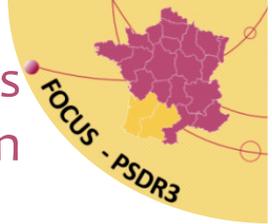




Comment évaluer les compétences scientifiques et technologiques dans la chimie verte en Aquitaine ?



La chimie verte est vue aujourd'hui comme le principal axe de développement de l'industrie chimique pour aller vers une chimie « plus propre » et plus durable. Quelles sont les principales voies de recherche et d'innovation explorées dans ce domaine ?

Les contours de la chimie verte demeurant flous, différentes trajectoires scientifiques et technologiques peuvent être envisagées. Comment évaluer les compétences scientifiques et technologiques dans la chimie verte en Aquitaine ?

L'analyse des brevets déposés par des acteurs aquitains dans la chimie verte permet d'identifier les trajectoires d'accumulation de connaissances technologiques, les grappes d'innovation et les réseaux d'acteurs actifs en région.

Chimie verte

Compétences scientifiques

Compétences technologiques

Brevets

Trajectoires

Contexte de recherche

La chimie verte (CV) est apparue aux Etats-Unis dans les années 1990 sous le terme de green chemistry définie comme « la conception, le développement et l'implantation de procédés et de produits chimiques dans le but de réduire ou d'éliminer les substances dangereuses à la santé humaine ou l'environnement » (Anastas et Warner, 1998). C'est un défi de taille pour les industriels de la chimie qui voient leurs connaissances et compétences bousculées par les problèmes posés et les solutions technologiques envisagées. C'est en même temps un enjeu crucial du point de vue des bénéfices collectifs qui peuvent en résulter pour la santé humaine et l'environnement. Elle se fonde sur un ensemble de douze principes qui sont autant d'objectifs et de directions de recherche à considérer dans le développement de nouvelles substances alternatives tout en réduisant la dépendance aux ressources fossiles. Mais le terme générique de CV masque un foisonnement des voies de recherche possibles, qui transparait dans la multiplicité des dénominations que l'on voit surgir au gré des nouvelles recherches. Loin de désigner un ensemble unifié, la CV se décompose en sous-domaines qu'il s'agit d'identifier afin de mieux comprendre comment se structurent les différentes voies de recherche et d'innovation associées.

1. Prévenir et limiter la production des déchets
2. Concevoir des produits et des composés chimiques avec peu ou pas de toxicité
3. Faire des réactions chimiques avec des produits réactifs avec peu ou pas de toxicité
4. Préférer les matières premières renouvelables (biomasse...) à celles fossiles (hydrocarbures, charbon)
5. Utiliser au maximum les catalyseurs dans les réactions chimiques afin de minimiser les quantités de réactifs utilisés et de déchets produits
6. Minimiser l'utilisation de composés réactionnels intermédiaires
7. Favoriser le meilleur rendement réactionnel possible : utiliser au maximum les matières premières pour minimiser les déchets produits

8. Utiliser des solvants plus sûrs et moins toxiques : remplacement des solvants organiques...
9. Rechercher l'efficacité énergétique de la réaction : travailler à température et pression ambiante quand cela est possible
10. Concevoir des produits chimiques qui se décomposeront en composés inertes et qui ne s'accumuleront pas dans l'environnement
11. Analyser en continu toutes les réactions de transformation pour détecter immédiatement la production de sous-produits afin de les minimiser, voire les éliminer
12. Concevoir des produits chimiques dans des formes appropriées afin de limiter les risques d'accident

Originalité des résultats et contribution au développement régional

La méthode d'investigation repose sur la construction d'une équation de recherche qui nous permet de capturer les brevets déposés dans le domaine de la chimie verte. La chimie verte n'étant pas une véritable spécialité scientifique, il n'existe pas de nomenclature (ex : codes CIB) permettant de repérer sans ambiguïté les brevets qui s'y rattachent. Le filtre élaboré par notre équipe, et implémenté dans la base de données des brevets Qpat, est issu d'un processus à plusieurs étapes combinant codes CIB et mots-clés, et ayant pour point de départ le filtre de Nameroff et al. (2004) utilisé pour analyser les brevets déposés dans le domaine de la chimie verte auprès de l'office américain USPTO. C'est par un processus itératif en collaboration avec des experts scientifiques que nous sommes parvenus à stabiliser notre équation de recherche et à obtenir une base de données de 166 brevets déposés par des acteurs aquitains. L'analyse des brevets, complétée par d'autres indicateurs de l'innovation (thèses Cifre, projets européens, dossiers d'incubateur), nous permet d'évaluer les compétences scientifiques et technologiques en Aquitaine dans le domaine de la chimie verte. Ainsi, il ressort que, depuis 2004, la dynamique de dépôts des brevets n'a cessé de se consolider en Aquitaine, franchissant le seuil des 10 dépôts de brevets par an. Quant à la présence Aquitaine dans les projets européens de chimie verte, il ressort que les laboratoires de recherche de l'Université de Bordeaux sont bien représentés, contrairement aux industriels de la région.

Auteurs

Mathieu BECUE (GREThA Université Bordeaux IV)
Marina FLAMAND (GREThA Université Bordeaux IV)
Vanessa OLTRA (GREThA Université Bordeaux IV)
Maïder SAINT JEAN (GREThA Université Bordeaux IV)

Laboratoires partenaires

Laboratoire LCPO, Université Bordeaux I

Partenaires

Association Aquitaine Chimie Durable, Bordeaux

COMPTER

Définitions et contours de la chimie verte (CV)

La définition de la CV donnée par les deux chimistes américains Anastas et Warner, ainsi que les douze principes de la CV, posent les bases conceptuelles de cette nouvelle chimie. L'accent est mis sur la nécessité de concevoir intentionnellement de nouveaux produits et procédés utilisant au maximum les matières premières, minimisant les déchets et sous-produits, utilisant des solvants propres, et utilisant au mieux l'énergie, en termes de rendement, d'économie, de sources et de rejets. Pour autant, comme le souligne Linthorst (2010), les frontières de la CV demeurent flexibles et très souvent dépendantes de la perception qu'en ont les utilisateurs. Ainsi, le développement de la CV, qui apparaît dans l'utilisation croissante du terme même de green chemistry depuis 1990, s'est opéré indépendamment de la philosophie associée aux douze principes. Cette évolution montre l'importance du langage utilisé pour revendiquer des travaux scientifiques dans le domaine de la CV, mais elle peut aussi masquer les véritables avancées dans le domaine.

Au-delà du langage, la CV représente un type de connaissance dès lors qu'elle se définit comme un mode de pensée. Ainsi, Anastas affirme que la CV repose sur une conception intentionnelle (« intentionally designed ») et qu'il est, par définition, impossible de faire de la chimie verte par accident. Néanmoins ces affirmations ne rendent pas compte d'une certaine souplesse d'utilisation au sein même de la philosophie CV. Par exemple, les mêmes auteurs qualifient de chimie verte les recherches en chimie qui « luttent pour incorporer un ou plusieurs des douze principes ». Dans ce cas, il devient relativement facile de mériter l'appellation de CV. En fait, le domaine ne se réduit pas au cadre tel que défini par l'agence de protection environnementale américaine (EPA). Mais ce cadre des douze principes, élaboré par des scientifiques, en est le reflet et donne des directions de recherche auxquelles les acteurs privés et publics de l'innovation pourront donner corps. D'où le caractère flou des frontières de la CV et le foisonnement des recherches et des communautés scientifiques qui s'y rattachent et notre questionnement : comment se structure la CV en général et, plus localement, en Aquitaine ?

Sur la base d'une compilation d'ouvrages et d'articles originels consacrés à la CV, nous avons identifié quatre sous-domaines, que nous avons soumis à un expert de la chimie verte en région (Directeur du LPTO) pour validation :

- **Les matières premières renouvelables (biomasse, lumière) comme alternatives aux ressources fossiles** : elles sont utilisées notamment dans les bioraffineries qui utilisent les déchets et/ou la biomasse non comestible (bois et sous-produits) comme ressource pour produire des biocarburants et des polymères renouvelables ou biodégradables, les biopolymères (PHAs et PLA); pour la biocatalyse via l'utilisation de catalyseurs naturels (enzymes) pour convertir la biomasse en produits chimiques.
- **Les solvants alternatifs** : il s'agit de concevoir des réactions sans solvant ou des solvants plus sûrs et moins toxiques (eau, fluides supercritiques, liquides ioniques, solvants biodégradables) ou encore des méthodes de recyclage des solvants.
- **Les nouveaux modes de réactions et de synthèses chimiques** : à travers l'utilisation de produits et de réactifs de toxicité faible ou nulle et l'utilisation maximum de catalyseurs dans les réactions chimiques. Cela passe par le développement de catalyseurs non métalliques (organocatalyseurs, biocatalyseurs, catalyseurs biomimétiques), la conception de catalyseurs sélectifs, et la réutilisation et le recyclage des catalyseurs.
- **Les procédés industriels et réacteurs alternatifs (l'ingénierie des procédés chimiques)** : ils incluent les procédés qui doivent être conçus pour maximiser l'efficacité de la réaction et réduire les déchets (traitements continus, sonochemistry, photochemistry), les bioraffineries et la chimie analytique verte (microréacteurs et méthodologies analytiques alternatives).

C'est à partir de cette catégorisation que nous avons pu élaborer une première liste de mots-clés que nous avons testé sur les publications scientifiques à l'aide de la base de données Web of Knowledge. C'est sur cette base que nous nous sommes appuyés pour construire l'équation de recherche appliquée ensuite aux brevets.

Les indicateurs de l'innovation

Pour mesurer l'innovation, différents types d'indicateurs sont utilisés (notamment les dépenses de R&D comme input de l'innovation, ou les brevets comme output de l'innovation). Chacun comporte des biais qui obligent à une certaine précaution dans l'interprétation des chiffres obtenus. Mais si l'on veut appréhender les processus complexes et interactifs que sont les innovations, et évaluer les compétences qu'elles sous-tendent, il est important de combiner les différents indicateurs. C'est pourquoi, nous avons eu recours à des indicateurs bibliométriques, des brevets, des dossiers d'incubateurs et des projets européens.

Il est important également de ne pas se contenter d'une analyse quantitative qui capturerait difficilement les forces en présence et les différentes dimensions de la dynamique locale de recherche et d'innovation. Nous mobilisons ainsi des données qualitatives, issues notamment de nos interactions avec les acteurs locaux et collectées par entretiens directs, et des outils d'analyse de type textuel permettant d'appréhender le contenu des brevets, afin de tenter d'identifier plus précisément les trajectoires technologiques qui se déploient et les concepts ou les visions de la chimie verte qui sous-tendent ces trajectoires. Une attention particulière est également consacrée à l'identification des acteurs et des réseaux de collaboration.

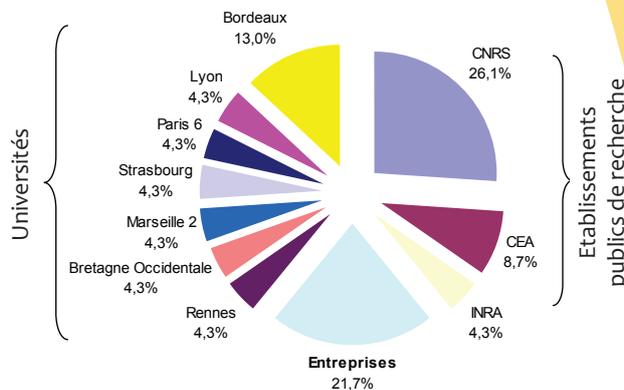
Chimie Verte Aquitaine : dépôts de brevets, incubation et projets européens

L'Aquitaine dans les projets de recherche « CV » financés dans le cadre du FP6 et FP7

L'objectif, sur la base des données CORDIS, est d'identifier la présence d'acteurs aquitains au sein des programmes de recherche européens de la chimie verte financés dans le cadre du FP6 et du FP7. Certains mots clés sont retenus qui nous permettent d'identifier ces projets, dès lors qu'il n'existe pas par ailleurs de programmes du FP6 et FP7 dédiés à ce domaine technologique. Une analyse systématique des porteurs et partenaires est alors réalisée. Nous restituons nos résultats en positionnant l'Aquitaine vis-à-vis d'autres régions françaises et européennes.

Premières observations

- il ressort une forte présence de l'Université de Bordeaux dans les projets chimie verte financés dans le cadre du FP7,
- mais l'absence d'entreprises aquitaines.



Une analyse des dépôts de brevets de l'Aquitaine dans le domaine de la chimie verte

En tant qu'output de l'activité scientifique, les brevets constituent un indicateur récurrent de l'innovation. La propension à déposer un brevet dans le domaine de la chimie plus élevée que dans les autres secteurs (OCDE, 2011) renforce l'intérêt de cet indicateur. Cette pratique est, en effet, historique dans cette industrie, et il s'agit d'une « technology based industry » pour laquelle les inventions facilement démontrables par des lois chimiques et physiques sont propices à être protégées par les brevets (Arora et Gamberdella, 1998). Par ailleurs, le dépôt de brevet est indispensable pour les stratégies de licence très répandues dans l'industrie de la chimie (Arora et Gamberdella, 1998).

Méthodologie

Deux bases de données brevets ont été mobilisées. Dans un premier temps, la base de données Regpat a permis d'identifier les brevets publiés depuis 1990 pour lesquels au moins un des inventeurs est localisé en Aquitaine. Ce critère plus que celui de la localisation du déposant permet d'identifier le lieu de l'activité d'innovation. Le portefeuille de brevets ainsi constitué a ensuite été importé sur la base de données Qpat afin d'isoler les brevets relevant du domaine large de la CV.

Aucun code de la Classification Internationale des Brevets (CIB) ne permettant d'appréhender la totalité du domaine de la CV, notre stratégie de recherche repose sur la combinaison de mots clés et de codes CIB.

Grâce à l'analyse de l'information contenue dans les brevets ainsi identifiés, nous pouvons :

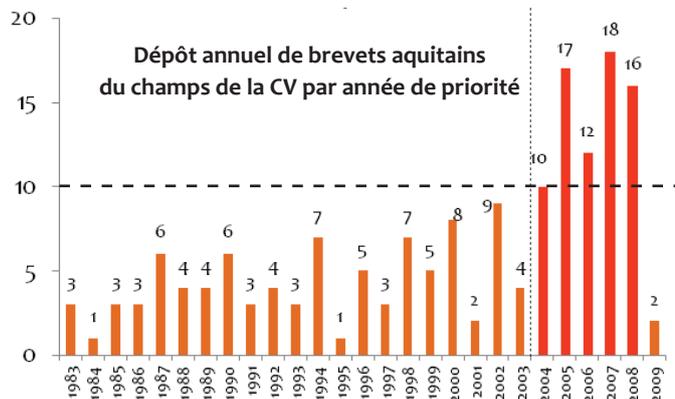
- analyser l'activité technologique de la région en matière de chimie durable** : principaux domaines technologiques, dynamique de dépôt dans le temps, diffusion des innovations...
- et identifier les acteurs : principaux déposants et inventeurs, nature de ces derniers** (public /privé, nationaux/régionaux, spécialistes de la chimie...), collaborations scientifiques...

Sur la base des mêmes critères, les brevets français appartenant au champ de la CV ont été identifiés, afin de mieux apprécier les performances de l'Aquitaine.

Premiers résultats

- Notre stratégie de recherche nous a permis d'identifier **166 brevets** aquitains dans le domaine et publiés depuis 1990, soit environ **4% des brevets français**.

- L'activité scientifique de la région, considérée à travers le nombre de dépôts annuels apparaît instable avec d'importants écarts d'une année sur l'autre. Néanmoins, **depuis 2004 la dynamique de dépôts s'est consolidée**. Le cap symbolique des 10 brevets par an est atteint et les années 2005 et 2007 indiquent un fort accroissement de la capacité d'innovation avec respectivement 17 et 18 brevets déposés.



Note : Un brevet se caractérise par une date de priorité (date du premier dépôt auprès d'un office de brevet) et une date de publication ultérieure. Les brevets publiés après 1990 sont nécessairement caractérisés par une date de priorité antérieure. Ce décalage temporel explique également le faible nombre de brevets enregistré en 2009, les bases de données ne recensant que les brevets publiés.

Pour aller plus loin...

- Association Aquitaine Chimie Durable : <http://www.aquitainechimiedurable.com/>
- Plateforme Technologique Française pour la Chimie Durable : <http://www.suschem.fr/>
- OCDE, (2011). Sustainable Chemistry: Evidence on Innovation from Patent Data, ENV/JM/MONO(2011)4.
- Anastas P., Warner J., (1998). Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, Cambridge.
- Nameroff T.J., Garant R.J., Albert M.B., (2004). Adoption of Green Chemistry: an Analysis based on US Patents, Research Policy, 33, 959-974.
- Sarrade S. (2008). Quelles sont les ressources de la chimie verte?, EDP Sciences.

Pour citer ce document :

BECUE M., FLAMAND M., OLTRA V., SAINT JEAN M. (2012). Comment évaluer les compétences scientifiques et technologiques dans la chimie verte en Aquitaine ?, Projet PSDR-COMPTER Compétitivité des firmes et éco-innovations dans la chimie verte en Aquitaine, Aquitaine, Série Les Focus PSDR3.

Plus d'informations sur le programme PSDR

<http://www.inra.fr/psdr>

<http://www.psdraquitaine.org>

<http://www4.inra.fr/psdr-midi-pyrenees>

Contacts

PSDR Aquitaine : Frédéric Saudubray (Irstea) - frederic.saudubray@irstea.fr

PSDR Midi-Pyrénées : Danielle Galliano (INRA) – danielle.galliano@toulouse.inra.fr

Direction Nationale PSDR : André Torre (INRA) – torre@agroparistech.fr

Animation Nationale PSDR : Frédéric Wallet (INRA) – wallet@agroparistech.fr

Pour et Sur le Développement Régional (PSDR), 2007-2011

Programme soutenu et financé par :



Partenaires :

