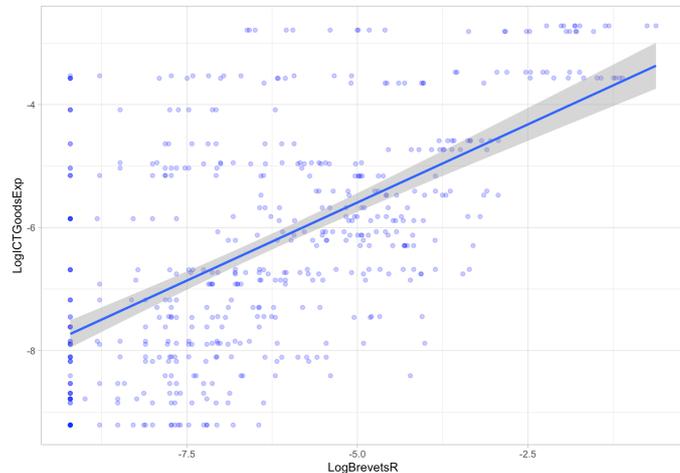


Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC et parts mondiales dans les brevets de rupture (en log, Chine écartée de l'échantillon)

lm.cluster (logICTGoodsExp ~ logBrevetsR, data = donneesWest, cluster = 'Pays')

R²= 0.33511

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.0544508	0.42898270	-7.120219	1.077558e-12 ***
logBrevetsR	0.5076385	0.07616302	6.665156	2.643836e-11 ***



	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.4065	0.2516	-5.589	4.37e-08 ***
logGERD	0.9023	0.0502	17.975	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.204 on 378 degrees of freedom
(150 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.4608, Adjusted R-squared: 0.4594
F-statistic: 323.1 on 1 and 378 DF, p-value: < 2.2e-16

Corrélation entre part mondiale des exportations de biens TIC et part mondiale du PIB (en log, Chine écartée de l'échantillon). Nota bene : l'examen des résidus n'est pas très probant, même en log.

lm(formula = logICTGoodsExp ~ logGDP, data = donneesWest)

Residuals:	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.8778	-1.0325	-0.1029	0.9326	3.7923

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.59045	0.31256	-5.089	5.06e-07 ***
logGDP	0.94489	0.06195	15.252	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.533 on 518 degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.3099, Adjusted R-squared: 0.3086
F-statistic: 232.6 on 1 and 518 DF, p-value: < 2.2e-16

Corrélation entre part mondiale des exportations de biens TIC et part mondiale de la VA manufacturière (en log, Chine écartée de l'échantillon)

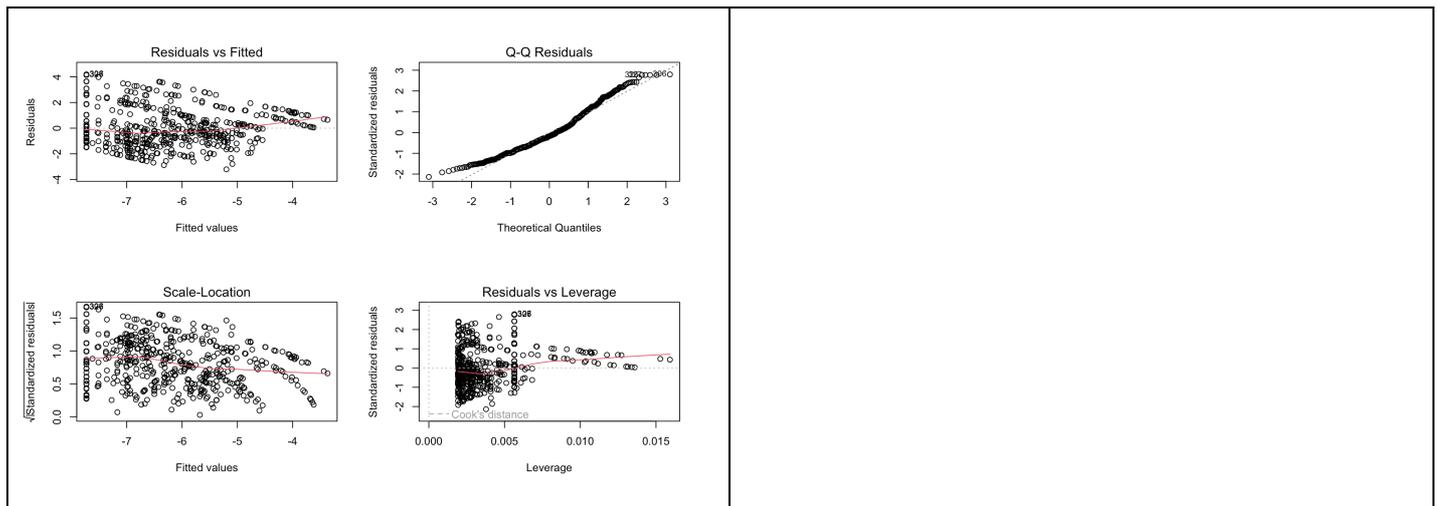
(formula = logICTGoodsExp ~ logManuf, data = donneesWest)

Residuals:	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.8539	-0.8208	-0.0715	0.9307	3.5364

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.55000	0.28187	-1.951	0.0516 .
logManuf	1.13071	0.05468	20.680	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.366 on 518 degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared: 0.4522, Adjusted R-squared: 0.4512
F-statistic: 427.7 on 1 and 518 DF, p-value: < 2.2e-16



Sources : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique de l'industrie.

Dans la colonne de droite du tableau précédent, on voit que l'on obtiendrait des explications aussi convaincantes avec les deux autres variables explicatives testées : la DIRD et la VA manufacturière. Par conséquent, on est porté à tester des modèles de régression combinant ces différentes variables explicatives. C'est l'objet du tableau suivant K-3. On y lit que, en combinant ainsi les variables explicatives, on ne modifie pas sensiblement les valeurs estimées des coefficients mais on altère en revanche la significativité de la régression, tout particulièrement concernant l'influence de la variable « brevets de rupture ». C'est donc que ces différentes variables explicatives – parts mondiales respectives de brevets de rupture, DIRD, valeur ajoutée industrielle – sont toutes significativement liées ensemble.

Tableau K-3. Étude des corrélations entre parts mondiales des exportations en biens TIC et différentes combinaisons de variables explicatives (brevets de rupture, DIRD, PIB et valeur ajoutée manufacturière)

<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans la DIRD, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)</p> <pre>reg300 <- lm.cluster(logICTGoodsExp ~ logBrevetsR + logGERD + logBrevetsR:logGERD , data = donneesWest , cluster = 'Pays')</pre> <p>R²= 0.46294</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.22955659</td> <td>0.83405371</td> <td>-1.4741935</td> <td>1.404295e-01</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>0.12261738</td> <td>0.35733658</td> <td>0.3431425</td> <td>7.314912e-01</td> </tr> <tr> <td>logGERD</td> <td>0.87051470</td> <td>0.20504934</td> <td>4.2453915</td> <td>2.182121e-05 ***</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR:logGERD</td> <td>0.01240071</td> <td>0.05774188</td> <td>0.2147611</td> <td>8.299536e-01</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.22955659	0.83405371	-1.4741935	1.404295e-01	logBrevetsR	0.12261738	0.35733658	0.3431425	7.314912e-01	logGERD	0.87051470	0.20504934	4.2453915	2.182121e-05 ***	logBrevetsR:logGERD	0.01240071	0.05774188	0.2147611	8.299536e-01	<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans la valeur ajoutée manufacturière, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)</p> <pre>reg300 <- lm.cluster(logICTGoodsExp ~ logBrevetsR + logManuf + logBrevetsR:logManuf, data = donneesWest , cluster = 'Pays')</pre> <p>R²= 0.47698</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.34484554</td> <td>0.75380926</td> <td>-1.7840661</td> <td>0.0744129262 .</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>0.04832887</td> <td>0.24590270</td> <td>0.1965366</td> <td>0.8441902097</td> </tr> <tr> <td>logManuf</td> <td>0.71797028</td> <td>0.20752635</td> <td>3.4596584</td> <td>0.0005408611 ***</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR:logManuf</td> <td>-0.02945950</td> <td>0.04323595</td> <td>-0.6813659</td> <td>0.4956400205</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.34484554	0.75380926	-1.7840661	0.0744129262 .	logBrevetsR	0.04832887	0.24590270	0.1965366	0.8441902097	logManuf	0.71797028	0.20752635	3.4596584	0.0005408611 ***	logBrevetsR:logManuf	-0.02945950	0.04323595	-0.6813659	0.4956400205
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.22955659	0.83405371	-1.4741935	1.404295e-01																																															
logBrevetsR	0.12261738	0.35733658	0.3431425	7.314912e-01																																															
logGERD	0.87051470	0.20504934	4.2453915	2.182121e-05 ***																																															
logBrevetsR:logGERD	0.01240071	0.05774188	0.2147611	8.299536e-01																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.34484554	0.75380926	-1.7840661	0.0744129262 .																																															
logBrevetsR	0.04832887	0.24590270	0.1965366	0.8441902097																																															
logManuf	0.71797028	0.20752635	3.4596584	0.0005408611 ***																																															
logBrevetsR:logManuf	-0.02945950	0.04323595	-0.6813659	0.4956400205																																															
<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans la DIRD, d'autre part (en log, hors Chine, sans hypothèse de dépendance)</p> <pre>reg300 <- lm.cluster(logICTGoodsExp ~ logBrevetsR + logGERD , data = donneesWest , cluster = 'Pays')</pre> <p>R²= 0.4625</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.46413433</td> <td>0.5531915</td> <td>-2.6467044</td> <td>8.128037e-03 **</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.46413433	0.5531915	-2.6467044	8.128037e-03 **	<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture, dans la DIRD et dans la valeur ajoutée manufacturière, d'autre part (en log, hors Chine, sans hypothèse de dépendance)</p> <pre>reg300 <- lm.cluster(logICTGoodsExp ~ logBrevetsR + logManuf + logGERD, data = donneesWest , cluster = 'Pays')</pre> <p>R²= 0.50132</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-0.75246261</td> <td>0.5832645</td> <td>-1.29008822</td> <td>0.19702003</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-0.75246261	0.5832645	-1.29008822	0.19702003																														
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.46413433	0.5531915	-2.6467044	8.128037e-03 **																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-0.75246261	0.5832645	-1.29008822	0.19702003																																															

logBrevetsR	0.05800207	0.1210240	0.4792608	6.317531e-01	logBrevetsR	0.09030118	0.1116115	0.80906685	0.41847670				
logGERD	0.82203263	0.2031131	4.0471674	5.184116e-05 ***	logManuf	0.91053852	0.5369165	1.69586612	0.08991124 .				
Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens TIC, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans le PIB, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)					logGERD					0.01075093	0.5478002	0.01962564	0.98434201
reg300 <- lm.cluster(logICTGoodsExp ~ logBrevetsR + logGDP + logBrevetsR:logGDP, data = donneesWest, cluster = 'Pays')													
R^2= 0.37731													
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)									
(Intercept)	-1.40466420	0.79845930	-1.7592183	0.07854044 .									
logBrevetsR	0.39632076	0.26524152	1.4941882	0.13512643 .									
logGDP	0.57898167	0.23187032	2.4970064	0.01252467 *									
logBrevetsR:logGDP	0.01542758	0.04660261	0.3310454	0.74061017									

Sources : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique de l'industrie.

En résumé, on tire quatre enseignements de ces tests. *Primo*, il faut écarter la Chine de l'échantillon pour obtenir des résultats convaincants. *Secundo*, le PIB n'est pas une explication aussi puissante que les autres des parts de marché des exportations de biens TIC (il le devient en passant en log-log). *Tertio*, en parts mondiales, la VA manufacturière et la DIRD sont des explications au moins aussi bonnes que les brevets rupture du niveau des exportations en biens TIC. Mais, *quarto*, dès que l'on combine ces variables, le modèle s'affaiblit, ce qui indique que toutes ces variables explicatives sont liées.

Essais de corrélation avec les exportations de biens *high tech*

On entreprend ensuite la même démarche pour tenter d'expliquer, cette fois, les parts de marché dans les exportations de biens *high tech* (tableau K-4). Ici encore, on observe dans la colonne de gauche que la corrélation est bien plus robuste lorsque l'on retire la Chine de l'échantillon, ce que l'on fait. Dans la colonne de droite, on confirme que les parts mondiales dans la DIRD, le PIB ou la VA manufacturière sont des variables explicatives tout aussi convaincantes des parts de marché dans les exportations de biens *high tech*.

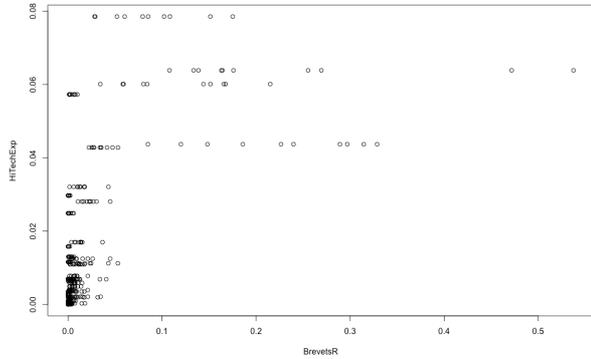
Tableau K-4. Étude des corrélations entre parts mondiales de brevets de rupture, des exportations en biens *high tech*, de la DIRD, du PIB et de la valeur ajoutée manufacturière

Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech et parts mondiales dans les brevets de rupture (Chine comprise)					Corrélation entre part mondiale des exportations de biens high tech et part mondiale de la DIRD (en log, Chine écartée de l'échantillon)				
justif1 <- lm.cluster(HiTechExp ~ BrevetsR, cluster = 'Pays', data = donnees)					lm(formula = logHiTechGoodsExp ~ logGERD, data = donneesWest)				
R^2= 0.24522					Residuals:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Min	1Q	Median	3Q	Max
(Intercept)	0.01021193	0.002684916	3.803445	0.0001426977 ***	-1.79304	-0.87253	0.00966	0.61830	2.58971
BrevetsR	0.34337794	0.162713326	2.110325	0.0348304033 *	Coefficients:				
					Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
					(Intercept)	-0.40246	0.21285	-1.891	0.0594 .
					logGERD	0.99407	0.04246	23.412	<2e-16 ***
Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech et parts mondiales dans les brevets de rupture (Chine écartée de l'échantillon)					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

justif1 <- lm.cluster (HiTechExp ~ BrevetsR, cluster = 'Pays', data = donneesWest)

R²= 0.37841

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.008452431	0.001838264	4.598051	4.264608e-06 ***
BrevetsR	0.213475445	0.043628540	4.893023	9.929883e-07 ***

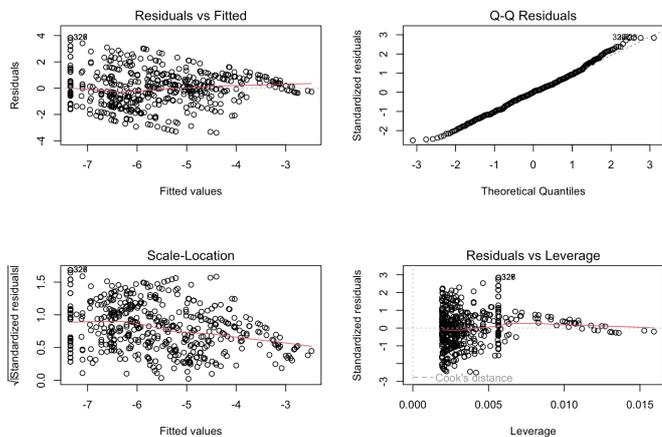
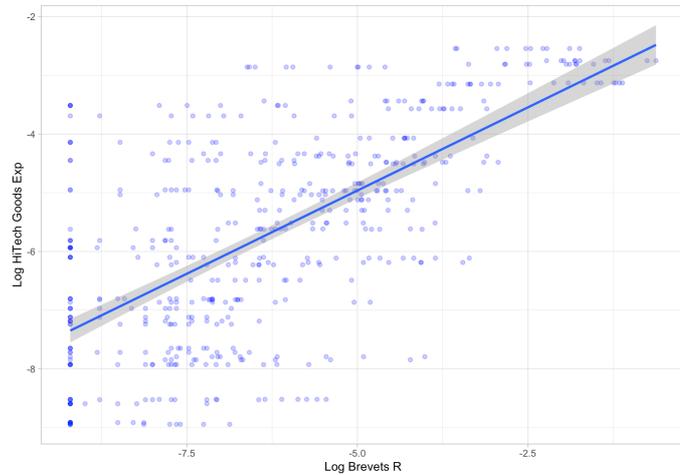


Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech et parts mondiales dans les brevets de rupture (en log, Chine écartée de l'échantillon)

lm.cluster (logHiTechGoodsExp ~ logBrevetsR, data = donneesWest, cluster = 'Pays')

R²= 0.43645

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.129268	0.34193971	-6.227028	4.753659e-10
logBrevetsR	0.566527	0.06294309	9.000622	2.244420e-19



Residual standard error: 1.018 on 378 degrees of freedom
 (150 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.5918, Adjusted R-squared: 0.5908
 F-statistic: 548.1 on 1 and 378 DF, p-value: < 2.2e-16

Corrélation entre part mondiale des exportations de biens high tech et part mondiale du PIB (en log, Chine écartée de l'échantillon)

lm(formula = logHiTechGoodsExp ~ logGDP, data = donneesWest)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-3.1282	-0.9098	0.0021	0.9645	3.2208

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.32165	0.27752	-1.159	0.247
logGDP	1.08978	0.05501	19.812	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.361 on 518 degrees of freedom
 (10 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.4311, Adjusted R-squared: 0.43
 F-statistic: 392.5 on 1 and 518 DF, p-value: < 2.2e-16

Corrélation entre part mondiale des exportations de biens high tech et part mondiale de la VA manufacturière (Chine écartée de l'échantillon)

lm(formula = logHiTechGoodsExp ~ logManuf, data = donneesWest)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-3.0052	-1.0624	0.1419	0.8272	2.9202

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.48805	0.24802	1.968	0.0496 *
logManuf	1.22661	0.04811	25.496	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.202 on 518 degrees of freedom
 (10 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.5565, Adjusted R-squared: 0.5557
 F-statistic: 650.1 on 1 and 518 DF, p-value: < 2.2e-16

Sources : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique de l'industrie.

Comme dans le cas précédent, on tente donc d'obtenir des corrélations au moins aussi robustes par des combinaisons de variables ; c'est l'objet du tableau K-5 ci-dessous. Contrairement aux exportations de biens TIC, l'ajout de variables explicatives modifie les coefficients de régression ; cela affaiblit également la robustesse des estimations. On en conclut que toutes ces variables explicatives sont corrélées.

Tableau K-5. Étude des corrélations entre parts mondiales des exportations en biens high tech et différentes combinaisons de variables explicatives (brevets de rupture, DIRD, PIB et valeur ajoutée manufacturière)

<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans la DIRD, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)</p> <p>lm.cluster (logHiTechGoodsExp ~ logBrevetsR + logGERD + logBrevetsR:logGERD, data = donneesWest, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.60628</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.45612741</td> <td>0.86330397</td> <td>-1.6866914</td> <td>0.091662700 .</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>-0.14282812</td> <td>0.31906804</td> <td>-0.4476416</td> <td>0.654411892</td> </tr> <tr> <td>logGERD</td> <td>0.64001483</td> <td>0.21676995</td> <td>2.9525072</td> <td>0.003152047 **</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR:logGERD</td> <td>-0.04961813</td> <td>0.05024953</td> <td>-0.9874348</td> <td>0.323429531</td> </tr> </tbody> </table> <p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans le PIB, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)</p> <p>lm.cluster (logHiTechGoodsExp ~ logBrevetsR + logGDP + logBrevetsR:logGDP, data = donneesWest, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.5087</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.34901960</td> <td>0.88605543</td> <td>-1.5225002</td> <td>0.12788379</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>0.16518486</td> <td>0.22473183</td> <td>0.7350310</td> <td>0.46232063</td> </tr> <tr> <td>logGDP</td> <td>0.42856459</td> <td>0.24016990</td> <td>1.7844226</td> <td>0.07435502 .</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR:logGDP</td> <td>-0.03655507</td> <td>0.04276433</td> <td>-0.8548027</td> <td>0.39266036</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.45612741	0.86330397	-1.6866914	0.091662700 .	logBrevetsR	-0.14282812	0.31906804	-0.4476416	0.654411892	logGERD	0.64001483	0.21676995	2.9525072	0.003152047 **	logBrevetsR:logGERD	-0.04961813	0.05024953	-0.9874348	0.323429531		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.34901960	0.88605543	-1.5225002	0.12788379	logBrevetsR	0.16518486	0.22473183	0.7350310	0.46232063	logGDP	0.42856459	0.24016990	1.7844226	0.07435502 .	logBrevetsR:logGDP	-0.03655507	0.04276433	-0.8548027	0.39266036	<p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture et dans la valeur ajoutée manufacturière, d'autre part (en log, hors Chine, avec hypothèse de dépendance)</p> <p>lm.cluster (logHiTechGoodsExp ~ logBrevetsR + logManuf + logBrevetsR:logManuf, data = donneesWest, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.60501</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.28603075</td> <td>0.81911412</td> <td>-1.5700263</td> <td>0.11640898</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>-0.09097536</td> <td>0.21402653</td> <td>-0.4250658</td> <td>0.67078870</td> </tr> <tr> <td>logManuf</td> <td>0.52955568</td> <td>0.21423190</td> <td>2.4718806</td> <td>0.01344044 *</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR:logManuf</td> <td>-0.06938459</td> <td>0.03925103</td> <td>-1.7677141</td> <td>0.07710870 .</td> </tr> </tbody> </table> <p>Corrélation entre parts mondiales des exportations de biens high tech, d'une part, et parts mondiales dans les brevets de rupture, dans la DIRD et dans la valeur ajoutée manufacturière, d'autre part (en log, hors Chine, sans hypothèse de dépendance)</p> <p>lm.cluster (logHiTechGoodsExp ~ logBrevetsR + logManuf + logGERD + logGDP, data = donneesWest, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.7163</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-0.1723237</td> <td>0.62902872</td> <td>-0.273952</td> <td>0.7841215027</td> </tr> <tr> <td>logBrevetsR</td> <td>0.1161043</td> <td>0.09048925</td> <td>1.283073</td> <td>0.1994664236</td> </tr> <tr> <td>logManuf</td> <td>1.8573257</td> <td>0.45003607</td> <td>4.127060</td> <td>0.0000367431 ***</td> </tr> <tr> <td>logGERD</td> <td>0.7700475</td> <td>0.45033312</td> <td>1.709951</td> <td>0.0872749829.</td> </tr> <tr> <td>logGDP</td> <td>-1.7646332</td> <td>0.48646434</td> <td>-3.627467</td> <td>0.0002862157 ***</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.28603075	0.81911412	-1.5700263	0.11640898	logBrevetsR	-0.09097536	0.21402653	-0.4250658	0.67078870	logManuf	0.52955568	0.21423190	2.4718806	0.01344044 *	logBrevetsR:logManuf	-0.06938459	0.03925103	-1.7677141	0.07710870 .		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-0.1723237	0.62902872	-0.273952	0.7841215027	logBrevetsR	0.1161043	0.09048925	1.283073	0.1994664236	logManuf	1.8573257	0.45003607	4.127060	0.0000367431 ***	logGERD	0.7700475	0.45033312	1.709951	0.0872749829.	logGDP	-1.7646332	0.48646434	-3.627467	0.0002862157 ***
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																																																																																						
(Intercept)	-1.45612741	0.86330397	-1.6866914	0.091662700 .																																																																																																						
logBrevetsR	-0.14282812	0.31906804	-0.4476416	0.654411892																																																																																																						
logGERD	0.64001483	0.21676995	2.9525072	0.003152047 **																																																																																																						
logBrevetsR:logGERD	-0.04961813	0.05024953	-0.9874348	0.323429531																																																																																																						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																																																																																						
(Intercept)	-1.34901960	0.88605543	-1.5225002	0.12788379																																																																																																						
logBrevetsR	0.16518486	0.22473183	0.7350310	0.46232063																																																																																																						
logGDP	0.42856459	0.24016990	1.7844226	0.07435502 .																																																																																																						
logBrevetsR:logGDP	-0.03655507	0.04276433	-0.8548027	0.39266036																																																																																																						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																																																																																						
(Intercept)	-1.28603075	0.81911412	-1.5700263	0.11640898																																																																																																						
logBrevetsR	-0.09097536	0.21402653	-0.4250658	0.67078870																																																																																																						
logManuf	0.52955568	0.21423190	2.4718806	0.01344044 *																																																																																																						
logBrevetsR:logManuf	-0.06938459	0.03925103	-1.7677141	0.07710870 .																																																																																																						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																																																																																						
(Intercept)	-0.1723237	0.62902872	-0.273952	0.7841215027																																																																																																						
logBrevetsR	0.1161043	0.09048925	1.283073	0.1994664236																																																																																																						
logManuf	1.8573257	0.45003607	4.127060	0.0000367431 ***																																																																																																						
logGERD	0.7700475	0.45033312	1.709951	0.0872749829.																																																																																																						
logGDP	-1.7646332	0.48646434	-3.627467	0.0002862157 ***																																																																																																						

Sources : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique de l'industrie.

En résumé, il existe certes un lien significatif entre le poids mondial d'un pays dans les brevets de rupture et son poids mondial dans les exportations TIC ou high tech, sans que l'on puisse dire lequel des deux soutient l'autre principalement. Mais cette relation est relativement erratique autour de la droite de corrélation : il subsiste un aléa (un choix ?) dans la propension d'un pays donné à déposer des brevets de rupture dans telle ou telle technologie. En outre, cette corrélation est de la même teneur que celle qui lie ces exportations avec les parts mondiales dans la VA manufacturière ou dans la dépense intérieure de R&D.

Essais de corrélation dans certains secteurs spécifiques

On entame à présent une nouvelle série de tests, focalisés respectivement sur trois domaines technico-industriels : la santé, les TIC et les transports. Dans chacun de ces trois domaines, on ne retient que les technologies de rupture qui s'en approchent le plus ainsi qu'une ou deux variables macroéconomiques explicatives. Il s'agit cette fois d'étudier, toujours sur notre échantillon de 53 pays, dans quelle mesure le volume d'un marché donné peut être une explication convaincante au dynamisme des pays en matière d'innovation dans les technologies qui lui correspondent.

Pour les mêmes raisons méthodologiques qu'au paragraphe précédent, ces estimations sont conduites avec des résidus clusterisés, en log-log, et en écartant la Chine de l'échantillon.

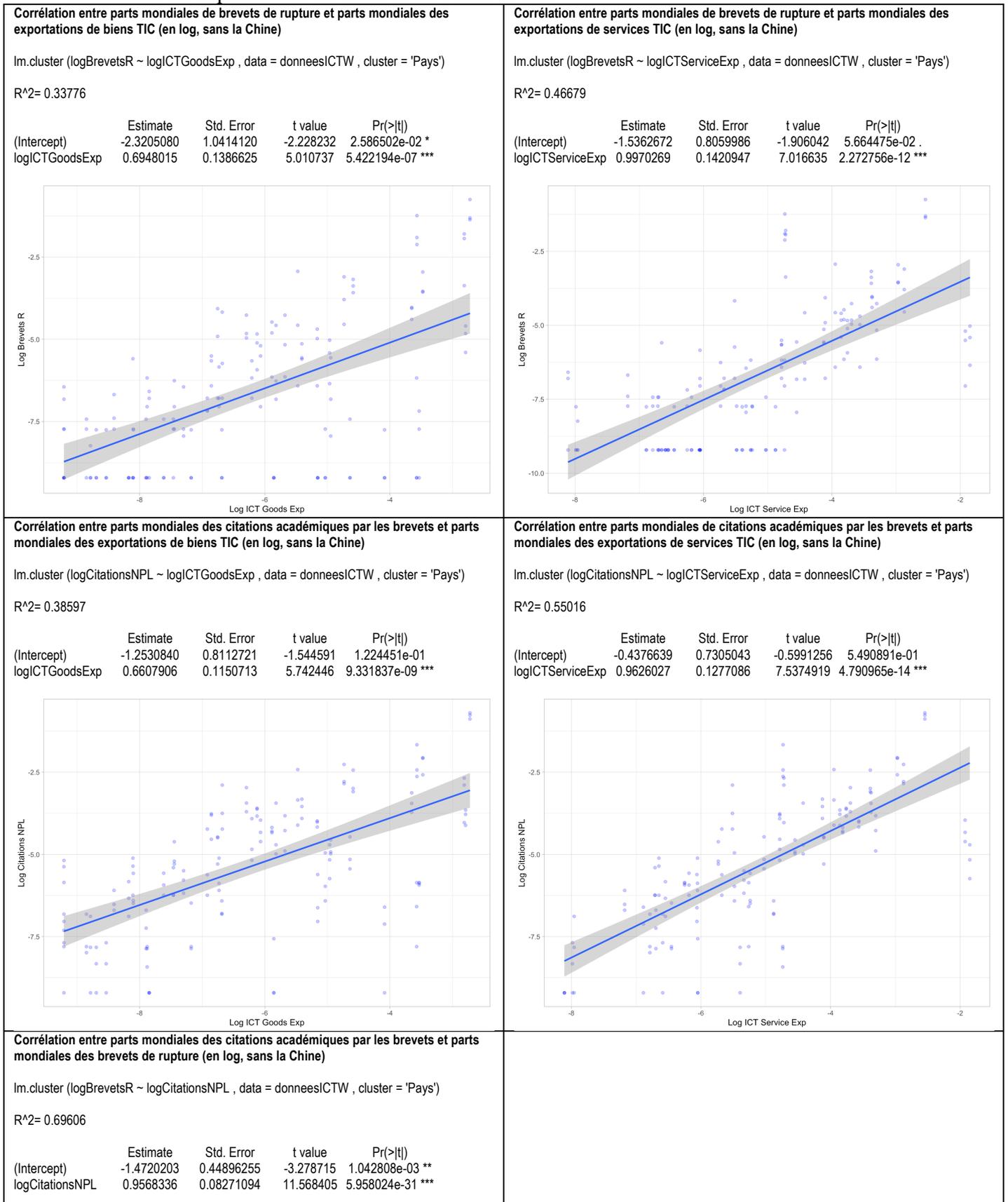
Pour le secteur des TIC, on compare le poids des pays à des différentes étapes conduisant au dépôt de brevets dans les domaines de la nanoélectronique, de la spintronique et de l'ordinateur quantique. On examine par ailleurs si la puissance de leur industrie (mesurée par les parts de marché des exportations de biens et de services TIC) et de leur recherche (mesurée par les parts mondiales des citations académiques par les brevets et des publications du noyau) y sont significativement corrélées.

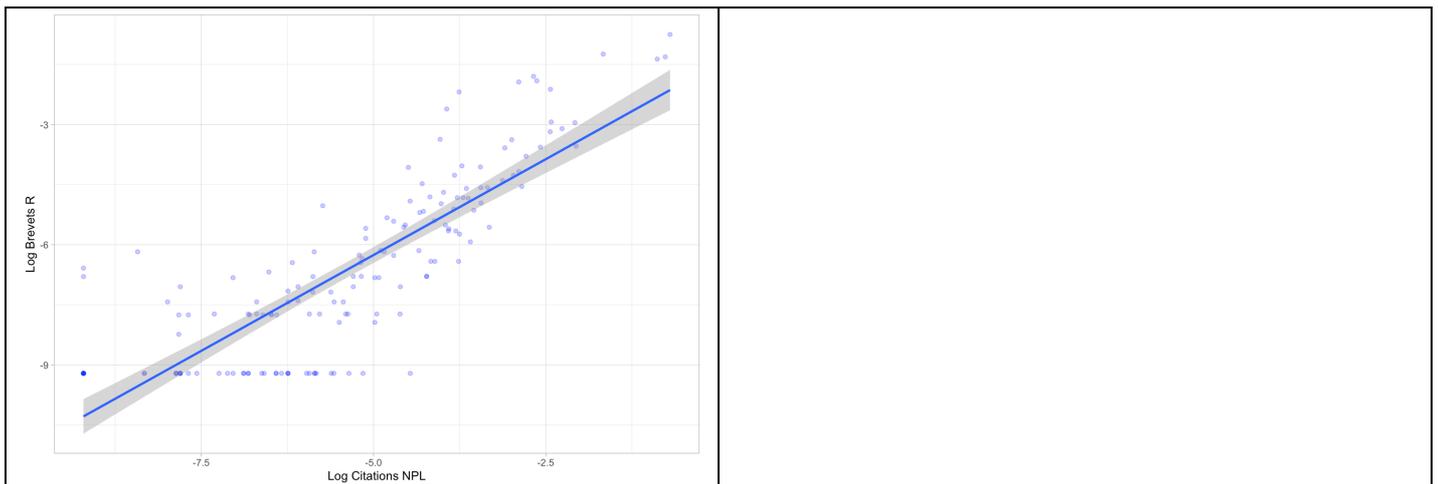
Pour le secteur de la santé, on compare le poids des pays aux différentes étapes conduisant au dépôt de brevets dans le domaine de l'ARN messager ; et on examine si l'importance de leur système de santé (plus précisément leur part mondiale dans les dépenses de santé) et celle de leur appareil de recherche y sont significativement corrélées.

Pour le secteur des transports, on compare le poids des pays aux différentes étapes conduisant au dépôt de brevets dans les domaines des batteries pour véhicules électriques et de l'hydrogène à des fins de mobilité. On examine par ailleurs si le poids de leur industrie (mesurée par la part mondiale du secteur « biens d'équipement et de transports ») et celle de leur recherche y sont significativement corrélées.

Le tableau K-6, pour commencer, est centré sur le domaine des TIC. Il est donc restreint aux technologies suivantes : nanoélectronique, ordinateur quantique et spintronique (toujours sur un échantillon de 54 pays). La part mondiale en brevets de rupture est corrélée ici aux exportations en biens TIC et en services TIC. Les corrélations ressortent comme significatives mais une lecture graphique nous invite à la prudence : même en écartant le cas particulier de la Chine, la dispersion des points autour des droites de régression est tellement forte que la relation paraît dans l'ensemble modérément probante. Par contraste, le graphique en bas à gauche que la corrélation est plus univoque quand on entre « à l'intérieur » du processus d'innovation, ici entre le poids mondial dans les citations académiques par les brevets et le poids mondial dans les brevets de rupture.

Tableau K-6. Étude des corrélations entre les parts mondiales en brevets de rupture, citations académiques et publications du noyau dans les TIC (trois technologies étudiées) et les parts mondiales en exportations de biens et de services TIC



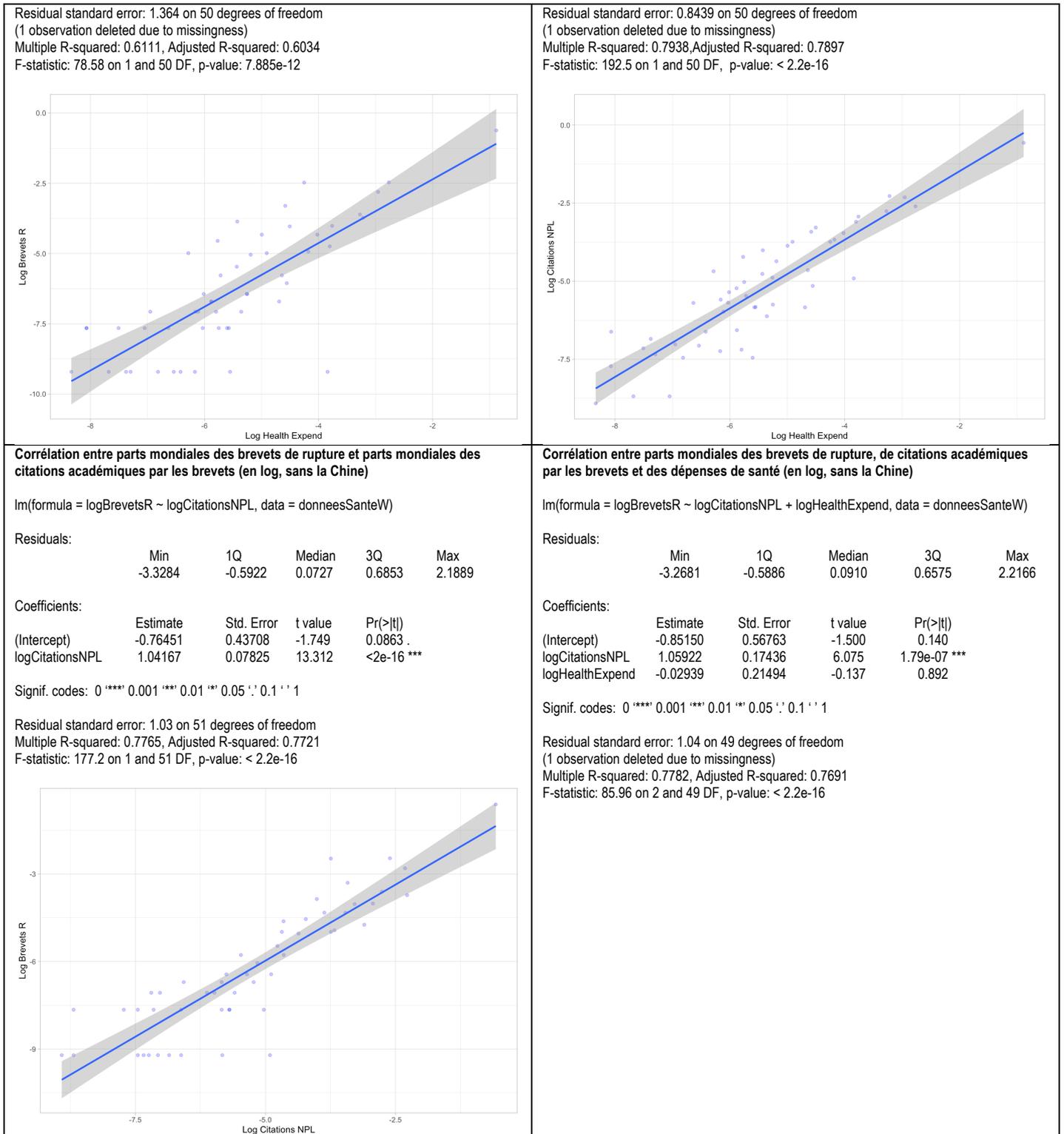


Source : OST-Hcéres et Banque mondiale. Traitements La Fabrique

Le tableau K-7 explore des corrélations analogues dans le domaine de la santé. Au sein de notre échantillon, cela concerne une technologie de rupture (l'ARN messenger). Les parts de marché en brevets de rupture, en citations académiques par les brevets et en publications scientifiques du noyau sont ici rapportées au poids mondial dans les dépenses de santé. Les corrélations sont significatives voire très significatives et apparaissent plus nettement que dans les cas précédents. Elles appellent deux observations. Premièrement, il peut sembler paradoxal que l'innovation dans le domaine de la santé soit plus nettement corrélée à la taille du marché aval (*market pulled*) que dans le domaine des TIC par exemple, alors que c'est dans ce domaine technologique que l'on a recensé à la fois le plus grand nombre de startups et le plus grand nombre de publications académiques citées par brevet. On pourrait en tirer le constat qu'il est erroné d'opposer les hypothèses *science pushed* et *market pulled*. Deuxièmement, les parts mondiales en brevets de rupture apparaissent également significativement liées aux citations académiques par les brevets. Quand on tente de combiner les deux variables explicatives (citations de brevets et dépenses de santé), on affaiblit la corrélation avec les dépenses de santé et seules les citations académiques par les brevets conservent une corrélation significative ; le fait d'ajouter un effet de dépendance entre les deux ne change rien.

Tableau K-7. Étude des corrélations entre les parts mondiales en brevets de rupture, en citations académiques par les brevets et en publications scientifiques du noyau dans le domaine de l'ARN messenger et le poids mondial en dépenses de santé

Corrélation entre parts mondiales des brevets de rupture et parts mondiales des dépenses de santé (en log, sans la Chine)					Corrélation entre parts mondiales des citations académiques par les brevets et parts mondiales des dépenses de santé (en log, sans la Chine)						
lm(formula = logBrevetsR ~ logHealthExpend, data = donneesSanteW)					lm(formula = logCitationsNPL ~ logHealthExpend, data = donneesSanteW)						
Residuals:					Residuals:						
	Min	1Q	Median	3Q	Max		Min	1Q	Median	3Q	Max
	-4.7622	-0.7651	0.0320	0.7874	2.4396		-2.0177	-0.5106	0.1839	0.5312	1.5206
Coefficients:					Coefficients:						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		
(Intercept)	-0.09092	0.72570	-0.125	0.901	(Intercept)	0.71806	0.44905	1.599	0.116		
logHealthExpend	1.13396	0.12792	8.865	7.89e-12 ***	logHealthExpend	1.09831	0.07915	13.875	<2e-16 ***		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

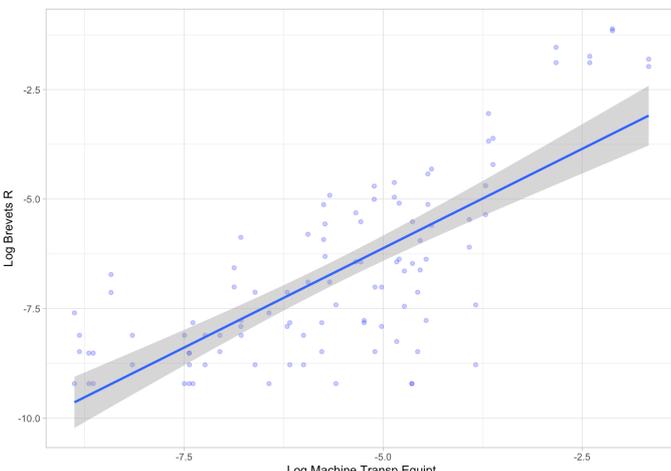
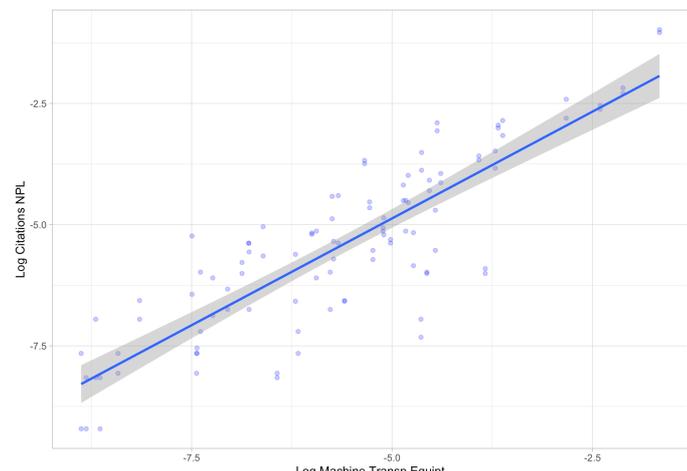


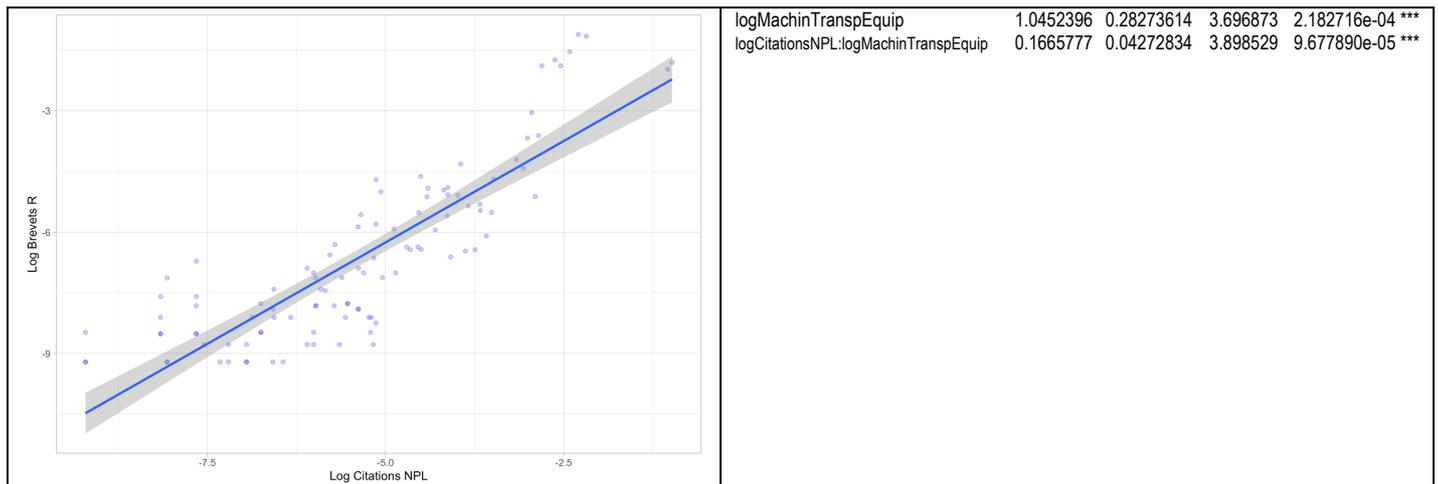
Source : OST-Hcéres et banque mondiale. Traitements La Fabrique

Le troisième marché étudié est celui des transports. L'analyse est centrée ici autour de deux technologies : les batteries pour véhicules électriques et l'hydrogène appliqué aux transports. On peut établir des corrélations significatives des parts mondiales de brevets de rupture avec les parts mondiales en citations NPL mais aussi avec les parts mondiales de la VA dans les industries d'équipements et de transports. Contrairement aux cas précédents, on parvient à

conserver une corrélation significative en combinant ces deux variables explicatives (à la condition d'ajouter un effet de dépendance entre les deux, comme nous y invite la mise au jour de leur corrélation). L'innovation dans ce domaine semble donc à parité tirée par le marché et poussée par la science.

Tableau K-8. Étude des corrélations entre les parts mondiales en brevets de rupture, en citations académiques par les brevets et en publications scientifiques du noyau dans le domaine des équipements de transport (deux technologies étudiées) et la part mondiale de valeur ajoutée industrielle dans le secteur des biens d'équipement et des équipements de transport

<p>Corrélation entre parts mondiales des brevets de rupture et parts mondiales de la valeur ajoutée industrielle dans le secteur des transports (en log, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logMachinTranspEquip, data = donneesTranspW, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.55949</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.5848860</td> <td>0.7680938</td> <td>-2.063402</td> <td>3.907448e-02 *</td> </tr> <tr> <td>logMachinTranspEquip</td> <td>0.9069524</td> <td>0.1202069</td> <td>7.544929</td> <td>4.525333e-14 ***</td> </tr> </tbody> </table> 		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.5848860	0.7680938	-2.063402	3.907448e-02 *	logMachinTranspEquip	0.9069524	0.1202069	7.544929	4.525333e-14 ***	<p>Corrélation entre parts mondiales des citations académiques par les brevets et parts mondiales de la valeur ajoutée industrielle dans le secteur des transports (en log, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logCitationsNPL ~ logMachinTranspEquip, data = donneesTranspW, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.7295</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-0.4666329</td> <td>0.36645746</td> <td>-1.273362</td> <td>2.028897e-01</td> </tr> <tr> <td>logMachinTranspEquip</td> <td>0.8809450</td> <td>0.05759221</td> <td>15.296252</td> <td>8.098876e-53 ***</td> </tr> </tbody> </table> 		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-0.4666329	0.36645746	-1.273362	2.028897e-01	logMachinTranspEquip	0.8809450	0.05759221	15.296252	8.098876e-53 ***																				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.5848860	0.7680938	-2.063402	3.907448e-02 *																																															
logMachinTranspEquip	0.9069524	0.1202069	7.544929	4.525333e-14 ***																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-0.4666329	0.36645746	-1.273362	2.028897e-01																																															
logMachinTranspEquip	0.8809450	0.05759221	15.296252	8.098876e-53 ***																																															
<p>Corrélation entre parts mondiales des brevets de rupture et parts mondiales des citations académiques par les brevets (en log, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logCitationsNPL, data = donneesTranspW, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.72629</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.240084</td> <td>0.5543509</td> <td>-2.237002</td> <td>2.528624e-02 *</td> </tr> <tr> <td>logCitationsNPL</td> <td>1.003072</td> <td>0.0961799</td> <td>10.429125</td> <td>1.825619e-25 ***</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.240084	0.5543509	-2.237002	2.528624e-02 *	logCitationsNPL	1.003072	0.0961799	10.429125	1.825619e-25 ***	<p>Corrélation entre parts mondiales des brevets de rupture, d'une part, et parts mondiales des citations académiques par les brevets et de la valeur ajoutée industrielle dans le secteur des transports, d'autre part (en log, sans effet de dépendance, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logCitationsNPL + logMachinTranspEquip, data = donneesTranspW, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.72534</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-1.1553466</td> <td>0.6481243</td> <td>-1.7826004</td> <td>7.465138e-02 .</td> </tr> <tr> <td>logCitationsNPL</td> <td>0.9205081</td> <td>0.1270601</td> <td>7.2446682</td> <td>4.334992e-13 ***</td> </tr> <tr> <td>logMachinTranspEquip</td> <td>0.0960354</td> <td>0.1548995</td> <td>0.6199854</td> <td>5.352674e-01</td> </tr> </tbody> </table> <p>Corrélation entre parts mondiales des brevets de rupture, d'une part, et parts mondiales des citations académiques par les brevets et de la valeur ajoutée industrielle dans le secteur des transports, d'autre part (en log, avec effet de dépendance, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logCitationsNPL + logMachinTranspEquip + logCitationsNPL:logMachinTranspEquip, data = donneesTranspW, cluster = 'Pays')</p> <p>R²= 0.81951</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(> t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>3.3073301</td> <td>1.50589666</td> <td>2.196253</td> <td>2.807384e-02 *</td> </tr> <tr> <td>logCitationsNPL</td> <td>1.7760806</td> <td>0.26628313</td> <td>6.669895</td> <td>2.559862e-11 ***</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	-1.1553466	0.6481243	-1.7826004	7.465138e-02 .	logCitationsNPL	0.9205081	0.1270601	7.2446682	4.334992e-13 ***	logMachinTranspEquip	0.0960354	0.1548995	0.6199854	5.352674e-01		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	(Intercept)	3.3073301	1.50589666	2.196253	2.807384e-02 *	logCitationsNPL	1.7760806	0.26628313	6.669895	2.559862e-11 ***
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.240084	0.5543509	-2.237002	2.528624e-02 *																																															
logCitationsNPL	1.003072	0.0961799	10.429125	1.825619e-25 ***																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	-1.1553466	0.6481243	-1.7826004	7.465138e-02 .																																															
logCitationsNPL	0.9205081	0.1270601	7.2446682	4.334992e-13 ***																																															
logMachinTranspEquip	0.0960354	0.1548995	0.6199854	5.352674e-01																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)																																															
(Intercept)	3.3073301	1.50589666	2.196253	2.807384e-02 *																																															
logCitationsNPL	1.7760806	0.26628313	6.669895	2.559862e-11 ***																																															



Source : OST-Hcéres et Banque mondiale. Traitements La Fabrique

Interprétation des résultats

Les travaux contenus dans cette annexe visent à tester s'il existe un lien entre le poids mondial des pays dans le développement des innovations de rupture, notamment au stade des dépôts de brevet et de production académique citée par les brevets (les citations NPL), et quelques grandes caractéristiques macroéconomiques permettant d'apprécier l'importance mondiale des secteurs industriels concernés : TIC, *high tech*, santé, transports...

Un premier point commun à toutes ces analyses est qu'elles ne produisent des résultats significatifs qu'à la double condition d'écarter la Chine de l'échantillon (valeur aberrante) et de conduire les tests sur les logarithmes des parts mondiales (pour normaliser les résidus, autrement dit pour annuler la déformation induite par les plus grands pays). Autrement dit, la Chine est, pour le moment encore, sur une trajectoire technico-économique différente de celle de tous les autres pays testés : les rapports entre les grandeurs mesurées la situent toujours « en dehors du peloton », sur une droite de régression qui lui serait propre. Deuxièmement, si les résidus n'ont pas une distribution normale, c'est qu'on peut observer au cas par cas de vastes écarts à la droite de régression, pour une technologie et un pays donné, quand bien même cette droite est estimée très robuste par les modèles. En d'autres termes, les particularismes sont nombreux et parfois très amples, ce qui laisse entendre que chaque pays conserve, dans chaque technologie, une latitude particulière pour accentuer, ou non, son effort de recherche ou de développement technologique.

Cela étant dit, en raisonnant en parts mondiales, il apparaît que les dépôts de brevets de rupture sont significativement corrélés aux exportations de biens TIC ou de biens high tech, mais aussi à la dépense de R&D et à la VA manufacturière (les tests sur le PIB sont moins probants). Seulement il n'est pas possible de combiner ces variables explicatives sans affaiblir les modèles, comme si toutes ces grandeurs traduisaient en fait la même information.

Dans le cas particulier des TIC, la corrélation entre brevets de rupture et exportations de biens et de services ressort comme modestement probante (elle est plus nette entre brevets de rupture

et citations académiques par les brevets). Dans le cas de la santé (donc de l'ARN messenger), les dépôts de brevets semblent aussi bien corrélés à la production scientifique en amont (les publications du noyau) qu'à la taille du marché en aval (les dépenses de santé) ; ici aussi, on ne fait qu'affaiblir le modèle en tentant de combiner ces deux explications. Enfin, dans le domaine des transports, les dépôts de brevets sont également corrélés à la production scientifique en amont (les citations NPL) et à la taille du marché en aval (VA industrielle du secteur) ; mais il est possible de combiner ces deux variables explicatives sans affaiblir le modèle.

Annexe L – Les particularismes nationaux nettement plus prégnants que les particularismes technologiques

Contenu de la présente annexe

On procède dans cette section à une analyse de la covariance, sur plusieurs variables dépendantes, afin d'examiner séparément deux hypothèses souvent établies dans la littérature.

La première (l'effet « pays ») énonce que les corrélations que l'on peut identifier au sein de nos données (par exemple la corrélation, pour un pays et une technologie donnés, entre la part mondiale des publications du noyau et la part mondiale des publications citées dans les brevets) varient significativement d'un pays à l'autre, pour différentes raisons : efficacité des politiques publiques et des écosystèmes privés d'innovation, économies d'agglomération dues à la taille du pays, proximité linguistique entre pays... Cette hypothèse est à la base de bien des travaux de benchmarking et, par conséquence, de nombreuses politiques publiques visant à améliorer l'efficacité de l'investissement dans la connaissance, dans chaque État s'inspirant des « meilleures pratiques » identifiées à l'étranger.

La seconde hypothèse (l'effet « technologie ») énonce de manière complémentaire que ces corrélations varient significativement d'une technologie à l'autre, qui relèvent de caractéristiques intrinsèques des secteurs économiques et des domaines scientifiques mobilisés : intensité en connaissances de rupture, coûts fixes et durées minimales d'investissement à consentir pour parvenir à une innovation solvable, rythme d'entrée des nouveaux concurrents sur le marché, intensité capitalistique du marché... La notion de « régime technologique » a été forgée pour illustrer le fait que toutes les technologies ne pouvaient pas avoir le même métabolisme ni les mêmes leviers d'activation, ce qui vient compliquer d'autant l'analyse comparative de l'efficacité des politiques publiques d'un pays à l'autre.

Comme on va le voir étape par étape ci-dessous, l'effet « pays » apparaît significatif dans toutes les corrélations que nous expérimentons à partir de nos données ; et l'effet « technologie » ne l'est quasiment jamais.

Analyses de la covariance sur les parts mondiales

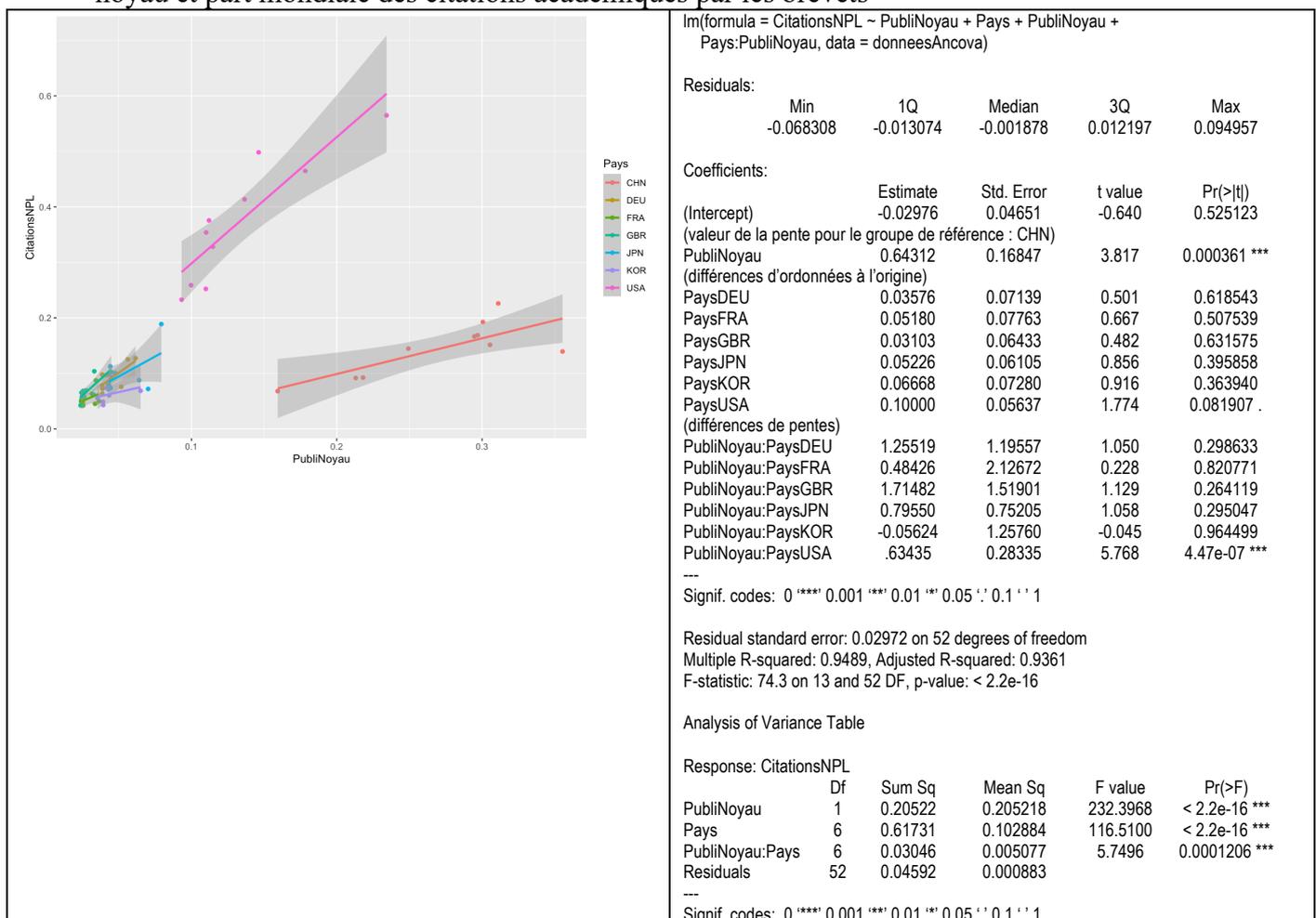
En guise de première étape, nous allons d'abord tester la relation, pour chaque pays et chaque technologie, entre la part mondiale des publications du noyau (variable explicative) et la part mondiale des citations de brevets (variable dépendante). On examine donc ici dans quelle

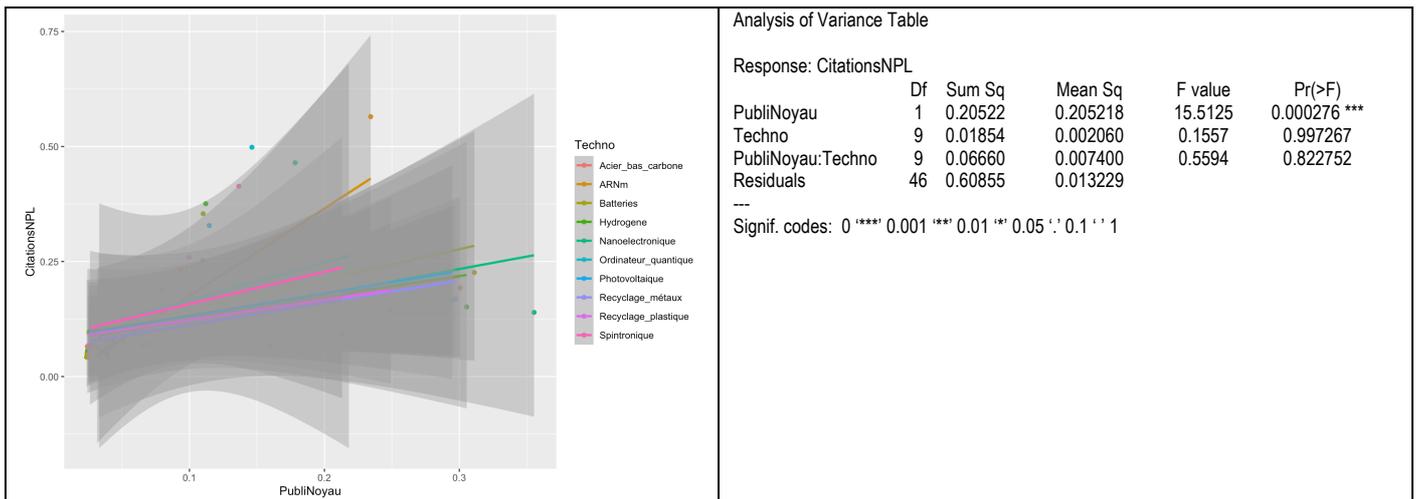
mesure les pays parviennent à convertir leur effort de recherche dans des domaines a priori pertinents (le noyau) en un grand nombre de publications qui seront effectivement citées par les brevets de rupture.

Le tableau L-1 nous enseigne plusieurs choses. D’abord, cette corrélation varie très significativement d’un pays à l’autre mais pas d’une technologie à l’autre. L’hypothèse d’un effet « pays » est validée tandis que celle d’un effet « technologie » est rejetée.

La pente de la courbe, autrement dit le coefficient de corrélation entre les deux variables, est différente d’un pays à l’autre. La Chine est ici prise pour pays de référence. Seul un pays, la Corée, affiche un taux comparable c’est-à-dire une propension identique à traduire son effort de recherche en littérature scientifique pertinente aux yeux des déposants de brevets (la différence de pente est seulement de -0,06). La France et le Japon affichent des pentes un peu plus fortes (+0,48 et +0,80 respectivement), et l’Allemagne un peu plus forte encore (+1,26). Ce sont les États-Unis et le Royaume-Uni qui affichent les pentes les plus prononcées (+1,63 et +1,71 respectivement).

Tableau L-1. Analyse de la covariance sur la relation entre part mondiale des publications du noyau et part mondiale des citations académiques par les brevets





Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Lecture des données : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Sur le graphique en haut à gauche, on lit que les coefficients de corrélation entre la part mondiale des publications du noyau (en abscisse) et la part mondiale des citations académiques par les brevets (en ordonnée) varient significativement d'un pays à l'autre. Sur le graphique en bas à droite, on voit qu'ils ne varient pas significativement d'une technologie à l'autre.

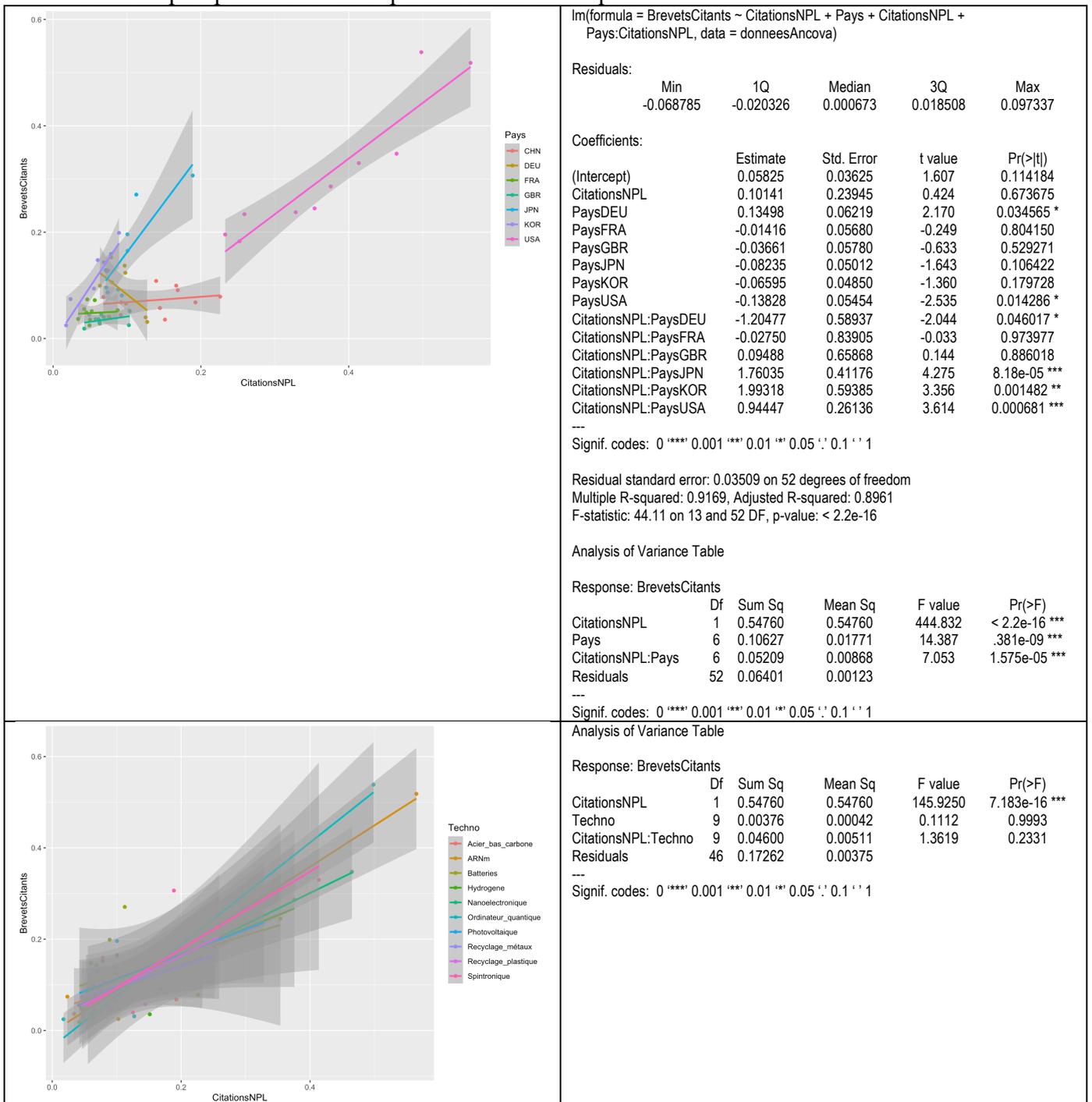
La deuxième étape consiste à tester la corrélation entre la part mondiale de publications académiques citées par les brevets et la part mondiale de brevets citants, autrement dit à se demander si la proactivité pour déposer des brevets de rupture qui s'appuient sur la science est liée à la proactivité pour publier des articles qui sont repris par des brevets.

Le tableau L-2 ci-dessous montre, comme dans le cas précédent, que cette corrélation ne varie pas significativement d'une technologie à l'autre mais qu'elle varie très significativement d'un pays à l'autre. À nouveau, l'hypothèse d'un effet « pays » est la seule validée ici.

L'ordre des pays, en revanche, est inversé. Plus précisément, partant de la Chine comme pays de référence, on remarque que la France et le Royaume-Uni affichent des pentes assez voisines (respectivement -0,03 et +0,09), quand l'Allemagne présente une pente nettement inférieure (-1,20) et donc négative. Les États-Unis (+0,94) et plus encore le Japon (+1,76) et la Corée (+1,99) sont les trois seuls pays à présenter une pente nettement plus prononcée.

En résumé, les économies française, britannique et chinoise ont une propension à déposer des brevets citants à peu près indépendante de leur poids dans la recherche mondiale jugée pertinente par ces mêmes brevets. Les industriels allemands sont plus proactifs pour déposer des brevets citants qui s'appuient sur des domaines scientifiques où la recherche allemande est plutôt moins présente, ce qui peut sembler paradoxal. Et les entreprises américaines, japonaises et coréennes ont une propension à déposer des brevets citants très fortement alignée sur la propension des laboratoires nationaux à publier des articles qui seront repris par des brevets. C'est sans doute à cette étape-là de la chaîne (i.e. sur cette corrélation-là) que la faiblesse européenne en matière d'innovations de rupture est la plus manifeste.

Tableau L-2. Analyse de la covariance sur la relation entre part mondiale des citations académiques par les brevets et part mondiale des dépôts de brevets citants



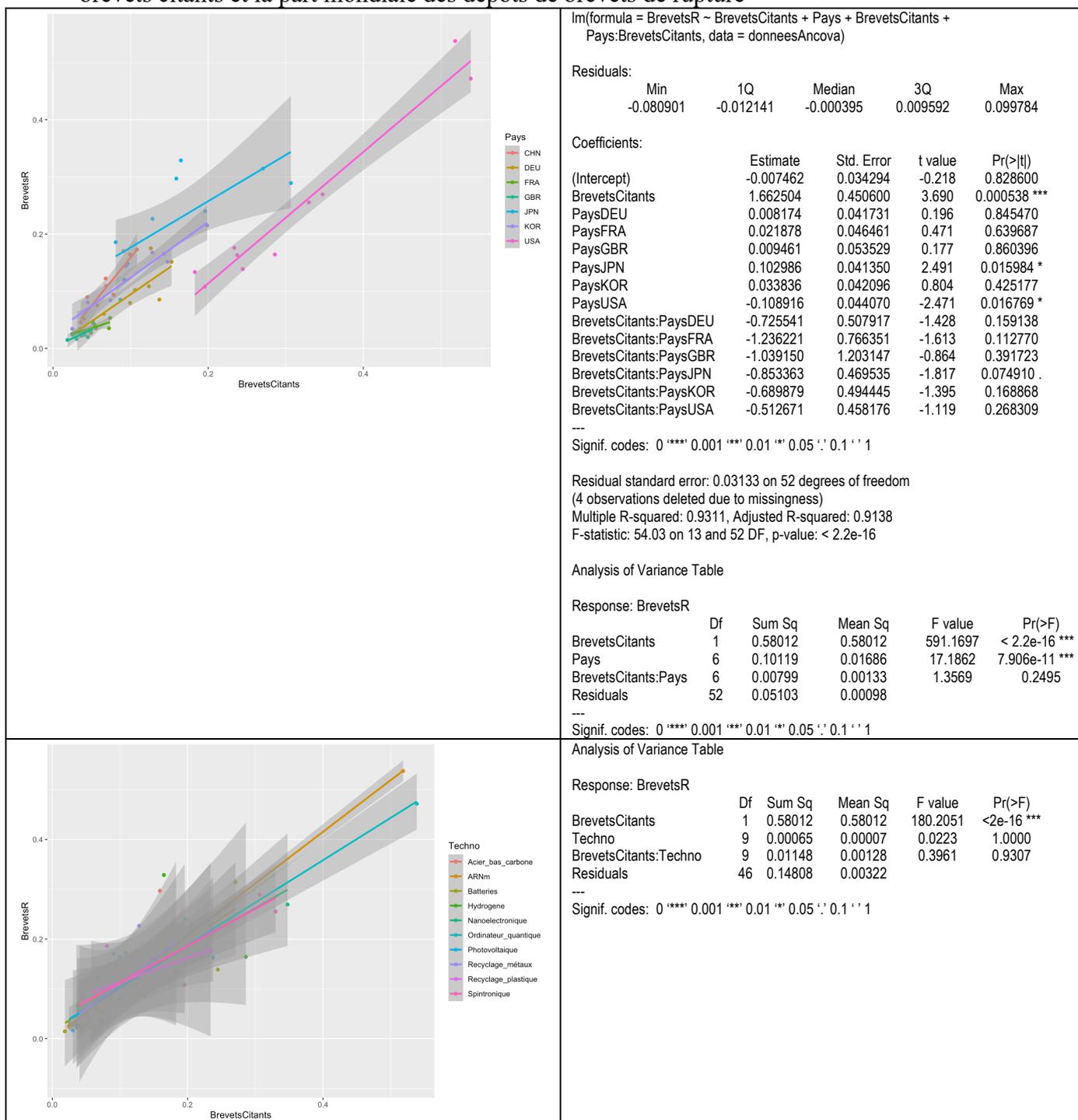
Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Lecture des données : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Sur le graphique en haut à gauche, on lit que les coefficients de corrélation entre la part mondiale des citations académiques par les brevets (en abscisse) et la part mondiale des brevets citants (en ordonnée) varient significativement d'un pays à l'autre. Sur le graphique en bas à droite, on voit qu'ils ne varient pas significativement d'une technologie à l'autre.

On teste à présent une troisième corrélation, celle entre la part mondiale des brevets citants et la part mondiale des brevets de rupture (tableau L-3).

Comme dans les deux cas précédent, l’hypothèse d’un effet « technologie » n’est pas validée. En outre, les pentes de tous les pays sont assez voisines (toutes très légèrement inférieures à celle de la Chine) : il n’y a donc pas de différence manifeste d’un pays à l’autre quant à leur capacité à assurer des dépôts de brevets de rupture à due proportion de leurs dépôts de brevets citants.

Tableau L-3. Analyse de la covariance sur la relation entre la part mondiale des dépôts de brevets citants et la part mondiale des dépôts de brevets de rupture



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Lecture des données : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Sur le graphique en haut à gauche, on lit que les coefficients de corrélation entre la part mondiale des brevets citants (en abscisse) et la part mondiale des brevets de rupture (en ordonnée) sont très proches d'un pays à l'autre. Sur le graphique en bas à droite, on voit qu'ils ne varient pas significativement d'une technologie à l'autre.

Analyses de la covariance sur les efforts relatifs

Dans les deux tableaux suivants, on mène des analyses similaires de covariance mais en exploitant cette fois des indicateurs relatifs (parfois appelés aussi indicateurs d'intensité) : nombre de publications ou de brevets par habitants et indice relatif de spécialisation scientifique. L'idée sous-jacente est d'évacuer un biais possible imputable aux tailles différentes des économies étudiées et d'examiner au contraire si, par unité de PIB ou par habitant, on peut identifier des corrélations riches d'enseignements.

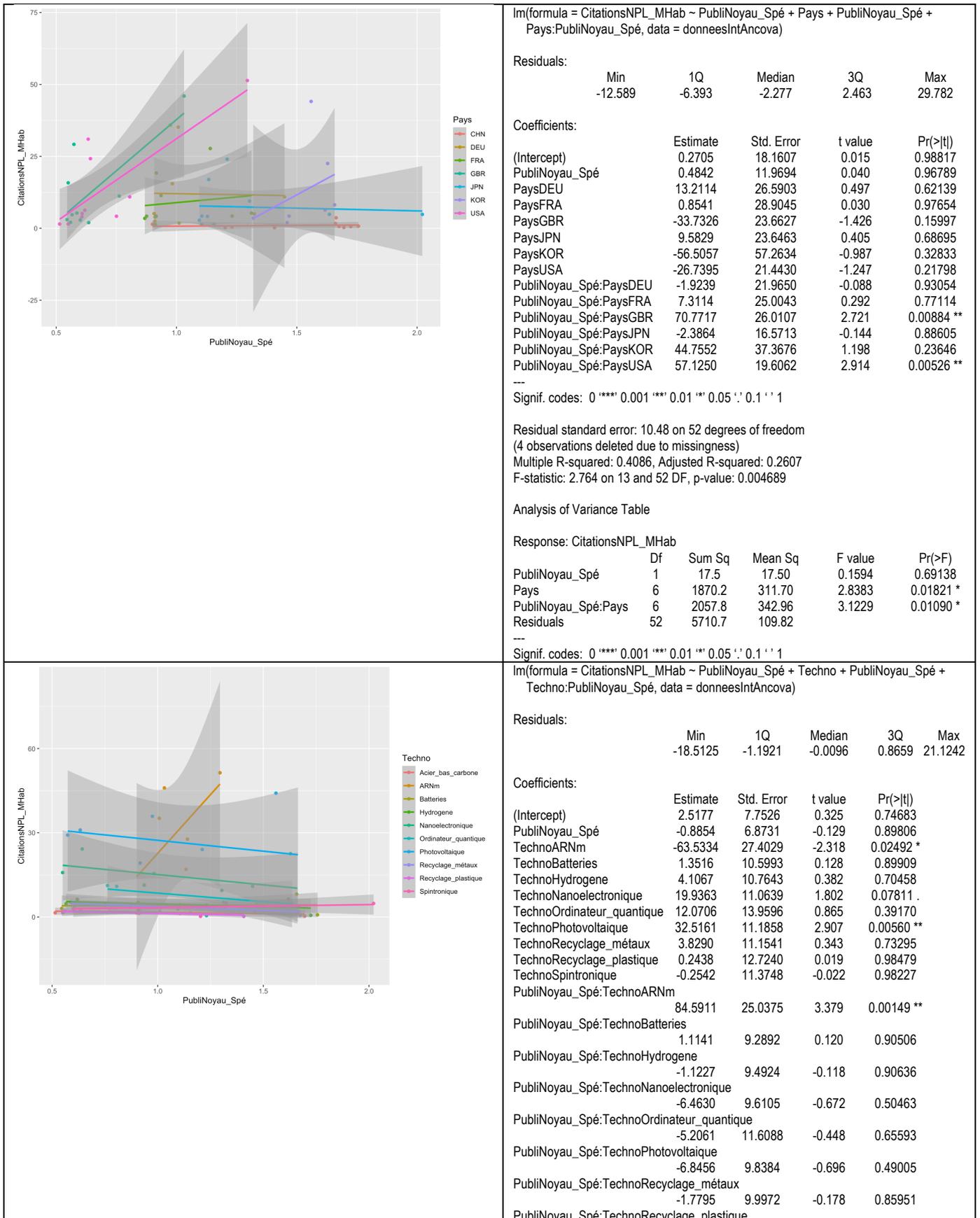
La première des corrélations testées est celle que l'on peut conjecturer entre la spécialisation relative d'un pays donné dans les trois domaines scientifiques du noyau d'une technologie (variable explicative) et le nombre par habitants de citations académiques issues de ce pays et reprises dans les brevets de la technologie en question (cf. Tableau L-4). Dit plus simplement : est-ce que l'effort d'un pays pour faire avancer la science dans certains domaines se traduit par une présence accrue parmi les articles scientifiques cités par des brevets ?

Comme dans plusieurs cas précédents, l'hypothèse d'un effet « technologie » n'est pas validée tandis que celle d'un effet « pays » est confirmée (modestement significative).

Pour la Chine (pays de référence) comme pour le Japon, la France et l'Allemagne, la courbe est quasiment horizontale : l'importance relative des citations académiques par les brevets est assez indépendante du niveau de spécialisation du pays dans les domaines concernés. Pour la Corée, les États-Unis et le Royaume-Uni, en revanche, la pente est assez nettement positive : plus la recherche de ces pays est spécialisée dans les domaines scientifiques du noyau, plus le nombre par habitants des publications académiques de brevets est élevé.

En procédant à la même analyse par technologie, on remarque que toutes les pentes sont à peu près identiquement horizontales, sauf dans le cas de l'ARN messenger.

Tableau L-4. Analyse de la covariance sur la relation entre la spécialisation relative dans les trois domaines académiques du noyau et le nombre par habitant de citations académiques par les brevets



	-0.5868	12.2965	-0.048	0.96214
PubliNoyau_Spé:TechnoSpintronique				
	1.9552	9.4625	0.207	0.83722

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 7.32 on 46 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.7447, Adjusted R-squared: 0.6393				
F-statistic: 7.063 on 19 and 46 DF, p-value: 3.198e-08				
Analysis of Variance Table				
Response: CitationsNPL_MHab				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value Pr(>F)
PubliNoyau_Spé	1	17.5	17.50	0.3266 0.5704
Techno	9	6394.2	710.47	13.25853.906e-10 ***
PubliNoyau_Spé:Techno	9	779.5	86.61	1.6163 0.1388
Residuals	46	2465.0	53.59	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

Lecture des données : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Sur le graphique en haut à gauche, on lit que les coefficients de corrélation entre la spécialisation relative dans les trois domaines du noyau (en abscisse) et le nombre par habitant de citations académiques par les brevets (en ordonnée) varient significativement selon les pays. Sur le graphique en bas à droite, on voit qu'ils sont très proches entre toutes les technologies, sauf dans le cas particulier de l'ARN messenger.

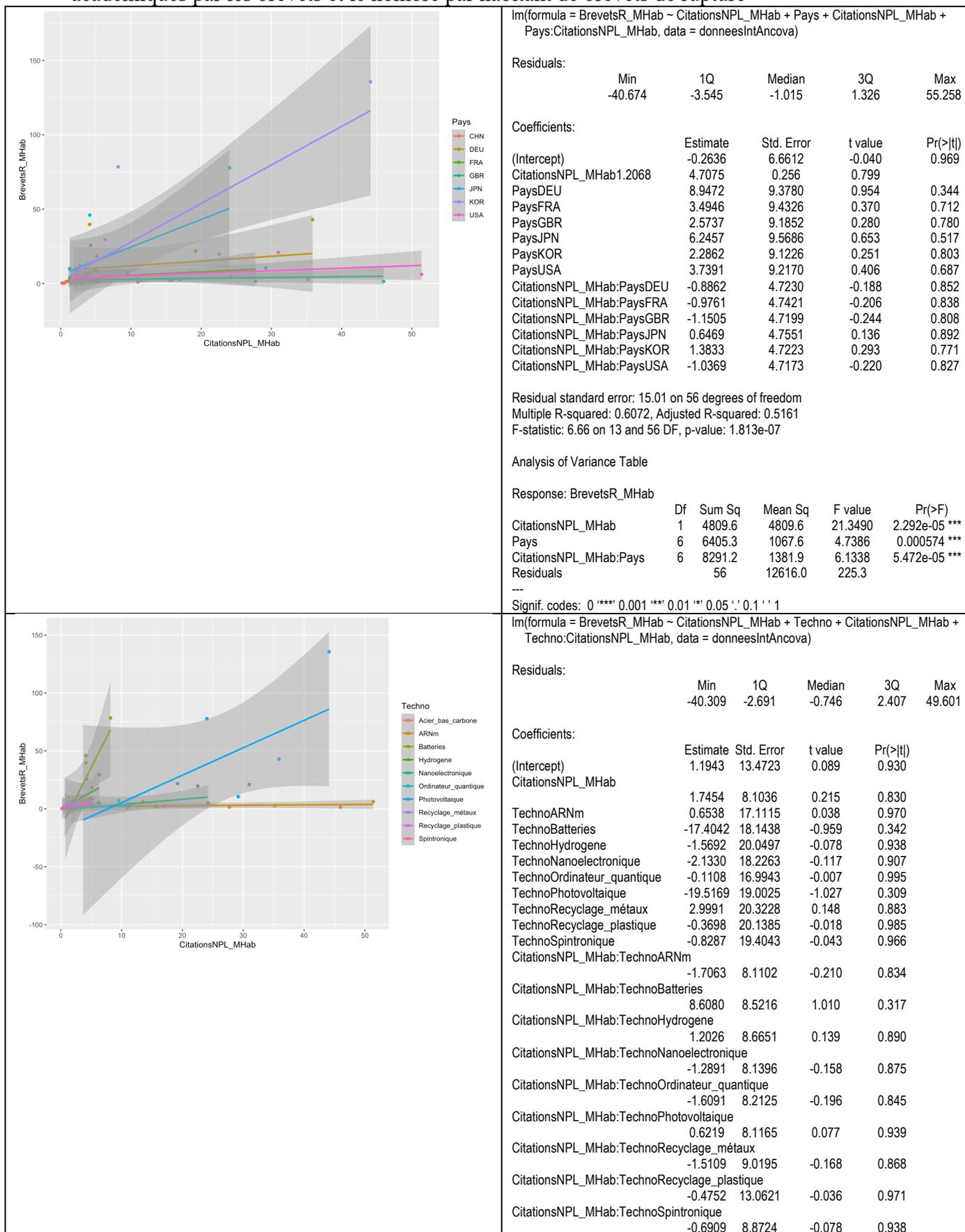
La dernière corrélation testée ici est celle entre le nombre par habitant de citations académiques par les brevets et le nombre par habitant de brevets de rupture (Tableau L-5).

Les deux effets (« pays » et « technologie ») sont ici confirmés, même si le premier des deux est encore plus significatif que le second. Les quatre pays occidentaux (France, Allemagne, Royaume-Uni et États-Unis) ont des droites quasiment horizontales : leur nombre par habitant de brevets de rupture n'est pas plus élevé dans les technologies pour lesquelles ils affichent une attractivité scientifique particulière, mesurée en nombre par habitant de citations académiques par les brevets. La Chine et, plus nettement encore, la Corée et le Japon présentent des pentes ascendantes : leur nombre par habitant de brevets de rupture est positivement corrélé à leur nombre par habitant de citations académiques par les brevets. On serait tenté de conclure que, dans ces trois pays, les efforts d'innovation public et privé sont davantage « alignés » que dans les pays occidentaux où ils s'appréhendent indépendamment l'un de l'autre.

Pour une fois, l'effet « technologie » est lui aussi très significatif. La pente est particulièrement ascendante pour l'hydrogène, le photovoltaïque et les batteries, et quasi nulle pour la majorité des autres.

On note que cette pente n'est jamais négative : le rayonnement scientifique ne s'obtient pas au prix d'un recul de l'activité industrielle innovante (ce qu'on aurait pu conjecturer si chaque pays, devant allouer ses ressources limitées, devait en quelque sorte « choisir » entre un positionnement offensif en recherche et un effort soutenu en innovation).

Tableau L-5. Analyse de la covariance sur la relation entre le nombre par habitant de citations académiques par les brevets et le nombre par habitant de brevets de rupture



Residual standard error: 14.51 on 50 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.6722, Adjusted R-squared: 0.5476 F-statistic: 5.396 on 19 and 50 DF, p-value: 8.567e-07					
Analysis of Variance Table					
Response: BrevetsR_MHab					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
CitationsNPL_MHab	1	4809.6	4809.6	22.8384	1.587e-05 ***
Techno	9	10223.6	1136.0	5.3940	3.766e-05 ***
CitationsNPL_MHab:Techno	9	6559.2	728.8	3.4607	0.002195 **
Residuals	50	10529.7	210.6		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique

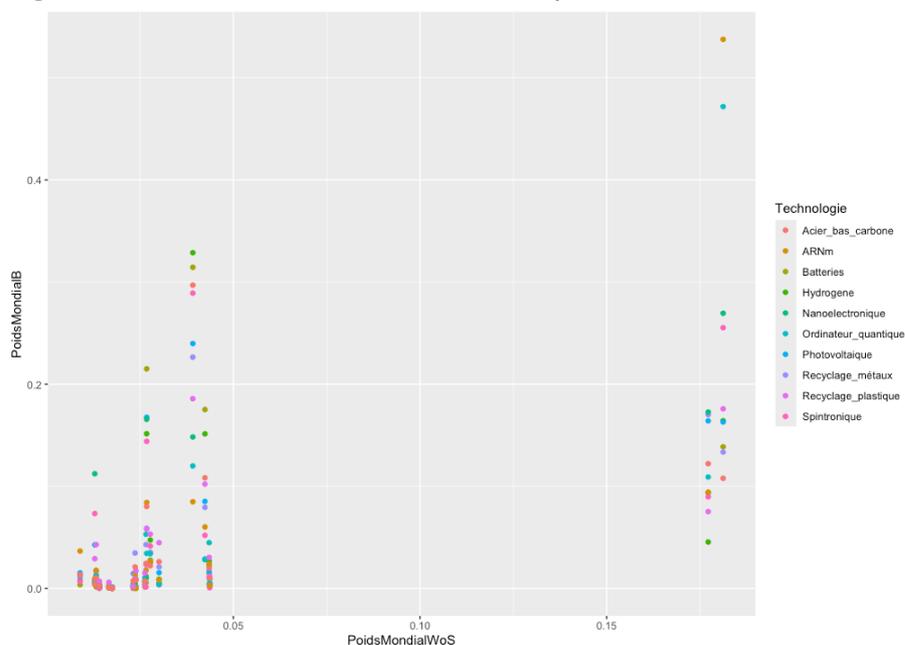
Lecture des données : chaque point représente une technologie donnée dans un pays donné. Sur le graphique en haut à gauche, on lit que les coefficients de corrélation entre le nombre par habitant des citations académiques par les brevets (en abscisse) et le nombre par habitant de brevets de rupture (en ordonnée) varient significativement selon les pays et selon les technologies.

Annexe M – À la recherche de liens de causalité au sein du processus d'innovation

Contenu de la présente annexe

On recherche dans cette annexe les liens de corrélation les plus probants, tout au long d'un processus séquentiel qui débute par une dépense publique et privée de R&D et se conclut par des parts de valeur ajoutée industrielle, en passant par des publications scientifiques et le dépôt de brevets de rupture. Ces essais sont menés sur les mêmes 53 pays que dans l'Annexe K.

Figure M-1. Parts mondiales dans le *Web of Science* dans les brevets de rupture



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

Lecture des données : chaque point représente le positionnement d'un pays dans une technologie, celle-ci étant repérée par un code couleur.

La figure M-1 ci-dessus illustre la double difficulté – déjà mentionnée dans l'Annexe K – à laquelle on se heurte à chaque essai de régression. D'une part, on y voit les points alignés verticalement. Cela est dû au fait que chaque pays se trouve caractérisé de manière unique pour certaines variables (en abscisse ici, il s'agit de la part mondiale dans le *Web of Science* mais il en irait de même pour la dépense publique ou privée de R&D, le PIB...) alors qu'il fait l'objet d'autant d'observations qu'il y a de technologies pour d'autres (en ordonnée ici, il s'agit de la

part mondiale dans les brevets de rupture mais il en irait de même pour les citations NPL ou les publications du noyau). En pareil cas, il nous faut donc opter pour des régressions avec résidus clusterisés.

D'autre part, on voit bien sur la figure combien les observations sont dispersées verticalement, ouvrant une marge d'interprétation des plus vastes sur le positionnement de tel pays dans telle technologie par rapport à ce qu'indiquerait une droite de régression : comme si les pays faisaient des « choix » ou que leur positionnement était conditionné par des contraintes ou performances propres à chaque technologie. En termes statistiques, cela entraîne dans la majorité de cas que l'analyse *ex post* des résidus invalide le recours à une régression linéaire, quand bien même elle paraît probante « à vue d'œil » et que le coefficient de corrélation est jugé significatif. Nous menons donc tous les essais sur les logarithmes des variables.

Corrélations entre les dépôts de brevets et quelques grandeurs caractéristiques

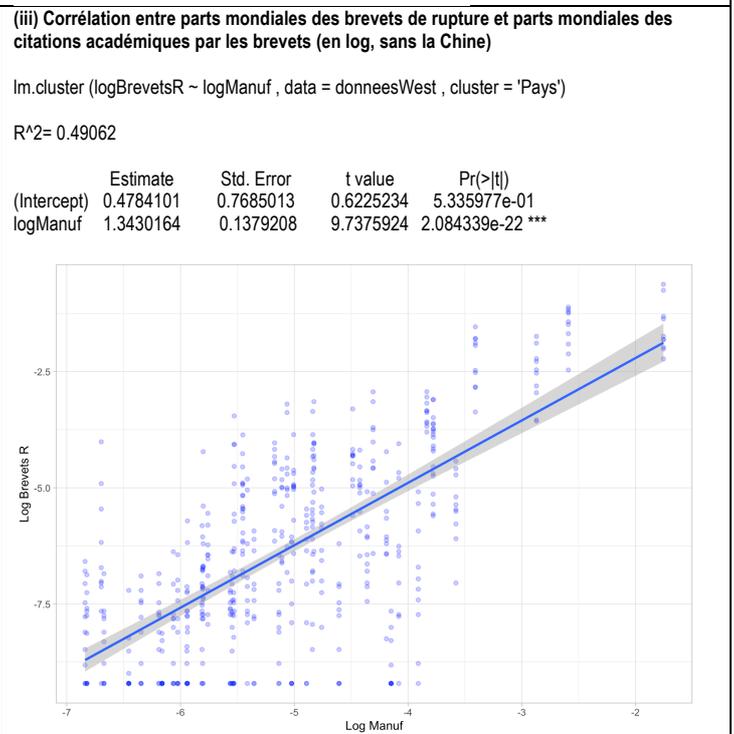
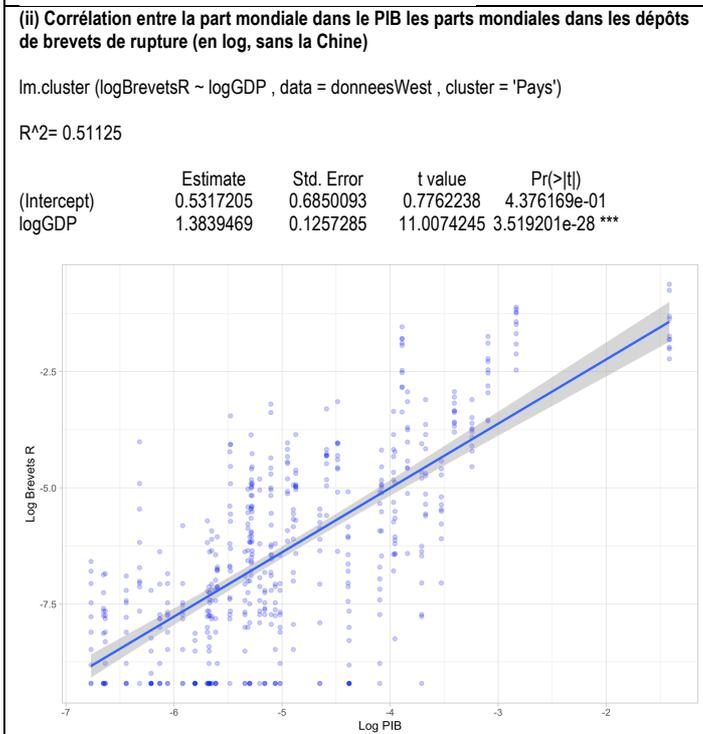
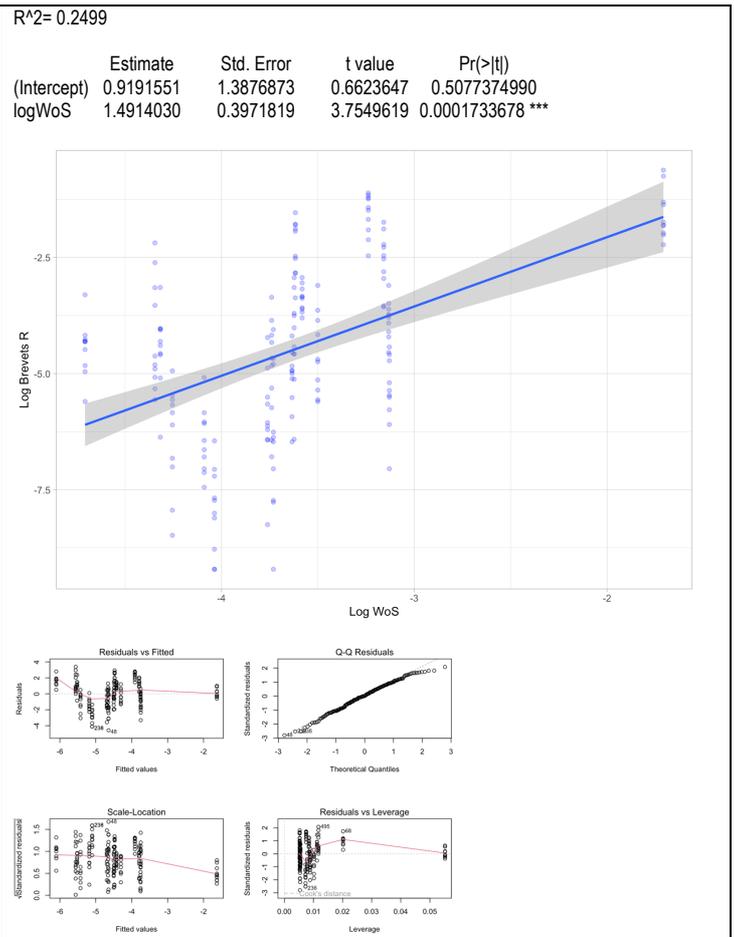
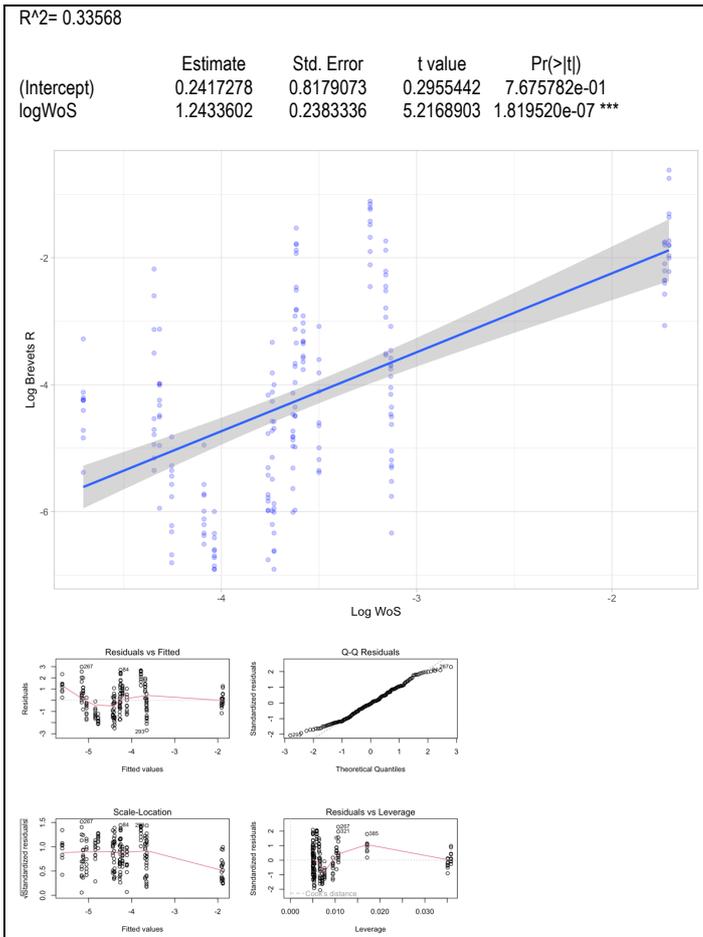
Le tableau M-2 ci-dessous tente une première série de corrélations entre les parts mondiales dans les dépôts de brevets de rupture (chaque observation correspond à une technologie et un pays) et quelques grandeurs caractéristiques des efforts nationaux en matière de R&D (parts mondiales dans le Web of Science, le PIB, la VA manufacturière, les dépenses publique et privée de R&D).

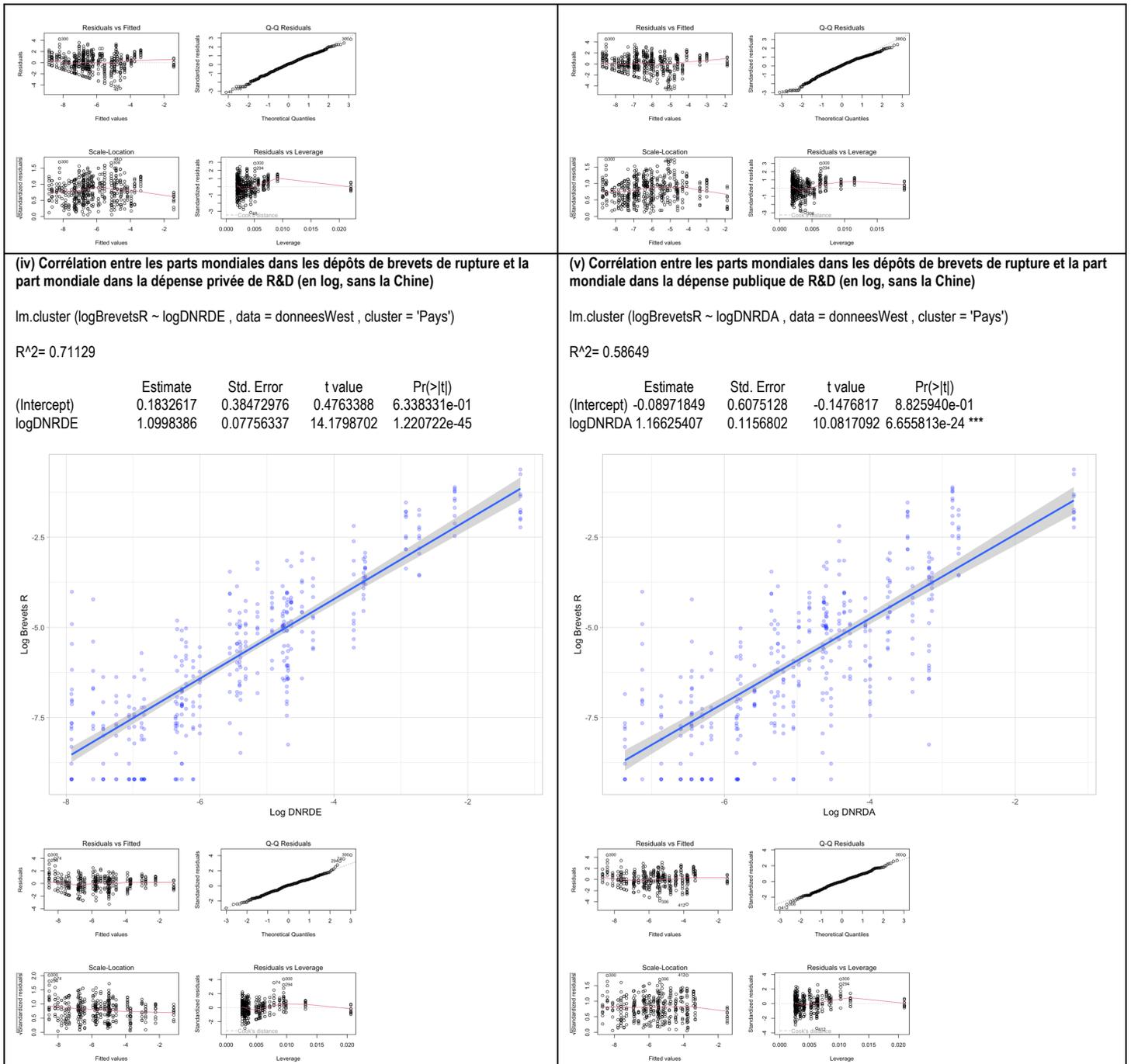
L'essai (i) montre que la corrélation n'est pas convaincante entre les publications du WoS et les brevets de rupture, même en log-log et quand bien même la régression satisfait tous les tests d'usage. On retient donc que le poids d'un pays dans la science mondiale n'est qu'une explication très approximative de son poids dans les brevets de rupture pour une technologie donnée. Comme on le voit sur les essais (ii) et (iii), la corrélation est plus nette quand on cherche à rapprocher les parts mondiales dans les brevets de rupture avec les parts mondiales dans le PIB ou dans la VA manufacturière. Elle est encore plus nette avec la part mondiale dans la dépense publique de R&D (v) mais elle est surtout particulièrement probante avec la part mondiale dans la dépense privée de R&D, avec un coefficient très proche de l'unité (1,1).

En résumé, des variables trop éloignées du processus privé d'innovation (PIB, WoS...) donnent les résultats les moins probants et, à chaque fois que l'on s'approche de ce processus, c'est la variable relative au secteur privé qui présente la meilleure corrélation (PIB plutôt que WoS, DNRDE plutôt que DNRDA).

Tableau M-2. Examen des corrélations entre la part mondiale des dépôts de brevets de rupture et, respectivement : le poids mondial dans les publications scientifiques (i), la part dans le PIB mondial (ii), la part dans la valeur ajoutée manufacturière mondiale (iii), la dépense privée de R&D (iv) et la dépense publique de R&D (v)

<p>(i) Corrélacion entre la part mondiale dans les publications du Web of Science et les parts mondiales dans les dépôts de brevets de rupture (en log, avec la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logWoS , data = donnees , cluster = 'Pays')</p>	<p>(i) Corrélacion entre les parts mondiales des publications dans le Web of Science et les parts mondiales dans les dépôts de brevets de rupture (en log, sans la Chine)</p> <p>lm.cluster (logBrevetsR ~ logWoS , data = donneesWest , cluster = 'Pays')</p>
---	--





Source : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique.

Régressions pas à pas

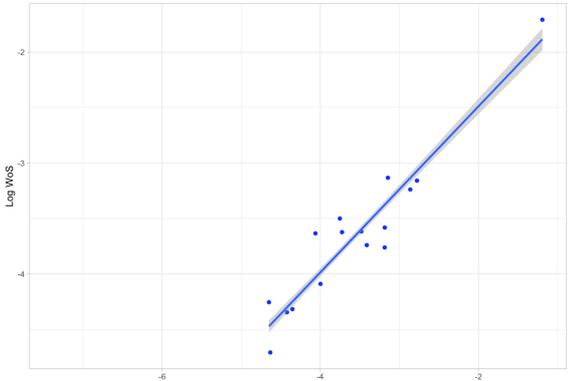
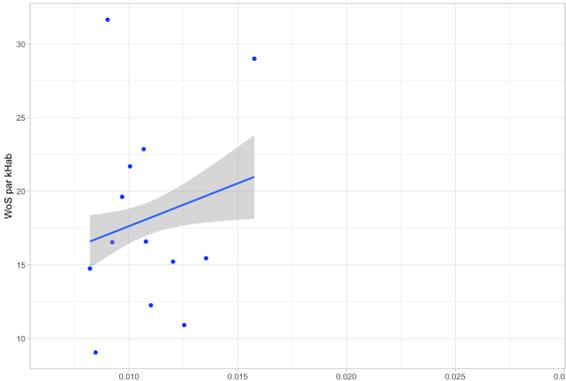
On peut juger les régressions précédentes faiblement informatives ; on se propose donc ici de « refaire le chemin pas à pas ».

Le tableau M-3 ci-dessous examine pour commencer la corrélation entre la dépense publique de R&D et la production scientifique. Dans la colonne de gauche, la corrélation semble de très

bonne qualité entre les parts mondiales de l’une et de l’autre ; mais l’examen des résidus n’est pas probant, peut-être par manque de points renseignés. Dans la colonne de droite, on tente une régression entre deux valeurs relatives très courantes (un effort de financement en points de PIB et une production académique par habitant) ; la régression est très mauvaise et ne peut être considérée comme concluante.

On retient en résumé que le lien entre effort de financement public de la R&D et production scientifique est relativement fragile.

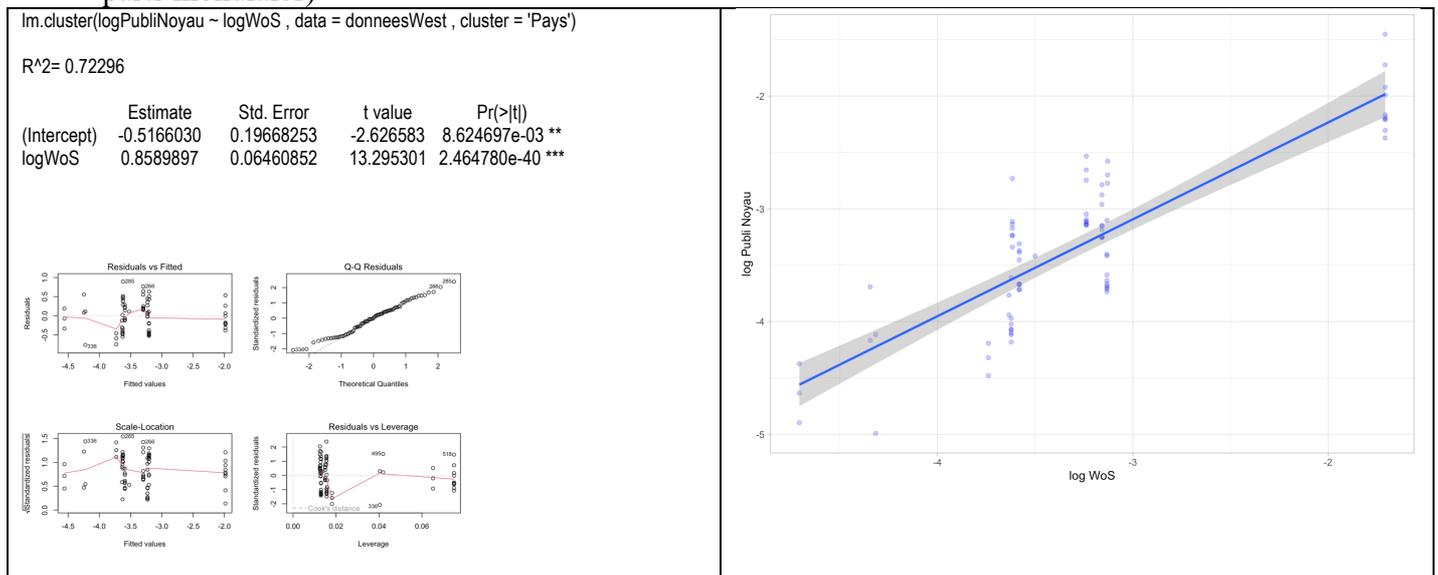
Tableau M-3. Examen de la corrélation entre l’effort de financement public de la R&D et la production académique : en parts mondiales (i) et en effort relatif (ii)

(i) Corrélation entre la part mondiale dans la dépense publique de R&D et la part mondiale dans la production scientifique (en log, sans la Chine)					(ii) Corrélation entre l’effort public de financement de R&D en points de PIB et le nombre de publications scientifiques par habitant (en log, sans la Chine)						
lm(formula = logWoS ~ logDNRDA, data = donneesWest)					lm(formula = WoS_kHab ~ Dnrda_PIB, data = donneesIntOcc)						
Residuals:					Residuals:						
	Min	1Q	Median	3Q	Max		Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.38459	-0.12797	-0.05573	0.18593	0.39796		-8.191	-4.237	-1.500	4.032	14.586
Coefficients:					Coefficients:						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		
(Intercept)	-0.99220	0.07317	-13.56	<2e-16 ***	(Intercept)	11.833	2.965	3.992	0.00011 ***		
logDNRDA	0.74838	0.02004	37.34	<2e-16 ***	Dnrda_PIB	580.357	268.516	2.161	0.03253 *		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						
Residual standard error: 0.214 on 158 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.8982, Adjusted R-squared: 0.8976 F-statistic: 1394 on 1 and 158 DF, p-value: < 2.2e-16					Residual standard error: 6.374 on 128 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.03521, Adjusted R-squared: 0.02767 F-statistic: 4.671 on 1 and 128 DF, p-value: 0.03253						
											

Source : OST-Hcéres et OCDE. Traitements La Fabrique.

La dispersion autour de la droite – autrement dit l’écart d’efficacité d’un pays à l’autre ou d’une technologie à l’autre autour d’une loi moyenne – se renforce encore au jalon suivant, lorsque l’on teste, dans le tableau M-4 ci-dessous, la corrélation entre la production scientifique tous domaines confondus et la production dans le noyau scientifique de chaque technologie (qui regroupe les trois domaines scientifiques les plus fréquemment cités par les brevets correspondant). La corrélation ressort comme significative, moyennant une dispersion relativement marquée des observations.

Tableau M-4. Examen de la corrélation entre la production académique tous domaines confondus et la production académique dans le noyau scientifique de chaque technologie (en parts mondiales)



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

On parvient maintenant au troisième maillon de la chaîne : celui qui relie les publications du noyau et les citations académiques par les brevets (citations NPL), autrement dit celui qui relie les publications *a priori* pertinentes (parce qu’elles relèvent des domaines sous-jacents aux technologies) à celles qui seront effectivement mobilisées par les déposants de brevets. C’est l’objet du tableau M-5 ci-dessous. La corrélation apparaît robuste, malgré quelques résidus (négatifs) qui s’éloignent de la normalité. En remontant le fil des interactions testées jusqu’à présent, il est donc possible de proposer, en bas de la colonne de gauche, une corrélation significative avec le financement public de R&D. Comme dans le cas du tableau M-3, on teste par comparaison la corrélation entre les mêmes grandeurs mais exprimées cette fois en effort relatif : l’effort de dépense publique de R&D en points de PIB et le nombre par habitant des citations NPL. Comme pour le cas précédent, cet essai de régression n’est absolument pas probant.

Tableau M-5. Examen de la corrélation entre les publications scientifiques du noyau et les citations académiques par les brevets (i) ; comparaison avec la corrélation entre la dépense

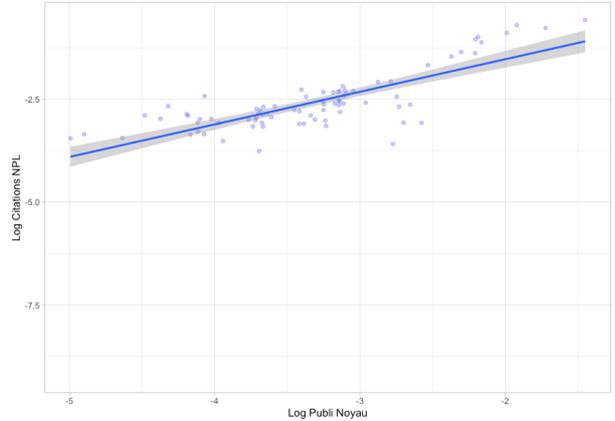
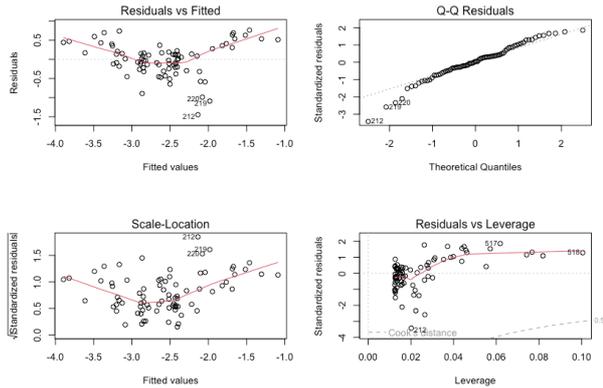
publique de R&D et les citations académiques par les brevets, en parts mondiales (ii) et en effort relatif (iii)

(i) **Corrélation entre la part mondiale dans les publications du noyau de chaque technologie et la part mondiale des citations académiques par les brevets (en log, sans la Chine)**

```
lm.cluster(logCitationsNPL ~ logPubliNoyau, data = donneesWest, cluster = 'Pays')
```

R²= 0.63807

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.06060057	0.7533827	0.08043796	0.935888934
logPubliNoyau	0.79231110	0.2051481	3.86214240	0.000112397 ***



(ii) **Corrélation entre la part mondiale dans la dépense publique de R&D et la part mondiale dans les citations académiques par les brevets (en log, sans la Chine)**

```
lm.cluster(logCitationsNPL ~ logDNRDA, data = donneesWest, cluster = 'Pays')
```

Residuals:

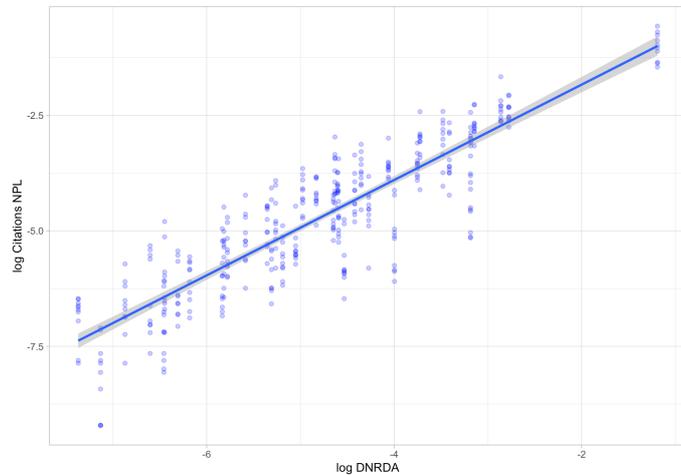
	Min	1Q	Median	3Q	Max
Residuals	-2.19869	-0.40758	0.09782	0.49440	1.62854

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.22896	0.13653	1.677	0.0944 .
logDNRDA	1.03219	0.02739	37.690	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7281 on 388 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.7855, Adjusted R-squared: 0.7849
 F-statistic: 1421 on 1 and 388 DF, p-value: < 2.2e-16



(iii) **Corrélation entre l'effort de dépense publique de R&D (en points de PIB) et le nombre par habitant des citations académiques par les brevets (en log, sans la Chine)**

```
lm.cluster(CitationsNPL_MHAb ~ Dnrda_PIB, data = donneesIntOcc, cluster = 'Pays')
```

Residuals:

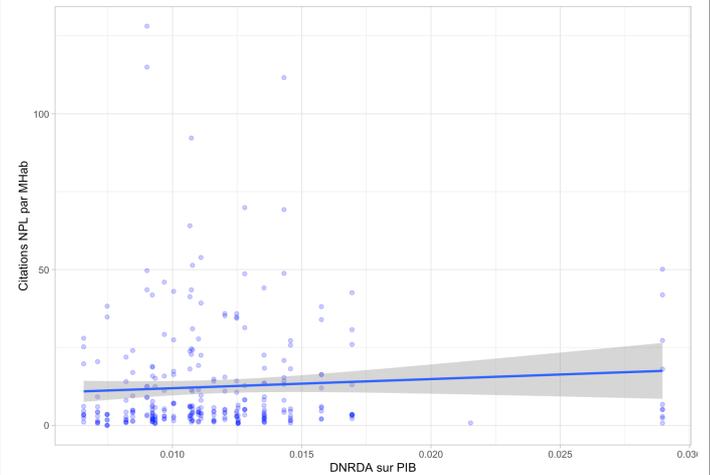
	Min	1Q	Median	3Q	Max
Residuals	-16.771	-9.834	-7.581	2.644	116.504

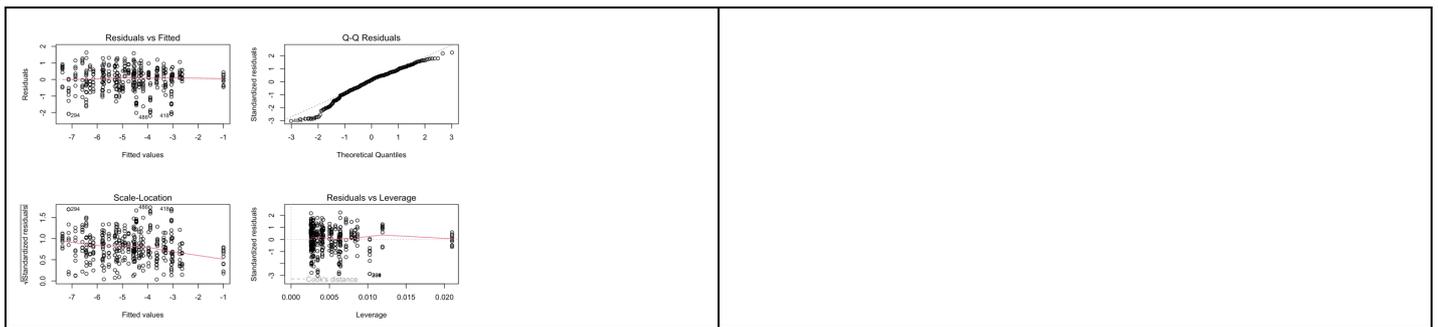
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.987	3.206	2.803	0.00541 **
Dnrda_PIB	293.287	257.039	1.141	0.25484

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 18.17 on 279 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.004645, Adjusted R-squared: 0.001077
 F-statistic: 1.302 on 1 and 279 DF, p-value: 0.2548

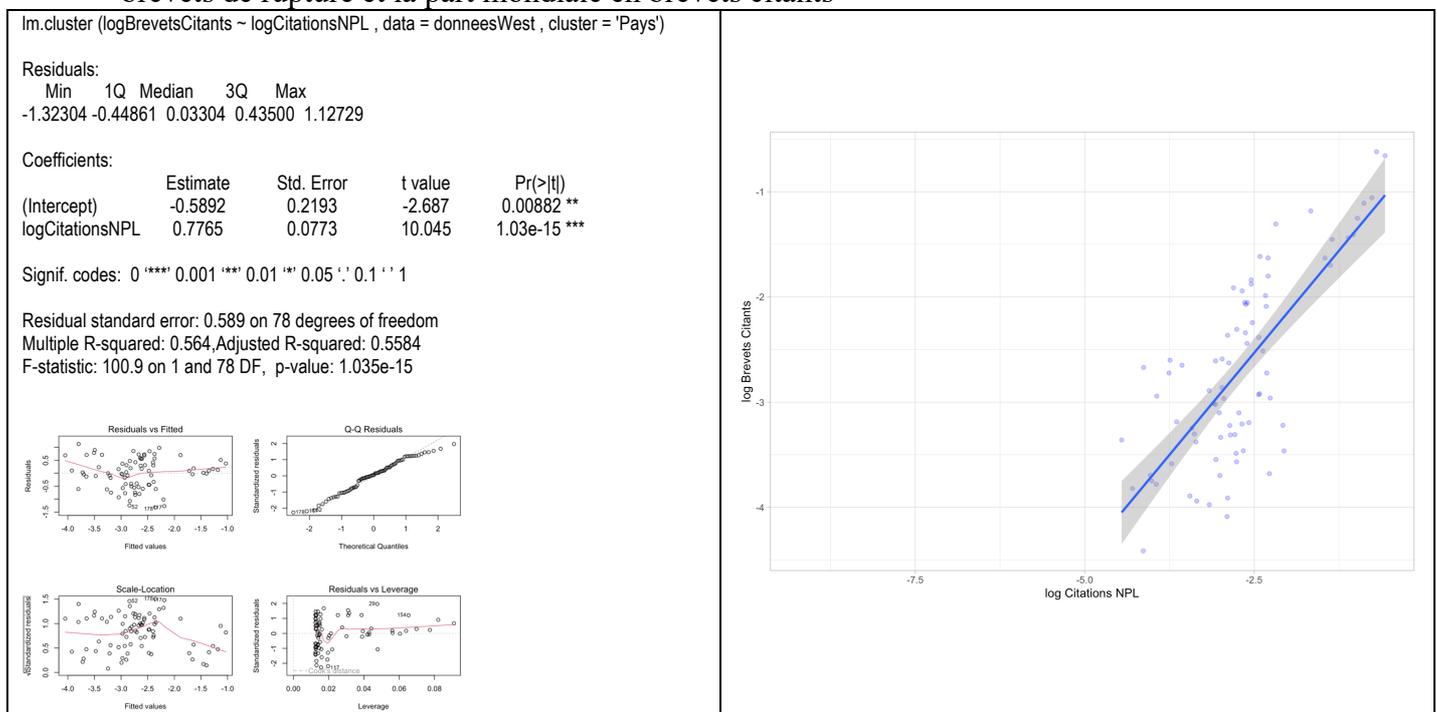




Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

On teste à présent, dans le tableau M-6 ci-dessous, le lien entre la part mondiale de citations académiques par les brevets et la part mondiale de brevets citants. La corrélation apparaît toujours comme significative, moyennant une dispersion assez forte des observations, notamment aux abscisses médianes. Il faut se reporter à l'analyse des covariances, au tableau L-2 de l'annexe L précédente, pour en comprendre la raison. Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est en effet significativement différent entre trois pays moteurs d'une part (États-Unis, Corée et Japon) et l'ensemble constitué par l'Europe et la Chine d'autre part.⁵

Tableau M-6. Examen de la corrélation entre la part mondiale des citations académiques par les brevets de rupture et la part mondiale en brevets citants

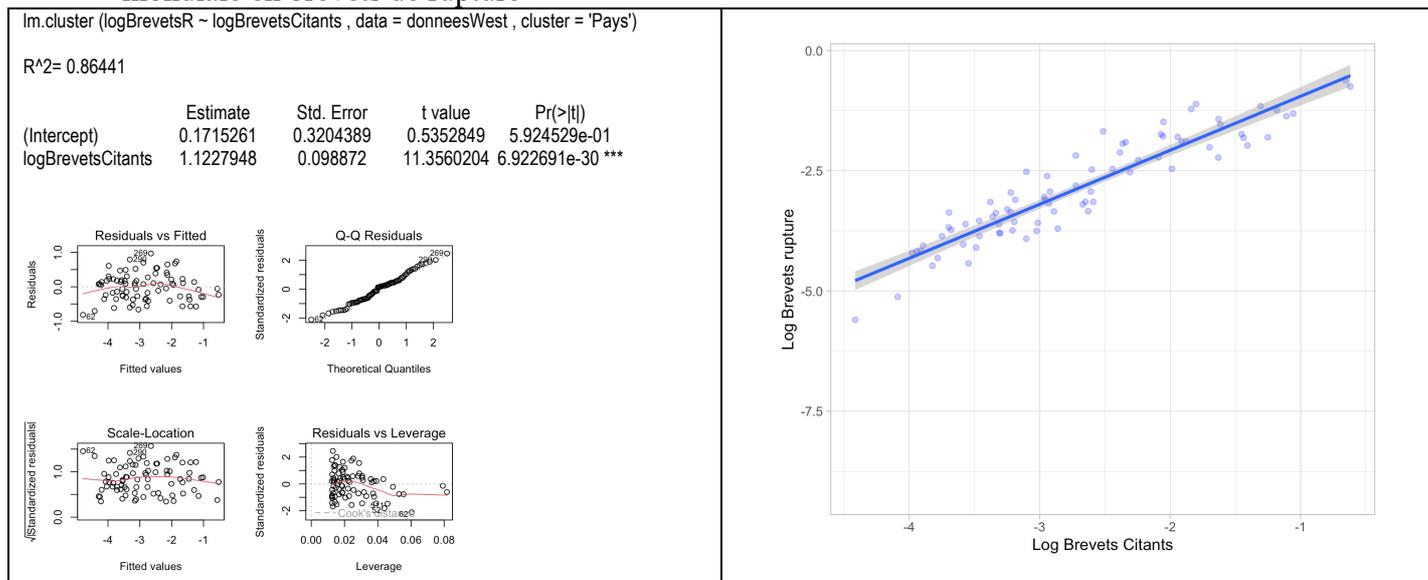


Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

⁵ Ici, la présence ou l'absence de la Chine ne change pas fondamentalement la qualité de la corrélation ; son poids mondial dans les publications de brevets et dans les brevets citants n'est pas très important.

Dernière étape de ce raisonnement « pas à pas », on teste ici la corrélation entre la part mondiale de brevets citants et la part mondiale de brevets de rupture (tableau M-7 ci-dessous). La corrélation est ici très robuste (on a vu précédemment que l'examen de la covariance ne faisait pas ressortir de forte différence de coefficient d'un pays à l'autre, mais que la dispersion des observations se tient surtout au sein de chaque pays).

Tableau M-7. Examen de la corrélation entre la part mondiale de brevets citants et la part mondiale en brevets de rupture



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

À la recherche d'une expression synthétique

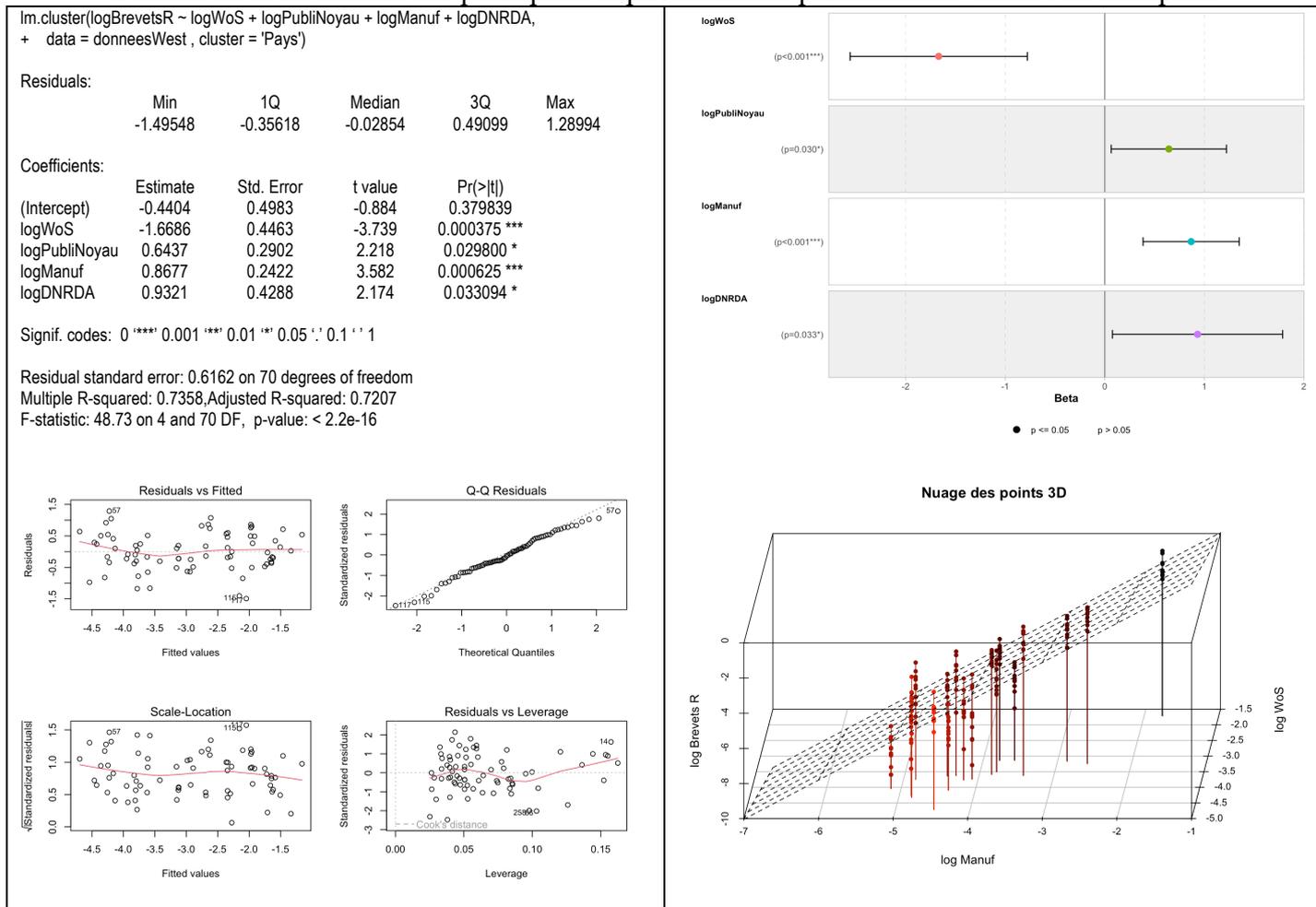
On conclut cette annexe par la recherche d'une expression synthétique susceptible d'expliquer le plus fidèlement possible les causes principales du poids mondial de chaque pays en brevets de rupture (tableau M-8).

Après plusieurs essais, une régression convaincante fait apparaître les quatre variables explicatives suivantes : le poids mondial dans la littérature scientifique (WoS), dans les publications du noyau, dans la valeur ajoutée industrielle et dans le financement public de la R&D. Parmi ces quatre variables, deux sont particulièrement significatives : la littérature scientifique et la VA manufacturière.

À noter : le coefficient de la variable WoS est négatif, alors qu'il était positif dans le tableau M-2 ci-dessus, quand on testait la régression sur cette variable seule. Notre interprétation est que la variable WoS vient alors apporter une correction négative aux trois effets positifs qui s'accumulent (ou même au seul effet positif très significatif qu'est la VA manufacturière). Il

permet d'expliquer le très bon score de pays comme le Japon ou la Corée qui obtiennent de forts taux de brevets de rupture à partir d'une part mondiale du WoS relativement modeste.

Tableau M-8. Recherche des principales explications à la part mondiale en brevets de rupture



Source : OST-Hcéres. Traitements La Fabrique.

Essais de clusterisation

Pour terminer cette annexe, on mène deux ACP pour disposer d'un regard complémentaire sur la manière dont les pays étudiés se distinguent. Les listes des pays étudiés et des variables utilisées sont détaillées dans le tableau M8.

Tableau M-9. Origine et nature des données utiles aux deux ACP suivantes

Les 53 pays de l'échantillon (code ISO 3166-1 alpha-3)	
(1) ARE, (2) AUS, (3) AUT, (4) BEL, (5) BRA, (6) CAN, (7) CHE, (8) CHL, (9) CHN, (10) COL, (11) CYP, (12) CZE, (13) DEU, (14) DNK, (15) ESP, (16) EST, (17) FIN, (18) FRA, (19) GBR, (20) GRC, (21) HUN, (22) IDN, (23) IND, (24) IRL, (25)	

IRN, (26) ISR, (27) ITA, (28) JPN, (29) KAZ, (30) KOR, (31) LUX, (32) MEX, (33) MLT, (34) MYS, (35) NLD, (36) NOR, (37) NZL, (38) OMN, (39) POL, (40) PRT, (41) QAT, (42) ROU, (43) RUS, (44) SAU, (45) SGP, (46) SVK, (47) SVN, (48) SWE, (49) THA, (50) TUR, (51) UKR, (52) USA, (53) ZAF

Données mobilisées dans la première ACP

Données tirées des annexes A à H : les parts mondiales dans les dépôts de brevets de rupture et dans les citations académiques par les brevets pour chacune des 10 technologies étudiées (les tableaux complets, comportant la totalité des pays, sont disponibles sur demande), les parts mondiales dans les publications du *Web of Science*.

Données issues de la Banque mondiale et de l'OCDE (moyennées sur la période 2010-2022) : part mondiale dans la VA manufacturière, part mondiale dans le PIB, parts mondiales dans les exportations de biens high-tech, middle-high-tech et TIC (respectivement), part mondiale dans les exportations de biens, de produits manufacturés et de marchandises (respectivement), part mondiale dans les exportations de services TIC, part mondiale dans les dépenses de santé, parts mondiales de la dépense de R&D (dépense totale, dépense publique et dépense privée, respectivement), part mondiale dans la valeur ajoutée du secteur « machines et équipements de transports », part de la population mondiale.

Données mobilisées dans la seconde ACP

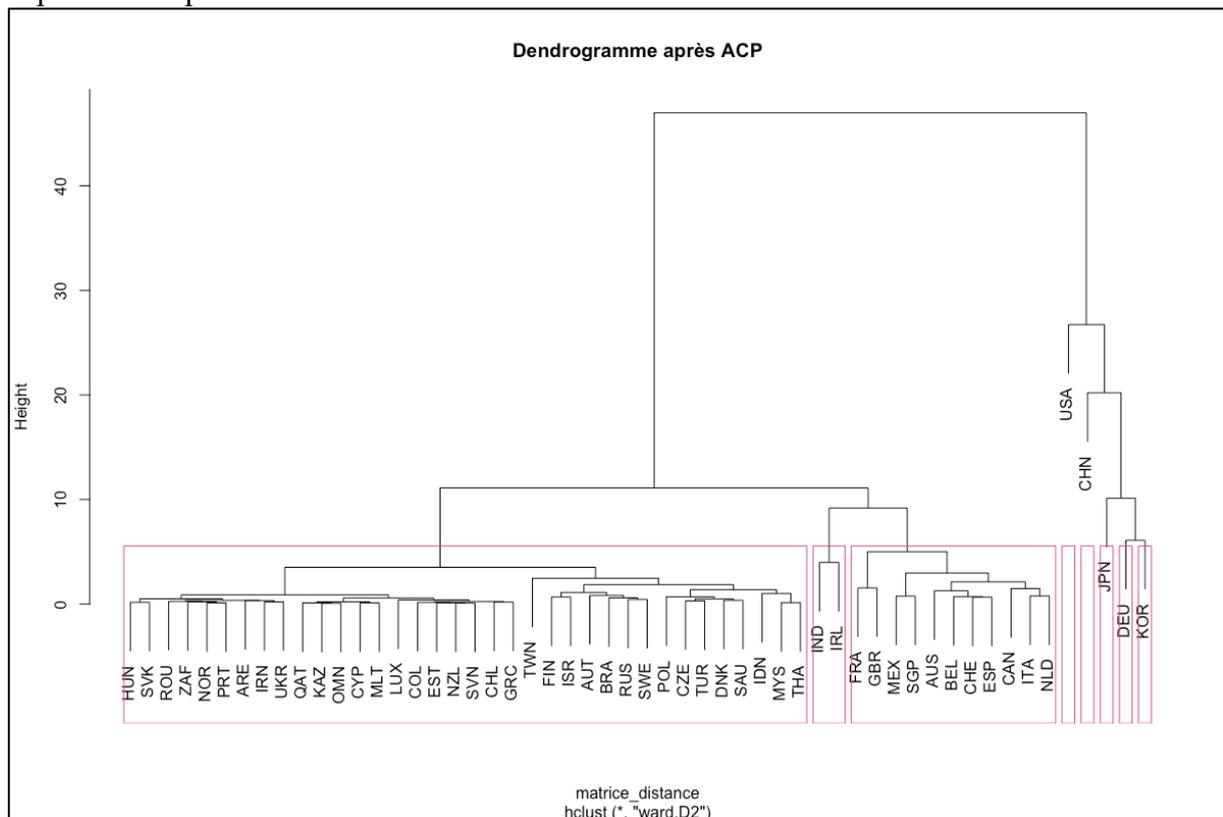
Données tirées des annexes A à H : les nombres par million d'habitants de dépôts de brevets de rupture et de citations académiques par les brevets pour chacune des 10 technologies étudiées (les tableaux complets, comportant la totalité des pays, sont disponibles sur demande), le nombre par millier d'habitants de publications scientifiques dans le *Web of Science*.

Données issues de la Banque mondiale et de l'OCDE (moyennées sur la période 2010-2022) : part dans le PIB de la VA manufacturière, des exportations de biens high-tech, middle-high-tech et TIC (respectivement), des exportations de biens, de produits manufacturés et de marchandises (respectivement), des exportations de services TIC, des dépenses de santé, de la dépense de R&D (dépense totale, dépense publique et dépense privée, respectivement), de la valeur ajoutée du secteur « machines et équipements de transports », et le PIB par habitant.

Le premier essai, représenté ci-dessous, est mené sur les pays caractérisés par des variables exprimées en parts mondiales (des publications scientifiques et des brevets dans les différentes technologies, du PIB, de la valeur ajoutée ou des exportations, etc.).

Le résultat est très net, tellement net d'ailleurs qu'il ne livre pas vraiment d'enseignement. La première dimension emporte avec elle de l'ordre de 80 % de la variance, autant dire que toutes les variables ressortent comme à peu près corrélées : plus les pays sont dominants sur une variable, plus ils le sont sur toutes les autres. De sorte que si on lit le dendrogramme tiré de l'ACP de manière descendante jusqu'à obtenir 8 clusters de pays, voici ce qui apparaît (Figure M-9). Le premier tri consiste à séparer les cinq pays dominants (USA, CHN, JPN, DEU, KOR) de tous les autres. Le deuxième puis le troisième tris consistent à isoler successivement les États-Unis puis la Chine comme deux pays spécifiques, constituant chacun un « cluster » à eux seuls. Les tris suivants (de 4 à 7) se suivent d'assez près et aboutissent à former finalement cinq clusters chacun composé d'un pays unique (USA, CHN, JPN, DEU, KOR), un sixième composé de deux pays (IND, IRL), un septième composé de la France et de dix autres pays « moyens » (FRA, GBR, MEX, SGP, AUS, BEL, CHE, ESP, CAN, ITA, NLD), et un dernier comportant tous les autres pays. À noter, si l'on avait opté pour une partition en 9 clusters, ce sont la France et le Royaume-Uni qui se seraient détachés de leur groupe. On peut donc retenir que, en termes purement quantitatifs, la France et le Royaume-Uni sont nettement distancés par les cinq pays dominant le tableau, et qu'ils se détachent à grand peine d'un peloton constitué par des pays de plus petite taille (Espagne, Italie, Belgique, Suisse, Pays-Bas, Canada...).

Figure M-10. Dendrogramme obtenu après ACP sur 53 pays décrits par des variables exprimées en parts mondiales



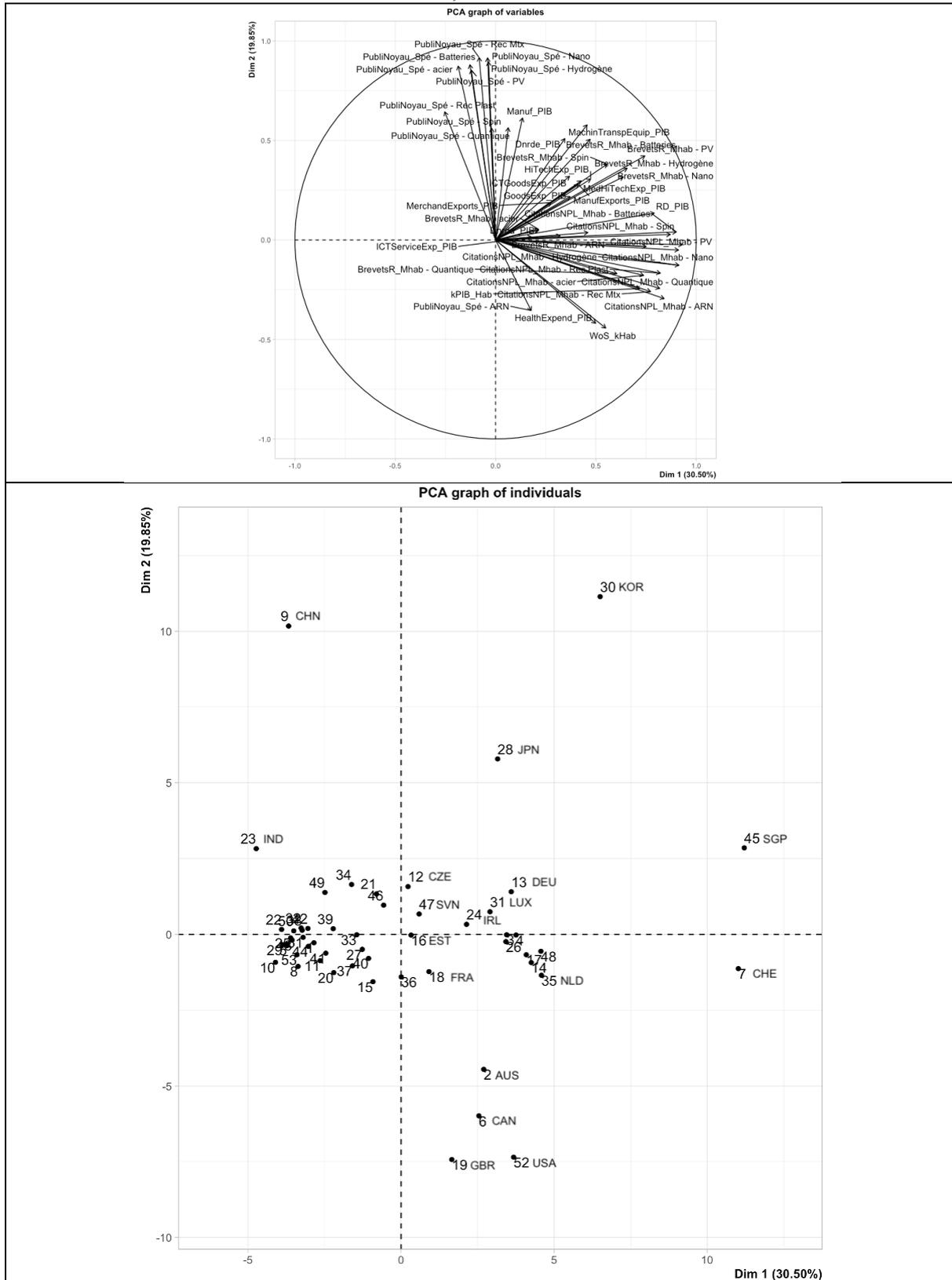
Source : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique.

Lecture des données : le principe d'un dendrogramme est de regrouper de manière ascendante et hiérarchique les individus (ici les pays) en fonction de leur « proximité » au sein du nuage de points (la distance entre deux pays étant calculée sur l'ensemble des dimensions de la matrice, donc sur l'ensemble des variables descriptives). Les pays sont représentés en bas de la figure. La hauteur des traits verticaux, en ordonnée, représente la distance entre deux points puis entre deux clusters, autrement dit le niveau de sélectivité à partir duquel deux pays ou clusters méritent d'être considérés comme proches et donc regroupés. Nous avons fait figurer une partition des pays sur la base de huit clusters.

On mène ensuite une seconde ACP sur les mêmes pays et les mêmes grandeurs mais, cette fois, avec des unités de compte relatives : les dépenses et les valeurs ajoutées sont rapportées au PIB, les décomptes de publications et de brevets sont ramenés par habitant, etc. L'idée sous-jacente est de parvenir à distinguer les pays pour l'effort qu'ils réalisent en matière de recherche et d'innovation, indépendamment de leur taille. On a en effet noté, dans les pages précédentes, que les régressions linéaires tentées sur de telles variables relatives ne donnaient aucun résultat probant, et il s'agit là de chercher à dépasser cette difficulté.

Les deux premières dimensions de cette seconde ACP captent 50 % de la variance. Comme on le voit dans les figures du tableau M-10, la première dimension capte surtout les efforts de recherche par habitant (publications du WoS, citations NPL dans les différentes technologies...). La deuxième capte surtout les indices de spécialisation dans les disciplines du noyau de chaque technologie, mais aussi la part de l'industrie dans le PIB.

Tableau M-11. Résultats de la seconde ACP, sur variables relatives



Source : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique.

Sur la projection des pays sur ces deux premières dimensions (figure du bas du tableau M-10), on voit plusieurs pays se détacher, aux physionomies différentes.

La Chine, d'une part, est assez isolée dans le quadrant nord-ouest (faible effort scientifique par habitant ou par point de PIB, mais forte spécialisation relative dans les domaines scientifique et dans l'industrie en général). L'Inde est également dans ce cas de figure.

Deuxièmement, le long d'une diagonale nord-est, on trouve successivement le Japon et la Corée, qui conjuguent donc de manière relativement homogène un effort propre en faveur de la recherche et un effort équivalent de spécialisation dans les domaines scientifiques du noyau des technologies.

Troisièmement, totalement à l'est du plan, on remarque Singapour et la Suisse, dont l'effort de recherche est donc très significatif, et dont la spécialisation scientifique dans les domaines du noyau est tout juste moyenne.

Quatrièmement, au sud, on remarque quatre pays anglo-saxons très proches les uns des autres (États-Unis, Royaume-Uni, Canada et Australie), dont l'effort relatif de recherche apparaît donc modestement positif et qui sont paradoxalement assez nettement dé-spécialisés dans les domaines scientifiques du noyau des technologies.

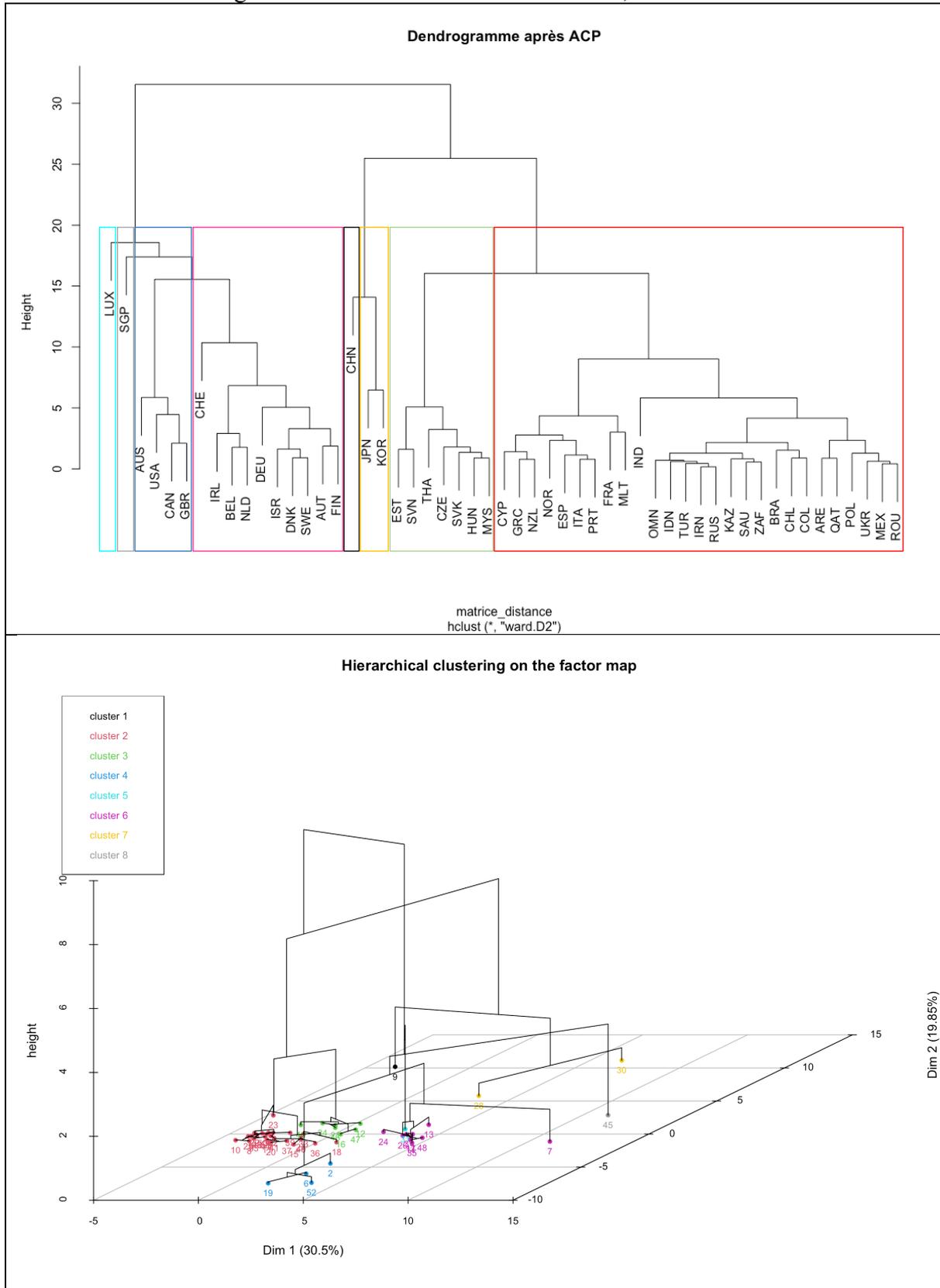
La France quant à elle, se situe non loin du centre de gravité du nuage de points.

Comme dans le cas précédent, on complète la lecture des résultats par deux dendrogrammes, afin de rassembler les pays par niveau de proximité (tableau M-11). Les huit clusters qui apparaissent sont les suivants.

D'une part, le Luxembourg et Singapour font chacun l'objet d'un cluster spécifique. Le Luxembourg se démarque des autres pays en raison de son PIB par habitant très élevé et, compte tenu de sa faible population, de nombres élevés de dépôts de brevet par habitant, notamment dans le cas spécifique de l'acier sans carbone. Singapour se distingue surtout par le poids hors-normes de ses exportations en biens TIC ou high-tech, relativement à son PIB. La Chine fait également l'objet d'un cluster spécifique ; le Japon et la Corée en forment un autre tous les deux.

Les quatre pays anglo-saxons dont nous avons repéré la proximité sur le plan sont effectivement réunis en un cinquième cluster. Les trois derniers comportent davantage de pays. Il y a d'un côté les pays d'Europe rhénane et du Nord (hors Norvège et en ajoutant Israël) qui se détachent par leur proximité. Un autre se remarque comportant surtout des pays d'Europe orientale, ainsi que la Malaisie et la Thaïlande. Enfin, le huitième cluster est le plus vaste : il rassemble surtout des pays méditerranéens et du Golfe persique, auxquels il faut ajouter l'Inde, la Russie... et la France.

Tableau M-12. Dendrogramme sur la base de la seconde ACP, sur variables relatives



Source : OST-Hcéres, OCDE et Banque mondiale. Traitements La Fabrique.

Interprétation des résultats

Dans cette annexe, nous avons tenté une série de régressions linéaires pour éprouver la robustesse des corrélations entre les différentes variables étudiées, dans chaque pays et pour chaque technologie. L'objectif est *in fine* de repérer les principales caractéristiques usuellement associées à des politiques publiques de recherche ou à des écosystèmes privés d'innovation, et qui pourraient apparaître comme fortement associées au développement des innovations de rupture.

Globalement, tous ces essais de corrélation produisent des résultats comparables : ils sont statistiquement significatifs, moyennant une dispersion assez nette voire importante des points autour des droites de régression. Cela signifie que, pour un pays et une technologie donnée, on peut aisément observer des particularismes – positifs ou négatifs.

La difficulté d'établir des régressions robustes via notamment du fait que les pays étudiés ont des tailles très variables, et donc des parts mondiales dans les différentes variables étudiées qui le sont aussi. On a naturellement pensé à compter en unités relatives (par point de PIB ou par habitant) pour lever cette difficulté mais, hormis l'ACP que nous commentons ci-dessous, ces essais ne mènent à aucun résultat probant.

Il nous faut donc établir des régressions entre des parts mondiales (de brevets, de publications, etc.) pour y déceler des informations utiles. Dans ces exercices, la Chine apparaît comme un point aberrant, pesant très significativement sur certaines variables (comme les exportations ou la production manufacturière par exemple) mais en étant assez effacée – en tout cas en dehors du peloton – dès lors qu'il s'agit de décompter les brevets de rupture ou des citations académiques de brevet.

Dans l'ensemble, s'il fallait ne retenir qu'une seule corrélation, la plus probante est probablement celle qui relie les parts mondiales de dépôts de brevets de rupture avec les parts mondiales de financement privé de la R&D. Autrement dit, l'activité innovante dans les technologies de rupture apparaît très liée à celle des industries en aval.

Toutefois, en amont, la chaîne séquentielle qui conduit du financement public de la recherche à ces dépôts de brevet, en passant par les publications académiques du noyau et les citations académiques par les brevets, est elle aussi marquée par des corrélations toujours significatives, moyennant les observations précédente sur la dispersion des observations. L'innovation de rupture n'est donc pas uniquement *demand pulled*, elle est aussi *science pushed*, même si la robustesse de ce second lien de corrélation est légèrement moins convaincante, dans l'ensemble, que celle du premier.

D'ailleurs, notre essai d'équation multivariée en témoigne. Les parts mondiales dans les dépôts de brevets de rupture apparaissent en premier lieu positivement et significativement liées à la part mondiale de la valeur ajoutée manufacturière et, quoique moins significativement, à la part mondiale de la dépense privée de R&D. Dans cette équation de synthèse, la part mondiale dans

les publications du noyau apparaît comme une troisième variable à corrélation positive (mais modestement significative), et la part mondiale dans les publications académiques tous domaines confondus apparaît comme significative mais assortie d'un signe négatif. Non pas qu'il soit défavorable pour l'activité innovante de ces pays de disposer d'une intense production scientifique ; c'est plutôt qu'il faut ajouter un correctif négatif, si l'on se fie déjà aux parts mondiales de la valeur ajoutée industrielle et du financement privé de la R&D (toutes ces variables étant liées).

Pour finir, nous avons mené deux essais successifs de clusterisation. Si on compare les pays au vu des parts mondiales qu'ils représentent dans les différentes variables descriptives étudiées, alors le tableau est sans appel : viennent d'abord, distincts les uns des autres, les cinq pays dominants : États-Unis, Chine, Japon, Corée et Allemagne. Ni la France ni le Royaume-Uni n'en font partie, qui s'inscrivent au contraire dans un peloton des pays « moyens ». Si on compare cette fois les mêmes au regard de l'effort relatif qu'ils accomplissent dans ces différentes directions (industrie, recherche, innovation...), le tableau est plus nuancé, au sens où l'on voit apparaître des pays ou groupes de pays aux physionomies différentes. La Chine est seule, pays à la fois fortement industrialisé, fortement spécialisé dans les domaines scientifiques du noyau des technologies, mais avec un faible effort relatif de recherche et d'innovation (par point PIB ou par habitant). Deuxièmement, le Japon et la Corée forment tous les deux un deuxième ensemble de pays, à la fois fortement industrialisés est fortement innovants. La Suisse et Singapour en forment un troisième, avec un effort de recherche très élevé et un niveau de spécialisation technologique et industrielle assez neutre. Quatre pays anglo-saxons forment un quatrième ensemble (États-Unis, Grande-Bretagne, Australie, Canada), avec un niveau d'effort en R&D notable quoique plus modeste que les pays précédents et, surtout, une dé-spécialisation dans les domaines de l'ingénieur et de l'industrie en général. Dans ce tableau, La France se fonde dans le vaste ensemble des pays du pourtour de la Méditerranée.