

Agrawala, S. et al. (2012), « Adaptation et Innovation : une analyse des données sur les brevets dans le domaine des biotechnologies agricoles », Document de travail de l'OCDE sur l'environnement, No. 40, Éditions OCDE.
<http://dx.doi.org/10.1787/5k9csvg8gh6h-fr>



Document de travail de l'OCDE
sur l'environnement No. 40

Adaptation et Innovation

**UNE ANALYSE DES DONNÉES
SUR LES BREVETS DANS LE DOMAINE
DES BIOTECHNOLOGIES AGRICOLES**



DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT DE TRAVAIL SUR L'ENVIRONNEMENT N° 40

ADAPTATION ET INNOVATION : UNE ANALYSE DES DONNÉES DES BREVETS EN
BIOTECHNOLOGIE AGRONOMIQUE

Agrawala, S. (1), C. Bordier (1), V. Schreitter (1) et V. Karplus (2)

- (1) OCDE
(2) Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Classification JEL : Q54, Q16, O39

Mots clés : changement climatique, adaptation, innovation, biotechnologie, agriculture, brevets

Les documents de travail de l'OCDE sur l'environnement sont publiés sur le site :
www.oecd.org/env/workingpapers

JT03318497

Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.



DOCUMENTS DE TRAVAIL DE L'OCDE SUR L'ENVIRONNEMENT

Cette série a été créée dans le but de rendre accessibles à un plus large public certaines études sur les questions d'environnement qui ont été préparées à l'OCDE pour usage interne. Il s'agit le plus souvent d'ouvrages collectifs, mais les noms des principaux auteurs sont indiqués.

Les documents sont en général disponibles uniquement dans leur langue d'origine – anglais ou français – et présentent un bref résumé dans l'autre langue.

Les opinions exprimées dans ces documents sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'OCDE ni celles des gouvernements des pays membres.

Des commentaires sur cette Série seraient appréciés et pourront être adressés soit à env.contact@oecd.org soit à la Direction de l'environnement, 2, rue André Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

Les documents de travail de l'OCDE sur l'environnement sont publiés sur le site
www.oecd.org/env/workingpapers

Les demandes de reproduction ou de traduction totales ou partielles de ces documents doivent être adressées aux Éditions de l'OCDE, par courrier électronique à l'adresse rights@oecd.org ou par fax au 33 1 45 24 99 30.

Copyright OECD 2012

RÉSUMÉ

L'innovation dans les technologies liées à l'atténuation et à l'adaptation sera capitale dans la lutte contre le changement climatique. Elle peut permettre de réduire le coût de l'action des pouvoirs publics et offrir de nouvelles opportunités au secteur privé. Cependant, la plupart des débats sur l'innovation portent sur l'atténuation, au détriment de l'adaptation. Le présent document se fonde, pour une étude de cas sur l'activité d'innovation, sur les biotechnologies agronomiques. Le secteur agricole, déjà sollicité pour répondre à la demande d'une population mondiale en augmentation, est en effet considéré comme particulièrement vulnérable face au changement climatique. Innover pour améliorer les espèces végétales et développer des variétés plus résistantes aux incidences du changement climatique est l'une des nombreuses possibilités d'adaptation qui s'offrent à l'agriculture. Le présent document n'a pas vocation à prôner ou décourager le recours aux biotechnologies, mais fournit des estimations sur le degré d'innovation dans ce domaine et sur les tendances qui se dégagent.

Le présent rapport propose la première quantification empirique de l'innovation dans les biotechnologies agronomiques adaptatives. Il analyse les demandes de brevet concernant trois formes de stress abiotique liées au changement climatique : sécheresse, salinité du sol et extrêmes de température. Les données sur les brevets sont un indicateur de l'évolution de l'activité créative. Elles renseignent sur les pays où sont déposées les demandes de brevet et d'où provient l'innovation, sur les modalités des transferts de technologie entre pays et sur les institutions et les organisations impliquées dans les dépôts de brevet.

Le brevetage de biotechnologies adaptatives s'est accéléré ces 25 dernières années – les demandes de brevet annuelles portant sur des biotechnologies adaptatives sont passées de moins de 10 en 1995 à près de 200 en 2007. Les informations sur les brevets mettent en avant la domination des pays de l'OCDE et des économies émergentes dans le domaine des biotechnologies adaptatives – plus de 80 % des demandes de brevet concernent des inventions de pays membres de l'OCDE. Pour les biotechnologies adaptatives, les États-Unis, l'Europe et le Japon sont les inventeurs les plus créatifs, ce qui corrobore les résultats globaux sur l'activité de brevetage dans le domaine des biotechnologies. Le comptage des brevets pourrait néanmoins ne pas refléter l'activité créative de pays, comme la Chine, dans lesquels le recours au brevet pour protéger une innovation est moins fréquent.

L'analyse transfrontière du brevetage révèle que les demandes de brevets sont essentiellement déposées dans les pays industriels. Le pays enregistrant le plus de brevets dans les biotechnologies adaptatives à l'étranger est les États-Unis, et c'est l'Australie qui reçoit le plus de demandes de brevet étrangères. Les pays membres de l'OCDE représentent 85 % des brevets enregistrés dans des pays étrangers et ils accueillent 70 % des enregistrements de brevets étrangers. L'étude fait apparaître une activité de brevetage limitée à destination des pays en développement, de l'Amérique du Sud et de l'Asie.

L'analyse des candidats à un brevet d'invention montre que le secteur privé joue un rôle important dans l'innovation concernant les biotechnologies adaptatives – quatre des cinq organisations qui déposent le plus de brevets appartiennent au secteur privé et regroupent 23 % de l'ensemble des demandes de brevets. Cependant dans certains pays, notamment le Japon, la Chine et la Corée, le secteur public joue un plus grand rôle dans ce domaine, ainsi que le montre l'analyse.

Classification JEL: Q54, Q16, O39

Mots-clés: changement climatique, adaptation, innovation, biotechnologie, agriculture, brevets

ABSTRACT

Innovation in technologies that promote mitigation and adaptation will be critical for tackling climate change. It can decrease the costs of policy measures and provide new opportunities for the private sector. However, most discussions of innovation have focused on mitigation, while little attention has been paid to innovation for adaptation. This paper uses agricultural crop biotechnology as a case study of innovative activity. The agricultural sector is considered to be particularly vulnerable to climate change, in addition to facing the pressures of meeting the demands of a rising world population. Innovation in plant breeding to develop crop varieties that are more resilient to climate change impacts is one of several possible adaptation options for agriculture. This paper neither advocates nor discourages the use of biotechnology, but focuses on providing estimates of the level and trends of innovation in this field.

This paper provides the first empirical quantification of innovation in adaptation-related crop biotechnology. It analyses patent applications relevant to three forms of abiotic stress associated with climate change: drought, soil salinity and temperature extremes. Patent data provides an indication of the evolution of inventive activity, the countries where innovation takes place, where patent applications are submitted, how technology is transferred between countries, and the institutions and organisations involved in patenting.

Patenting of adaptation-related biotechnology has accelerated over the last quarter century – annual patent applications in adaptation-related biotechnology have increased from fewer than 10 in 1995 to almost 200 by 2007. Patent data indicates that OECD member countries and emerging economies dominate innovation in adaptation-related biotechnology – more than 80% of patent applications were invented in OECD member countries. The United States, Europe and Japan are the most active inventors for adaptation-related biotechnology patents, which is consistent with general findings on biotechnology patenting activity. However, patent counts could underestimate innovative activity in countries where patents are less frequently used to protect innovations, such as China.

The analysis of cross-border patenting finds that patents are primarily submitted for registration in industrial countries. The United States is the most active in registering adaptation-related biotechnology patents in foreign countries, while Australia receives the most registrations from abroad. OECD member countries account for 85% of patents registered in foreign countries, and also receive 70% of all registrations which originate from foreign countries. The analysis finds only limited patent flows to developing countries, South America and Asia.

An examination of applicants in patent submissions indicates that the private sector plays an important role in adaptation-related biotechnology innovation – four of the five most active patenting organisations are from the private sector and together account for 23% of all patent applications. The analysis also indicates that in some countries, such as Japan, China and Korea, the public sector plays a larger role in patenting.

JEL Classification: Q54, Q16, O39

Keywords: Climate change, Adaptation, Innovation, Biotechnology, Agriculture, Patents

AVANT-PROPOS

Le rapport ci-joint, consacré au thème « Adaptation et innovation : une analyse des données des brevets en biotechnologie agronomique », a été établi sous la supervision du Groupe de travail sur le climat, l'investissement et le développement (GTCID).

Ses auteurs sont Shardul Agrawala, Cécile Bordier, Victoria Schreitter et Valerie Karplus. Outre les délégués au GTCID, les auteurs souhaitent remercier Anthony Arundel, Nils-Axel Braathen, Bertrand Dagallier, Ivan Hašič, Nick Johnstone, Peter Kearns, Nicholas Kingsmill, Nicolina Lamhauge, Elisa Lanzi, Helen Mountford, Michael Mullan, Carl Pray, Marie-Christine Tremblay et Fleur Watson pour leurs précieuses contributions et remarques.

Ce document ne reflète pas nécessairement les opinions ni de l'OCDE ni de ses pays membres. Il est publié sous la responsabilité des auteurs. Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Ce document qui est publié dans la série des documents de travail sur l'environnement de l'OCDE [ENV/WKP(2011)10] peut être téléchargé sur le site Web de l'OCDE à l'adresse www.oecd.org/env/workingpapers ou www.oecd.org/env/cc/adaptation.

Les demandes d'information sur les travaux en cours dans le domaine de l'adaptation au changement climatique doivent être adressées à Michael Mullan, à la Direction de l'environnement de l'OCDE (Mél : Michael.Mullan@oecd.org ; Tél : +33 1 45 24 13 17)

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| RÉSUMÉ..... | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| AVANT-PROPOS..... | 5 |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS | 8 |
| 1. INTRODUCTION..... | 9 |
| 1.1 Définition et complexité de la biotechnologie adaptive..... | 10 |
| 1.2 Les brevets en tant qu'indicateur de l'innovation | 14 |
| 2. MÉTHODOLOGIE..... | 19 |
| 2.1 Étape 1 : Identification de la base de données de brevets | 20 |
| 2.2 Étape 2 : Choix des codes CIB associés à la biotechnologie et à l'agriculture | 21 |
| 2.3 Étape 3 : Choix des mots-clés associés au stress environnemental..... | 25 |
| 2.4 Étape 4 : Sélection des brevets dans le domaine de la tolérance aux stress climatiques..... | 25 |
| 3. ANALYSE DES DONNÉES DE BREVETS | 27 |
| 3.1 Évolution des brevets en biotechnologie adaptive | 27 |
| 3.2 Pays inventeurs | 28 |
| 3.3 Brevetage international | 32 |
| 3.4 Propriété des brevets | 37 |
| 3.5 Protection de cultures spécifiques..... | 39 |
| 4. CONCLUSION | 40 |
| RÉFÉRENCES | 42 |

Tableaux

| | | |
|------------|---|----|
| Tableau 1. | Comparaison des certificats d'obtention végétale et des brevets | 17 |
| Tableau 2. | Liste des mots-clés associés au stress abiotique | 25 |
| Tableau 3. | Nombre d'institutions déposant des demandes de brevet en biotechnologie adaptative..... | 37 |
| Tableau 4. | Propriété des demandes de brevet en biotechnologie adaptative (1990-2007)..... | 38 |

Figures

| | | |
|------------|--|----|
| Figure 1. | Liens entre biotechnologie et adaptation au changement climatique | 11 |
| Figure 2. | Indicateurs clés de l'innovation..... | 14 |
| Figure 3. | Importance des certificats d'obtention végétale : titres UPOV en vigueur fin 2008..... | 16 |
| Figure 4. | Méthodologie pour choisir les brevet axés sur l'adaptation..... | 20 |
| Figure 5. | Trois types de documents de brevet | 21 |
| Figure 6. | Demandes de brevet en biotechnologie adaptative déposées chaque année..... | 27 |
| Figure 7. | Demandes de brevet en biotechnologie adaptative par pays inventeur (1990-2007) | 28 |
| Figure 8. | Stock de connaissances des demandes de brevet en biotechnologie adaptative..... | 29 |
| Figure 9. | Demandes de brevet en biotechnologie adaptative inventées et/ou enregistrées..... | 32 |
| Figure 10. | Brevetage en biotechnologie adaptative, inventeurs nationaux et inventeurs étrangers | 33 |
| Figure 11. | Brevetage international en biotechnologie adaptative (1990-2007) | 35 |

Encadrés

| | | |
|------------|---|----|
| Encadré 1. | Mécanismes complexes impliqués dans la tolérance à la salinité et à la sécheresse | 13 |
| Encadré 2. | Description de la Classification internationale des brevets (CIB) | 22 |
| Encadré 3. | Exemple d'un brevet présenté sur Espacenet..... | 24 |
| Encadré 4. | Comparaison des résultats de l'étude à l'ensemble des données de brevets en biotechnologie | 31 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|----------------|---|
| CIB | Classification internationale des brevets |
| COV | Certificats d'obtention végétale |
| DPI | Droits de propriété intellectuelle |
| EUR | Euro |
| OCDE | Organisation de coopération et de développement économiques |
| OEB | Office européen des brevets |
| OMPI | Organisation mondiale de la propriété intellectuelle |
| PatStat | Base de données de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets |
| UE | Union européenne |
| UPOV | Union internationale pour la protection des obtentions végétales |

1. INTRODUCTION

Une politique climatique efficace nécessite des mesures à la fois d'atténuation et d'adaptation. Le développement des innovations dans les technologies qui favorisent l'atténuation et l'adaptation est primordial pour faire face au changement climatique. De telles innovations sont susceptibles de diminuer le coût des mesures et de permettre une action plus efficace face aux complexités du changement climatique. De nombreuses publications ont examiné le rôle de l'innovation dans les politiques climatiques (pour une analyse, voir par exemple Popp, 2010 ; Carraro *et al.*, 2010). Toutefois, la plupart des études analytiques se sont concentrées sur l'atténuation, et peu d'attention a été accordée à l'innovation dans le domaine des technologies d'adaptation. L'évaluation de l'innovation en matière d'adaptation présente de nombreuses difficultés. Par exemple, il demeure difficile de définir ce qui relève véritablement de l'adaptation. Dans le même temps, contrairement à l'atténuation, les décisions en matière d'adaptation sont typiquement mises en œuvre non seulement par les administrations centrales, mais également au niveau individuel ou par le secteur privé. Il est ainsi plus compliqué de quantifier l'innovation en matière d'adaptation.

Ainsi, l'objectif de ce document est de présenter une étude de cas sur l'innovation¹ dans le domaine des technologies d'adaptation. Plus particulièrement, cette étude de cas utilise le comptage des demandes de brevet en tant qu'indicateur de l'innovation dans la biotechnologie adaptative, indicateur qui est également fréquemment exploité dans les publications sur l'innovation dans les technologies d'atténuation (par exemple, Dechezleprêtre *et al.*, 2011). Dans ce contexte, ce rapport ne prône ni ne décourage l'utilisation des biotechnologies, mais s'applique à fournir des estimations du niveau et des tendances en matière d'innovation dans ce domaine. Ce rapport propose la première quantification concrète de l'innovation en biotechnologie visant à développer des cultures plus résistantes à trois formes de stress abiotique associées au changement climatique : la sécheresse, la salinité accrue des sols et les extrêmes de température.

L'innovation dans le domaine de la sélection des espèces (notamment la biotechnologie) qui a pour but de développer des variétés végétales plus résistantes aux incidences du changement climatique fait partie d'un plus large ensemble réunissant les diverses options d'adaptation possibles en agriculture. L'agriculture est considérée comme l'un des secteurs les plus vulnérables au changement climatique et elle est fortement sollicitée pour satisfaire les demandes d'une population mondiale croissante, à partir de ressources limitées (voir Rosegrant *et al.*, 2008). Dans tout contexte donné, plusieurs stratégies peuvent être efficaces pour adapter l'agriculture au changement climatique. Sont notamment envisageables l'utilisation de systèmes d'information sur la météorologie et le climat, la diversification, l'adoption de nouvelles techniques de production et le recours à des instruments de gestion des risques financiers (comme l'assurance récolte) (OCDE, 2010a). Se concentrer exclusivement sur les biotechnologies est clairement insuffisant pour faire face à la totalité des changements dans le secteur agricole. Néanmoins, le développement actuel des innovations dans le secteur des cultures dotées d'une résistance accrue au stress

¹ Dans ce document, l'innovation fait référence à toutes les activités d'innovation, à savoir « toutes les opérations scientifiques, technologiques, organisationnelles, financières et commerciales qui conduisent effectivement ou ont pour but de conduire à la mise en œuvre des innovations. Certaines de ces activités sont elles-mêmes innovantes, d'autres ne sont pas nouvelles mais nécessaires à la mise en œuvre d'innovations » (OCDE, 2005).

climatique indique que la biotechnologie est de plus en plus considérée comme une option dans une approche multiforme de l'adaptation en agriculture.

Les brevets sont un indicateur utile de l'innovation en biotechnologie agricole car ils illustrent l'évolution de l'activité d'invention en biotechnologie adaptative dans le temps et renseignent sur les pays dans lesquels les innovations voient le jour et dans lesquels les demandes sont déposées, et sur les institutions impliquées. Les tendances en matière de brevetage international peuvent être utilisées pour analyser le transfert international de technologie dans le domaine de la biotechnologie adaptative. L'activité de brevetage international depuis les pays développés vers les pays en développement indique la manière dont la technologie se diffuse vers les pays qui sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Enfin, les brevets sont également susceptibles d'indiquer les marchés éventuels pour les cultures qui affichent une résistance accrue aux incidences du changement climatique.

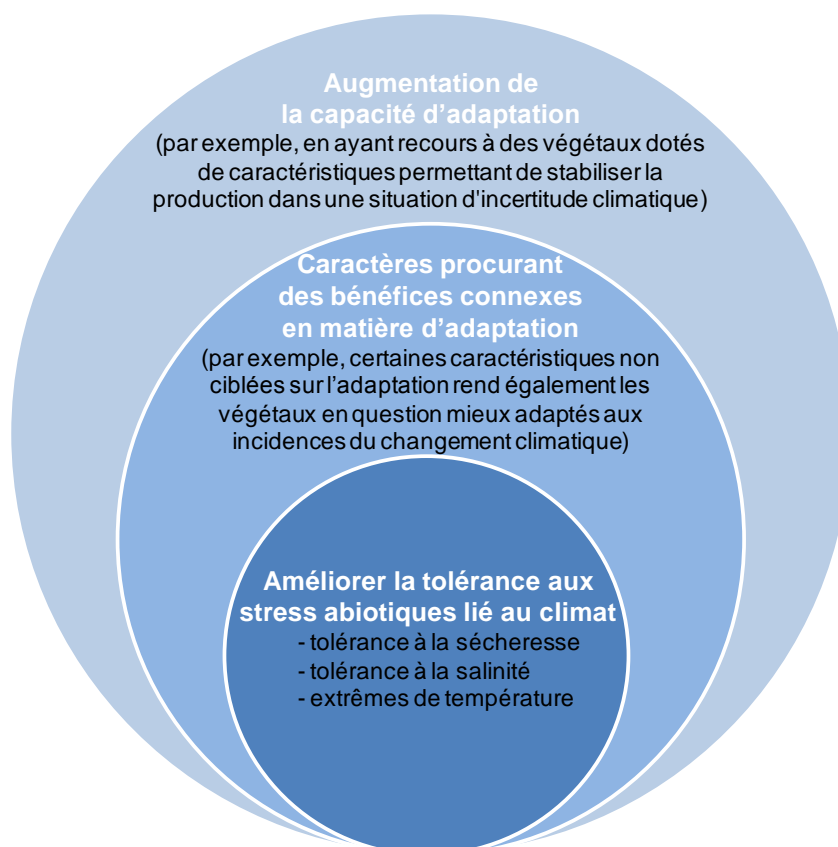
1.1 Définition et complexité de la biotechnologie adaptative

De nombreux liens existent entre la biotechnologie et l'adaptation (voir la figure 1). Dans une définition large, la biotechnologie adaptative pourrait théoriquement inclure des caractères aux cultures susceptibles d'accroître le revenu des agriculteurs. L'argument étant que des revenus plus élevés favoriseraient (indirectement) l'adaptation, par l'amélioration de la capacité d'adaptation des agriculteurs.

Une définition plus étroite peut inclure l'introduction de caractères dans les végétaux qui présentent des bénéfices connexes, les rendant mieux adaptés au changement climatique. Par exemple, des arbres modifiés pour résister aux vers qui s'attaquent aux racines peuvent présenter des racines plus résistantes. Ces racines plus robustes peuvent potentiellement présenter le bénéfice connexe de mieux résister à des vents violents susceptibles de détruire un arbre similaire doté de racines plus faibles. Un autre exemple d'avancée biotechnologique susceptible de présenter un bénéfice connexe en matière d'adaptation est le développement des arbres transgéniques. Même si ces arbres en sont encore au stade de la recherche dans la plupart des pays,² ils peuvent offrir des caractéristiques utiles pour l'adaptation au changement climatique dans le futur, comme la stabilisation des zones côtières ou la réduction de la vulnérabilité aux phénomènes météorologiques extrêmes. En outre, la résistance aux maladies peut jouer un rôle important lorsque le changement climatique affecte la propagation des nuisibles et des maladies, et une plus grande aptitude à utiliser les nutriments peut également aider à l'adaptation des cultures au changement climatique.

² Il existe une exception : la plantation de peupliers transgéniques en Chine depuis la fin des années 80.

Figure 1. Liens entre biotechnologie et adaptation au changement climatique



Toutefois ce rapport se concentre principalement sur une définition plus restreinte de la biotechnologie adaptative, à savoir sur le développement de caractères qui visent directement à améliorer la résistance aux incidences du changement climatique. Ces incidences peuvent être résumées par l'expression « stress abiotique », qui couvre respectivement le stress physique (sel), le stress hydrique (sécheresse et engorgement), le stress thermique (chaleur et froid), l'intoxication par des métaux (aluminium, fer, cadmium, plomb, nickel, chrome, cuivre, zinc, etc.), l'intoxication par des éléments non métalliques (bore, arsenic), le stress oxydatif (production de radicaux libres), et le stress atmosphérique (pollution de l'air, rayonnement, changement climatique) (Roy et Basu, 2009). Ce rapport se concentre sur l'innovation relative à trois types de stress que les végétaux sont susceptibles de connaître du fait du changement climatique : la sécheresse, la salinité accrue des sols et les extrêmes de température.

Cette définition étroite présente des limites. Plusieurs autres techniques de sélection peuvent également aider à développer des végétaux dotés d'une meilleure résistance au changement climatique. De plus, se concentrer exclusivement sur les avancées en biotechnologie relatives à trois types de stress abiotique ne sera pas suffisant pour adapter l'agriculture au changement climatique. En outre, les trois formes de stress abiotique prises en compte dans cette analyse ne sont pas nécessairement liées au changement climatique dans tous les cas de figure.³ Une autre limite peut provenir du fait que la décision

³ Par exemple, en Australie la salinité présente dans les systèmes agricoles pourrait ne pas être un phénomène lié au climat. Les problèmes de salinité dans l'agriculture australienne proviennent de l'élimination des plantes vivaces à racines profondes, et de la culture de plantes annuelles à racines superficielles. Cela entraîne la montée des nappes phréatiques et provoque la dissolution des dépôts de sel qui se trouvaient préalablement au dessus de la nappe, ce qui peut amener l'eau salée jusqu'à la surface. La salinité des terres sèches due

d'utiliser un certain type de méthodes de sélection peut ne pas dépendre des caractères devant être améliorés. En revanche, l'application de la biotechnologie transgénique (ou génie génétique) vise spécifiquement ces caractères. Ainsi, l'analyse des caractères spécifiques peut influencer sur les résultats de cette étude en faveur des approches transgéniques. Toutefois, même si le niveau total de l'innovation est susceptible d'être sous-estimé dans cette étude, l'analyse de l'innovation pour les trois formes courantes de stress abiotique permet d'obtenir une indication sur les tendances dans le domaine de l'innovation en biotechnologie adaptative. Même si toutes les innovations en matière de biotechnologie adaptative ne sont pas associées à des objectifs d'adaptation, on peut les considérer comme liées à l'adaptation si elles permettent aux cultures d'être mieux adaptées au changement climatique.

Des programmes de sélection des végétaux testent l'apparition des trois caractères qui mènent à une meilleure résistance à la sécheresse, à la salinité des sols et aux extrêmes de température. Ces caractères peuvent être simples et n'impliquer que quelques gènes (comme c'est le cas pour la résistance à certains champignons et virus phytopathogènes). Les tentatives visant à améliorer la tolérance des cultures à la salinité et à la sécheresse doivent cependant tenir compte de la complexité génétique et physiologique des caractères de tolérance à la salinité et à la sécheresse (voir l'encadré 1). Le succès des programmes de sélection peut être mesuré par l'accroissement des rendements au cours des périodes de sécheresse, de salinité accrue des sols ou d'extrêmes de température. Dans ce contexte, les techniques et procédés de sélection jouent le rôle de compléments et la combinaison de plusieurs techniques est essentielle à la réussite de l'amélioration génétique.

aux nappes phréatiques peu profondes menace la production agricole de 4,6 millions d'hectares, avec un doublement attendu pour 2050 (Natural Heritage Trust, 2001). Une autre source de salinité en Australie est liée à la surexploitation des réserves d'eau souterraines pour l'irrigation, lorsque la salinité augmente avec l'extraction de l'eau à des profondeurs de plus en plus importantes. Toutefois, on s'attend à ce que le changement climatique aggrave les problèmes de salinité dans certaines régions australiennes et pour certaines cultures (Stokes and Howden, 2008).

Encadré 1. Mécanismes complexes impliqués dans la tolérance à la salinité et à la sécheresse

Tolérance à la salinité

Il a été prouvé que la tolérance à la salinité dépend de plusieurs sous-caractères, pouvant tous être déterminés par de multiples gènes. Par exemple, la salinité des sols peut accroître la stérilité du riz et entraîner une plus faible production de grains ; le sous-caractère stérilité est déterminé par au moins trois gènes.

En outre, il demeure difficile de tester la tolérance à la salinité des cultures. Dans des conditions salines, les rendements sont difficiles à mesurer du fait de la variabilité de la salinité au sein des champs et des interactions avec d'autres facteurs environnementaux (par exemple, les polluants gazeux, la fertilité des sols, le drainage et la température, la perte d'eau par transpiration). L'évaluation de la tolérance est également complexe car le riz est plus sensible à la salinité pendant la période de production des grains que pendant la période de croissance végétative.

Tolérance à la sécheresse

Comme pour la tolérance à la salinité, il n'existe pas un gène unique contrôlant la tolérance à la sécheresse. Les végétaux ont développé deux principales stratégies leur permettant d'augmenter leur tolérance à la sécheresse : l'évitement de la sécheresse et la tolérance à la déshydratation. La première stratégie fait référence à l'aptitude de la plante à rester hydratée dans des situations de pénurie d'eau, par exemple en augmentant la longueur des racines ou en réduisant l'ouverture des feuilles. La tolérance à la déshydratation fait référence à des végétaux qui peuvent supporter le manque d'eau et qui « reprennent vie » lorsque le sol retrouve des conditions d'humidité normales. Toutefois, de nombreux facteurs décrivent dans quelle mesure une culture est résistante à la sécheresse :

- Avec quelle efficacité un végétal puise l'eau dans le sol ;
- Dans quelle mesure les cellules retiennent l'eau ;
- Quelle quantité d'eau est libérée par les stomates (ouvertures dans les feuilles permettant la respiration) ;
- Le moment de la floraison par rapport au début de la saison sèche.

Cette complexité est à l'origine des difficultés rencontrées par les chercheurs et les sélectionneurs qui ont pour objectif d'améliorer la résistance des plantes à la sécheresse. Comme le déclare Jian-Kang Zhu, généticien moléculaire à l'Université de Californie, Riverside « le stress de sécheresse est aussi complexe et ardu pour la biologie végétale que l'est le cancer pour la biologie des mammifères ».

Source : Flowers (2004) ; Pennisi (2008) ; Cominelli et Tonelli (2010)

Dans le pipeline des produits, l'étape constituée des programmes de sélection et des recherches de laboratoire est suivie par la protection de certaines inventions, par exemple à l'aide de brevets. Dans la biotechnologie agricole, la découverte de nouvelles inventions est typiquement suivie de plusieurs phases de tests en serre et en champ. Une fois que tous les processus d'autorisation réglementaire ont été respectés, une variété peut être commercialisée.

Jusqu'ici aucune culture conférant une tolérance aux stress abiotiques en cas de sécheresse, d'extrême de température ou de salinité accrue n'a été commercialisée, mais une variété de maïs tolérant à la sécheresse devrait être commercialisée après 2012. Après plusieurs étapes de tests, Monsanto a présenté une demande pour un maïs transgénique visant à réduire les pertes de rendement dans des conditions de pénurie d'eau dans plusieurs pays.⁴ La variété MON87460 est le résultat d'une collaboration entre les sociétés BASF et Monsanto qui a été annoncée en mars 2007. Le MON87460 est réputé permettre une réduction de la perte de production dans des conditions de pénurie d'eau par rapport au maïs conventionnel. La première commercialisation du maïs tolérant à la sécheresse est attendue pour après 2012, en fonction de la durée de la procédure d'autorisation. Aucune autre demande relative au stress abiotique n'a été déposée en vue d'une commercialisation.

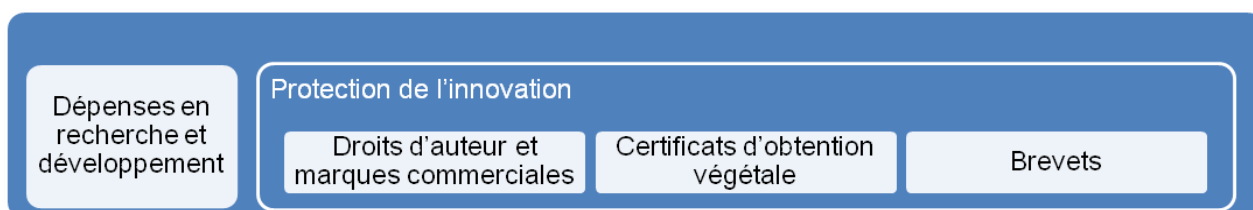
⁴ Les États-Unis (USDA, 2010), le Canada (CFIA, 2009), l'UE, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

1.2 Les brevets en tant qu'indicateur de l'innovation

Dans cette analyse, plusieurs variables peuvent servir d'indicateurs de l'innovation en biotechnologie (voir OCDE, 2010b). Différents moyens de protection d'une invention, comme les droits de propriété intellectuelle (DPI), peuvent en tant que tels être interprétés comme des indicateurs de l'innovation. Les DPI pertinents pour la biotechnologie sont les brevets, les certificats d'obtention végétale et, dans une moindre mesure, les droits d'auteur et les marques commerciales. Toutefois, toutes les inventions ne sont pas protégées, et des variables comme les dépenses de recherche et développement peuvent également être utiles pour quantifier l'état de l'activité d'invention. La propension à protéger une invention diffère selon les secteurs et les produits. Si une technologie peut être reproduite facilement, les entreprises sont davantage incitées à la protéger. La protection peut également être une décision stratégique, afin d'empêcher d'autres institutions de mener des recherches dans un domaine particulier.

Mais le secret industriel peut aussi être une décision stratégique des institutions pour éviter la divulgation d'informations sur les processus et les agendas de recherche interne (Griliches, 1990). Arundel (2001) conclut que la majorité des entreprises aux États-Unis, en Europe et en Australie privilégient le secret aux dépens des brevets. Cependant, la probabilité qu'une entreprise privilégie le secret diminue avec la taille de l'entreprise en ce qui concerne les innovations de produits, les grandes entreprises étant plus susceptibles de faire appel aux brevets (Arundel, 2001). Les données sur l'innovation qui est protégée par le secret ne deviennent disponibles que lorsque l'invention a été commercialisée, et des données quantifiables comparables ne sont pas disponibles. La figure 2 reprend les variables clés qui peuvent jouer le rôle d'indicateur de l'innovation dans ce rapport.

Figure 2. Indicateurs clés de l'innovation



L'analyse des dépenses en recherche et développement des institutions qui cherchent à rendre les cultures plus résistantes au changement climatique peut fournir des informations précieuses sur l'état de l'innovation. Toutefois, l'accès à de telles microdonnées est complexe et l'information est souvent agrégée, ce qui ne permet pas de sélectionner uniquement la biotechnologie adaptative. De plus, les dépenses de recherche et développement ne peuvent pas être utilisées pour décrire l'endroit où la technologie est destinée à être appliquée.

Les droits d'auteur peuvent, par exemple, protéger des notes et des rapports de recherche, ou même des programmes informatiques et des bases de données, leur utilisation nécessitant alors une autorisation. Les droits d'auteur jouent cependant un rôle mineur dans la protection des inventions en biotechnologie. Par ailleurs, même si les marques commerciales peuvent théoriquement être utilisées pour protéger les innovations, elles le sont rarement en biotechnologie (Groombridge, 1992).

Les certificats d'obtention végétale (COV) sont une forme de protection des DPI spécifiquement adaptée au processus de sélection végétale, qui est mise en œuvre par l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV). Adopté en 1961 à la suite de conférences internationales tenues à Paris en 1957, l'objectif de l'organisation intergouvernementale UPOV est la protection des

nouvelles variétés végétales. De nombreux pays sont devenus membres de l'UPOV et respectent son cadre réglementaire.⁵

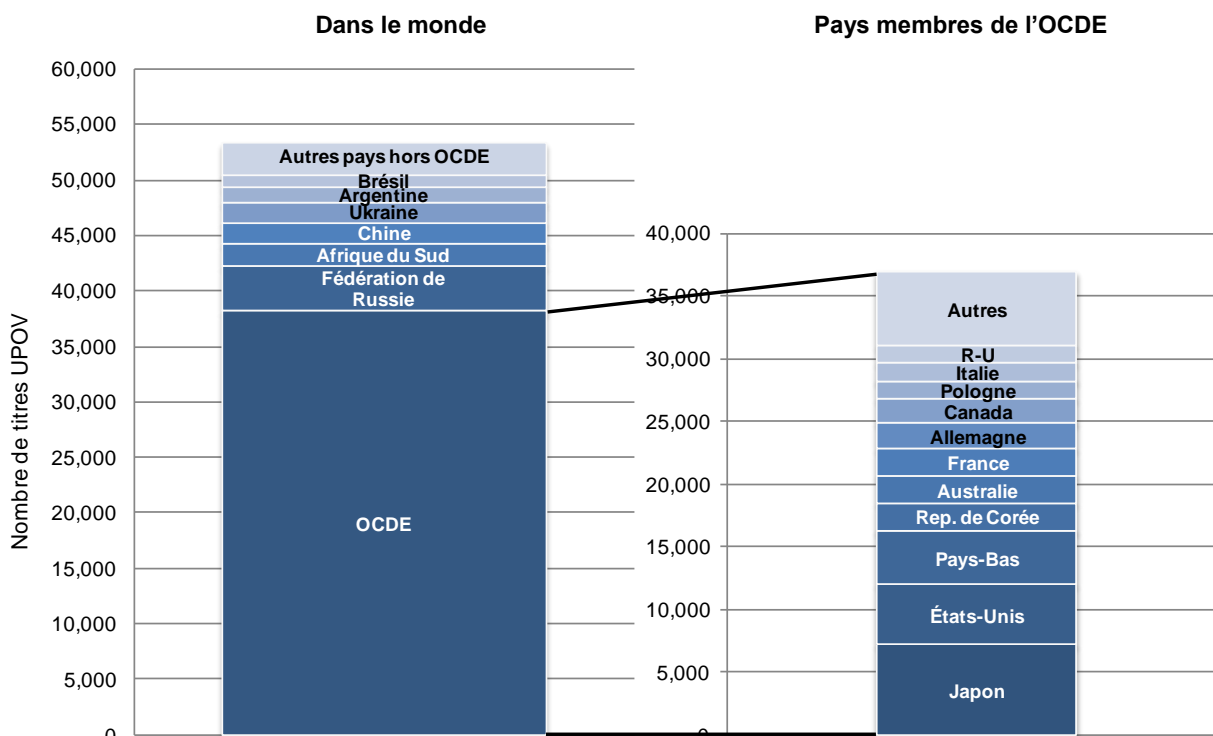
Les COV octroient des droits d'exploitation exclusifs et limités dans le temps pour une variété végétale qui est distincte, homogène, stable et satisfait aux critères de nouveauté (Groombridge, 1992 ; Blakeney *et al.*, 1999). Les certificats permettent également à des tiers d'utiliser les variétés protégées pour la recherche, ce que l'on appelle « l'exception en faveur de l'obtenteur ». Cette exception permet un libre accès à une variété protégée dans le but de sélectionner d'autres variétés. De cette façon, le système de l'UPOV vise à augmenter l'efficacité des programmes destinés à modifier les végétaux. Les formalités requises pour l'enregistrement des COV sont relativement simples et le coût est raisonnable pour la plupart des budgets de recherche. Par exemple, l'Office communautaire des variétés végétales exige des frais annuels qui ne dépassent pas EUR 1 000 pour une variété destinée à être distribuée dans plusieurs pays de l'Union européenne (OMPI-UPOV, 2002).

Afin d'évaluer l'importance des COV dans le monde, la figure 3 présente le nombre total de titres UPOV en vigueur fin 2008. Les pays membres de l'OCDE⁶ représentent environ les deux tiers des titres UPOV dans le monde. Parmi les pays de l'OCDE, le Japon, les États-Unis et les Pays-Bas sont ceux qui utilisent le plus le système de l'UPOV en termes absolus. Comme les informations fournies par l'UPOV ne distinguent pas les variétés végétales qui expriment une tolérance aux stress abiotiques des autres variétés, il est difficile d'identifier l'importance relative des COV pour l'enregistrement des cultures qui confèrent une tolérance aux stress abiotiques.

⁵ En août 2011, les 70 pays et organisations ci-après étaient membres de l'UPOV : l'Afrique du Sud, l'Albanie, l'Allemagne, l'Argentine, l'Australie, l'Autriche, l'Azerbaïdjan, le Belarus, la Belgique, la Bolivie, le Brésil, la Bulgarie, le Canada, le Chili, la Colombie, le Costa Rica, la Croatie, le Danemark, l'Équateur, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, l' Ex-République yougoslave de Macédoine, la Fédération de Russie, la Finlande, la France, la Géorgie, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, la Jordanie, le Kenya, le Kirghizstan, la Lettonie, la Lituanie, le Maroc, le Mexique, la Moldavie, le Nicaragua, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, Oman, le Panama, le Paraguay, les Pays-Bas, le Pérou, la Pologne, le Portugal, la République de Corée, la République dominicaine, la République populaire de Chine, la République tchèque, la Roumanie, le Royaume-Uni, Singapour, la Slovaquie, la Slovénie, la Suède, la Suisse, Trinidad et Tobago, la Tunisie, la Turquie, l'Ukraine, l'Uruguay, l'Ouzbékistan, le Vietnam et l'Union européenne.

⁶ Le sigle OCDE fait référence aux 34 pays membres de l'OCDE en août 2011.

Figure 3. Importance des certificats d'obtention végétale : titres UPOV en vigueur fin 2008



Notes : « Autres » regroupe les pays disposant chacun de moins de 1 000 titres UPOV

Source : UPOV (2009)

Dans le domaine de la recherche et développement en biotechnologie, l'utilisation libre des variétés protégées par d'autres sélectionneurs est susceptible de pousser les inventeurs à ne pas utiliser uniquement ce type de protection. De même, le système de l'UPOV ne concerne que les nouvelles variétés de végétaux et pas les techniques permettant leur développement, qui est souvent l'objet de la protection en biotechnologie. Les techniques de sélection végétale dans le cadre des systèmes de l'UPOV vont de la sélection simple à des procédures techniquement plus évoluées. Ainsi, alors qu'il est important de prendre en compte les COV en tant que forme de protection, les brevets sont probablement un meilleur indicateur des investissements et des processus en biotechnologie.

Les brevets sont devenus le principal indicateur permettant de mesurer l'activité générale d'invention. Dans le cas spécifique de la phytogénétique, le brevetage est un bon indicateur de l'innovation en biotechnologie, mais il peut ne pas rendre compte de l'ensemble de l'activité d'invention dans ce domaine dans la mesure où les innovations peuvent aussi être protégées au moyen des COV. Avant que l'activité d'invention ne résulte en une innovation, à savoir lorsque l'invention est utilisée dans les processus économiques, en aval, des efforts entrepreneuriaux sont nécessaires pour la développer, la fabriquer et la commercialiser (OCDE, 2009b). Comme les brevets sont utilisés pour évaluer la biotechnologie adaptative dans ce rapport, leur dépôt en tant qu'indicateur de l'innovation est décrit plus en détail dans la section ci-après. Le tableau 1 présente une comparaison des COV et des brevets.

Tableau 1. Comparaison des certificats d'obtention végétale et des brevets

| Dispositions | Certificats d'obtention végétale (UPOV 1991) | Droit des brevets |
|---|---|---|
| Couverture de la protection | Variétés végétales de tous les genres et espèces | Inventions |
| Exigences | Nouveauté, distinction, homogénéité, stabilité | Nouveauté, non-évidence et applicabilité industrielle |
| Durée de la protection | Au minimum 20 ans | 20 ans (pour trois des principaux offices des brevets OEB, JPO et USPTO) |
| Portée de la protection | La production ou la reproduction (multiplication), le conditionnement dans l'objectif de la propagation, la mise en vente, la vente ou toute autre forme de commercialisation, l'exportation, l'importation et le stockage pour l'une quelconque des finalités ci-dessus. | La fabrication, l'utilisation, la mise en vente ou la vente d'une invention |
| Exception en faveur de l'obteneur (pour recherche uniquement) | Oui | Variable |
| Exception en faveur de l'obteneur (pour utilisation commerciale) | En fonction du droit national | Non |
| Privilège de l'agriculteur | Autorisé (par la législation nationale). Exonération également des droits d'obteneur pour les actes accomplis dans un cadre privé et à des fins non commerciales, comme l'agriculture de subsistance. | Disposition limitée dans les lois sur les brevets (par exemple par un système de licence obligatoire, mais de plus en plus restreint par les accords internationaux). |

Note : OEB – Office européen des brevets, JPO – Office japonais des brevets, USPTO – Office américain des brevets et des marques

Source : Adapté de van Wijk *et al.* (1993) ; Blakeney *et al.* (1999) ; UPOV (2010) ; Phillips (2007)

Avec d'autres indicateurs de la science et de la technologie, les brevets représentent une source d'information détaillée sur l'activité d'invention. Les brevets permettent à leurs détenteurs d'empêcher leurs concurrents de fabriquer, de mettre en vente ou de vendre une invention pendant une période limitée. Chaque demande de brevet doit prouver son caractère innovant, non évident et son applicabilité industrielle (également appelés « l'utilité ») à l'aide d'une description détaillée de l'invention accompagnée de références (OCDE, 2009b). La nouveauté signifie que l'invention n'était pas disponible au public avant le dépôt du brevet, et n'était pas non plus décrite dans une quelconque publication. La non évidence implique des améliorations substantielles par rapport à la technologie existante. L'applicabilité industrielle implique que l'invention présente un objectif fonctionnel, par exemple l'utilité des gènes hors de leur environnement naturel. Un brevet peut protéger des techniques, comme des procédés transgéniques, ou de nouveaux produits (une variété végétale transgénique), mais pas le matériel génétique existant en lui-même.

Le dépôt d'un brevet est coûteux pour le déposant, et comprend des frais administratifs (par exemple, les frais de dépôt, de recherche, d'examen, de désignation des pays, de délivrance/publication et parfois des frais de validation), des frais de traitement associés à la rédaction de la demande et au suivi de la procédure, des coûts de traduction en cas de demande à l'étranger et des taxes de maintien en vigueur. Les coûts et la durée du processus de brevetage varient selon les offices des brevets. Par exemple, une étude portant sur les déposants de brevet en 2004 a montré que le coût pour un dépôt direct auprès de l'OEB en 2003 était estimé à EUR 30 530 ; le délai moyen entre le dépôt et la délivrance était de 40,6 mois en 2005 (OCDE, 2009b).

Les brevets sont des indicateurs imparfaits de l'activité d'invention. Toutes les recherches couronnées de succès et toutes les innovations ne sont pas protégées par des brevets. Arundel et Kabla (1998) ont découvert que la propension à déposer un brevet parmi les entreprises européennes augmente avec la taille de l'entreprise. Les brevets sont limités dans le temps et après l'expiration de la protection, généralement au bout de 20 ans, l'accès à la technologie brevetée n'est plus restreint et cette dernière est mise à disposition du grand public. Lorsqu'un végétal n'est plus protégé par le brevet, les coûts du renouvellement des autorisations peuvent être trop élevés à leur maintien. Ainsi, on peut envisager que certaines institutions ne cherchent pas à se protéger par les brevets. Par ailleurs, déposer une demande de brevet pour une invention n'implique pas nécessairement son adoption et sa commercialisation. Ceci peut biaiser une analyse des comptages des demandes de brevet, si l'on suppose que les inventeurs déposent de nombreux brevets sans intention de commercialiser leurs inventions. Toutefois, comme le processus de demande de brevet est coûteux, en termes d'efforts à la fois administratifs et financiers, les entreprises ne brevettent les inventions que si elles les estiment profitables ou pour des raisons stratégiques.

Un avantage de l'utilisation des brevets en tant qu'indicateur de l'innovation, par rapport aux autres indicateurs présentés, est qu'ils peuvent être ventilés en différents domaines technologiques et qu'ils fournissent des informations détaillées sur la nature de l'invention et le déposant. Ils révèlent non seulement d'où vient l'invention, mais ils peuvent également indiquer les pays dans lesquels les nouvelles technologies sont protégées. Les renseignements disponibles dans les descriptions des brevets publiés sont utiles pour analyser les comptages de brevets concernant des inventions liées à un secteur particulier. Contrairement aux dépenses de recherche et développement, les brevets identifient les déposants et les inventeurs des brevets et peuvent ainsi illustrer les processus et la mobilité de la recherche (OCDE, 2009b). Lorsqu'un brevet est délivré, il fait généralement référence à des brevets antérieurs qui sont liés à l'invention. Cela réduit la portée d'un brevet et fournit un indicateur des connaissances antérieures qui ont été utilisées pour développer une invention (Popp, 2005).

Les études ont démontré une relation positive entre les comptages de brevets et d'autres indicateurs de l'activité d'invention. Par exemple, Griliches (1990) et de Rassenfosse et van Pottelsberghe (2008) ont observé une forte corrélation positive entre les comptages de brevets et la performance de la recherche-développement au niveau du pays. Par conséquent, les brevets servent non seulement de mesure de la production innovante, mais indiquent également le niveau de l'activité d'innovation elle-même (Popp, 2005).

En outre, les brevets permettent une large couverture géographique. Les données sur les brevets sont disponibles dans pratiquement tous les pays. Comme les brevets n'accordent généralement une protection que dans le pays qui a délivré ledit brevet, les économistes ont utilisé des ensembles de brevets relatifs à la même invention qui ont été déposés dans différents pays, afin de suivre la diffusion des connaissances (Popp, 2005). De plus, les données sur les brevets sont généralement disponibles à faible coût. Cela provient du fait que le recueil des statistiques sur les brevets n'exige pas de frais supplémentaires pour les institutions déposantes, car les données doivent être collectées par les offices des brevets afin de traiter les demandes. De plus, aucune règle de confidentialité ne restreint l'accès aux informations sur les brevets (OCDE, 2009b).

Le reste de ce document est organisé comme suit. La Section 2 expose la méthodologie de cette analyse des brevets. Dans la section 3, le nombre de demandes de brevet en biotechnologie adaptative est analysé afin de suivre l'activité d'innovation. Les pays à la source des innovations en biotechnologie adaptative sont identifiés. Les pays inventeurs sont alors comparés aux pays d'enregistrement, dans lesquels les inventions sont protégées. En outre, la section indique la propriété des demandes de brevet et les cultures qui sont protégées. La section 4 propose une conclusion.

2. MÉTHODOLOGIE

Cette section décrit la méthodologie utilisée pour permettre l'analyse empirique de la recherche-développement en cours en biotechnologie adaptative afin d'adapter les cultures à trois formes de stress abiotique : la sécheresse, la salinité accrue des sols et les extrêmes de température. Comme indiqué en conclusion dans la section 1, les brevets sont un indicateur utile de l'innovation en biotechnologie agricole car ils permettent de comprendre où les nouveautés sont inventées, où elles sont protégées et de quelle façon la technologie se diffuse dans les autres pays. Les brevets sont également susceptibles d'indiquer les marchés éventuels pour les cultures qui affichent une résistance accrue aux incidences du changement climatique.

Toutefois les données sur les brevets sont complexes. Ceci provient, par exemple, de la diversité des offices des brevets et des procédures (nationales ou régionales), des différentes voies possibles pour déposer une demande de protection par brevet (nationale ou internationale) et de l'état d'avancement et des dates d'un document de brevet (délivrance, phase internationale, *etc.*). Les différences dans les procédures peuvent également affecter la durée et le coût associés au dépôt d'une demande de brevet. La complexité des données nécessite de choisir une méthodologie adaptée et des filtres de données afin d'obtenir des indicateurs utiles.

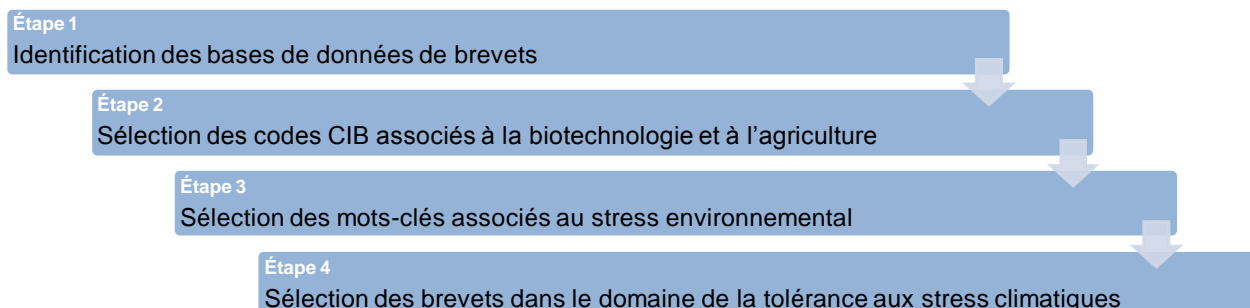
Toutes les inventions en biotechnologie adaptative ne seront pas prises en compte dans l'analyse ci-dessous portant sur les comptages de brevets. Les inventions dans le secteur public peuvent ne pas être brevetées du tout, en fonction des différentes incitations à l'innovation. En outre, certaines inventions peuvent avoir un impact commercial plus important que d'autres, ce qui ne peut être pris en compte dans l'analyse d'un comptage non pondéré des brevets (Johnstone *et al.*, 2010). De plus, dans certaines régions du monde, notamment l'Europe, l'Amérique du Sud, l'Australie et l'Afrique, les variétés végétales ne sont pas protégées par des brevets, seuls le sont les procédés menant à cette variété. Par exemple, en Europe, une technologie de production spécifique visant à développer une variété végétale peut être brevetée, alors qu'aux États-Unis des brevets portant sur des variétés végétales elles-mêmes existent. De plus, l'analyse des demandes de brevet ne tient pas compte de la possibilité du retrait des brevets au cours de la procédure de demande. Par exemple, en examinant les demandes de brevet déposées auprès de l'OEB entre 1985 et 2004, Lazaridis et van Pottelsberghe de la Potterie (2007) ont observé que 35 % des demandes déposées n'atteignent pas le stade final car elles sont retirées par les déposants. Schettino et Sterlacchini (2009) identifient plusieurs motifs différents expliquant le retrait des brevets à partir d'un échantillon de brevets italiens. Tant que le taux de retrait ne varie pas sensiblement entre les pays, dans le temps et selon les secteurs, les données de cette analyse peuvent malgré tout donner les tendances en matière de biotechnologie adaptative.

Les brevets sont largement utilisés afin de protéger les investissements des entreprises en biotechnologie agricole (Groombridge, 1992). Leur utilisation est également confirmée par le ministère de l'agriculture des États-Unis, qui déclare que le recours aux brevets et autres droits de propriété intellectuelle a augmenté au rythme des découvertes scientifiques en biotechnologie agricole ces dernières décennies (USDA, 2004). Les brevets peuvent ainsi être considérés comme le meilleur indicateur disponible pour examiner l'activité d'invention en biotechnologie adaptative.

Les étapes méthodologiques permettant de déterminer la portée des brevets en biotechnologie adaptative sont présentées sur la figure 4. Après une identification des bases de données sur les brevets, le choix des codes de la Classification internationale des brevets (CIB) pertinents est suivi par un choix des mots-clés, qui peuvent être liés à ces codes CIB. Les brevets en biotechnologie adaptative sélectionnés sont

ensuite analysés afin d'obtenir un aperçu de l'activité d'invention. La méthodologie est très proche de celle d'une étude antérieure de l'OCDE (2011).

Figure 4. Méthodologie pour choisir les brevets axés sur l'adaptation



Deux erreurs peuvent survenir avec cette méthodologie :

- Des brevets sans rapport avec des inventions en biotechnologie adaptative peuvent être représentés dans l'ensemble de données analysé (faux positif) ;
- Des brevets intéressants pour cette recherche peuvent ne pas apparaître dans l'ensemble de données analysé (faux négatif).

Alors que la première erreur est peu susceptible de se produire du fait de la recherche des mots-clés spécifiques pour chaque classe CIB, ce même argument peut signifier le rejet de certains brevets pertinents dotés de titres très techniques. L'éventualité de cette dernière erreur est acceptée car l'ensemble de données cherche à fournir une image représentative de l'activité d'innovation en biotechnologie visant à adapter les cultures au changement climatique. Du fait de ce second type d'erreurs, le niveau de l'innovation peut être sous-estimé, mais les variations ou les tendances ne devraient pas être biaisées de manière significative (OCDE, 2011).

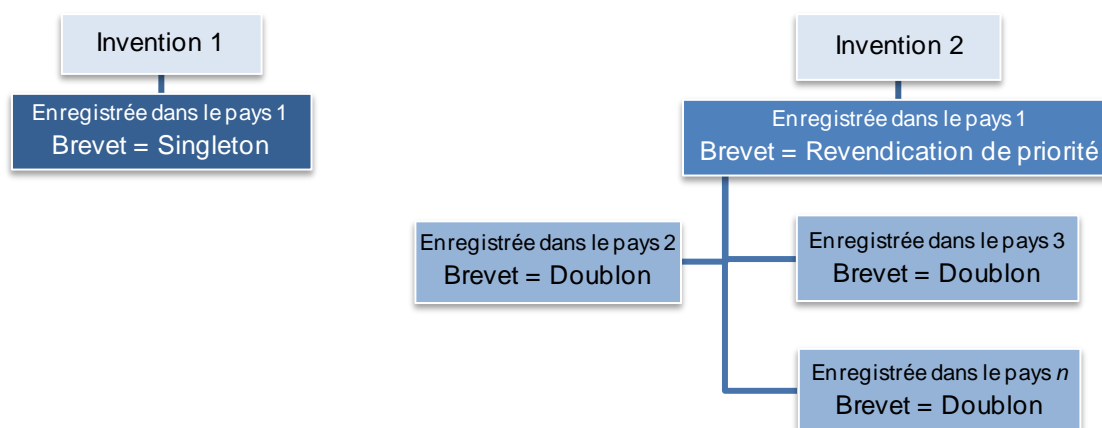
2.1 Étape 1 : Identification de la base de données de brevets

Cette analyse des brevets repose sur la base de données de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat) : une base de données mondiale qui a été développée par l'Office européen des brevets (EOB) et la Direction de la science, de la technologie et de l'industrie de l'OCDE. Elle est spécifiquement conçue pour servir à l'analyse statistique des données sur les brevets. La base de données rassemble les brevets enregistrés dans plus de 80 offices de brevets nationaux et internationaux sous une forme normalisée, ce qui permet une analyse transnationale de l'activité et des tendances en matière d'innovation. PatStat est actualisée deux fois par an et contient plus de 70 millions de documents de brevet.⁷ Dans cette analyse, tous les brevets examinés proviennent de PatStat.

⁷ Les pays et territoires suivants sont couverts par PatStat : Afrique du Sud, Allemagne, Arabie saoudite, Argentine, Australie, Autriche, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Brésil, Bulgarie, Chili, Chine, Colombie, Croatie, Cuba, Danemark, Égypte, Émirats arabes unis, Espagne, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Grèce, Guadeloupe, Hong Kong (Région administrative spéciale de la République populaire de Chine), Hongrie, Îles vierges (britanniques), Inde, Indonésie, Irlande, Islande, Israël, Italie, Japon, Jordanie, Kazakhstan, Lettonie, Liban, Liechtenstein, Luxembourg, Malaisie, Mali, Mexique, Monaco, Nicaragua, Norvège, Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Philippines, Pologne, Portugal, République bolivarienne du Venezuela, République de Corée, République de Moldavie, République démocratique allemande*, République islamique d'Iran, République tchèque, Roumanie,

Trois types de documents de brevet peuvent être distingués en fonction de leur statut au sein d'une famille de brevets (voir figure 5). Les *singletons* font référence aux demandes de brevet déposées dans un seul pays. Les *revendications de priorité* font référence aux demandes de brevet qui ont été déposées dans au moins deux pays différents. Les *doublons* sont les copies des demandes de brevet qui étaient déjà déposées dans un autre pays (pour plus de détail voir OCDE, 2011).

Figure 5. Trois types de documents de brevet



Un brevet ne protège une technologie que dans les pays qui le délivrent. Les inventeurs souhaitant être protégés dans plusieurs pays doivent déposer des demandes distinctes dans ces derniers. L'Office européen des brevets fait exception, car il peut offrir une protection dans plusieurs des 38 pays membres de l'Organisation européenne des brevets.⁸ Toutefois, le déposant doit spécifier dans quels pays un brevet est demandé et peut devoir le « valider ». Une fois délivré, un brevet européen représente un ensemble de brevets nationaux.

Espacenet (www.espacenet.com) a été développé par l'OEB et les pays membres de l'Organisation européenne des brevets. Il propose la description des brevets déposés, mais n'est pas organisé comme une base de données. Les brevets sont classés selon la Classification internationale des brevets (CIB) et la classification européenne plus détaillée, qui catégorise la technologie brevetée. Les descriptions détaillées d'Espacenet ont été utilisées pour identifier les codes de classification et les mots-clés pertinents, en examinant les titres des brevets et les descriptions. Cette combinaison des codes CIB et des mots-clés a ensuite été utilisée pour choisir les brevets pertinents dans PatStat.

2.2 Étape 2 : Choix des codes CIB associés à la biotechnologie et à l'agriculture

La catégorisation des brevets attribue un code normalisé aux brevets en fonction de leur contenu technique. La présente analyse utilise deux types de catégorisation des brevets : la Classification internationale des brevets (CIB) et la Classification européenne des brevets.

Royaume-Uni, Salvador, Seychelles, Singapour, Slovaquie, Slovénie, Sri Lanka, Suède, Suisse, Surinam, Taiwan (Province de Chine), Tchécoslovaquie*, Tokelau, Turquie, Ukraine, Union soviétique*, Uruguay et Yougoslavie/Serbie et Monténégro*. Les pays suivis d'une étoile n'existent plus.

⁸ Les 27 pays membres de l'Union européenne, l'Albanie, l'Ancienne République Yougoslave de Macédoine, la Croatie, l'Islande, le Liechtenstein, Monaco, la Norvège, San Marin, la Serbie, la Suisse et la Turquie (à la date du 4 octobre 2010). En outre, la Bosnie-Herzégovine et le Monténégro peuvent reconnaître des brevets européens sur demande.

La CIB a été développée au sein de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI). Cette normalisation de la description des brevets aide les offices de propriété intellectuelle à identifier les brevets étroitement liés, afin de décider du caractère innovant des demandes de brevet. La CIB propose plus de 70 000 codes de classification, qui permettent une caractérisation précise de chaque brevet. Les brevets sont généralement associés à plusieurs codes. L'encadré 2 donne plus de détails sur le système de classification de l'OMPI.

Encadré 2. Description de la Classification internationale des brevets (CIB)

La CIB est basée sur un traité international administré par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI). Le traité, appelé l'Arrangement de Strasbourg concernant la Classification internationale des brevets, a été conclu en 1971 et est entré en vigueur en 1975. La CIB répartit la technologie en huit sections avec environ 70 000 sous-divisions. Les symboles de la CIB sont alloués par l'office de propriété intellectuelle national ou régional qui publie un document de brevet.

Les sections sont le niveau le plus élevé de la hiérarchie de la Classification. Chaque section est désignée par une lettre majuscule allant de A à H. Elles sont dénommées comme suit :

- A NÉCESSITÉS COURANTES DE LA VIE
- B TECHNIQUES INDUSTRIELLES ; TRANSPORTS
- C CHIMIE ; MÉTALLURGIE
- D TEXTILES ; PAPIER
- E CONSTRUCTIONS FIXES
- F MÉCANIQUE ; ÉCLAIRAGE ; CHAUFFAGE ; ARMEMENT ; SAUTAGE
- G PHYSIQUE
- H ÉLECTRICITÉ

Chaque section est sous-divisée en classes et sous-classes afin de donner une indication plus précise du contenu d'un brevet.

Exemple d'une classe : A01 AGRICULTURE ; SYLVICULTURE ; ÉLEVAGE ; CHASSE ; PIÉGEAGE ; PÊCHE
 Exemple d'une sous-classe : A01H NOUVEAUTÉS VÉGÉTALES OU PROCÉDÉS POUR LEUR OBTENTION ; REPRODUCTION DE PLANTES PAR DES TECHNIQUES DE CULTURE DE TISSUS

Enfin, les groupes et les sous-groupes forment la dernière sous-division d'une classification.

| | | | |
|-----------------------|----|---|--------------|
| A | 01 | H | 1/00 or 1/02 |
| Section | | | |
| Classe | | | |
| Sous-classe | | | |
| Groupe ou Sous-groupe | | | |

Exemple d'un groupe : A01H 1/00 Procédés de modification des génotypes
 Exemple d'un sous-groupe : A01H 1/02 Méthodes ou appareils d'hybridation ; Pollinisation artificielle

Source : OMPI (2009)

Comparée à la CIB, la Classification européenne est plus détaillée. L'encadré 3 donne un exemple du type d'information disponible sur Espacenet, qui propose à la fois les codes CIB et européens.

Après étude et examen des indications sur la classification de l'OMPI décrivant les codes CIB et consultation des abrégés des brevets sur Espacenet, les codes CIB suivants ont été identifiés comme pertinents pour l'adaptation :


- A01H, concernant les nouveautés végétales et les procédés pour leur obtention ;
- C12N 15/82, concernant les techniques de mutation ou génie génétique pour cellules végétales ;
- C12N 15/29, concernant les gènes codant pour des protéines végétales ;
- C12N 15/05, concernant la préparation de cellules hybrides par fusion de plusieurs cellules végétales.

Encadré 3. Exemple d'un brevet présenté sur Espacenet

La description d'un brevet intitulé « *Transgenic plant with increased stress tolerance and yield* » (« *Plante transgénique présentant une tolérance accrue au stress et un rendement accru* ») est présentée ci-dessous. Cet exemple montre quelles informations sont disponibles – en Anglais – sur Espacenet. Des informations très semblables sont disponibles dans la base de données PatStat, sauf que PatStat ne donne que la classification CIB, et pas la classification européenne.

- « **Publication date** » (**la date de publication**) est la date de publication des données sur Espacenet. Il ne faut pas la confondre avec la **date de priorité** qui indique la date de la première demande de brevet dans le monde.
- « **Inventors** » (**les inventeurs**) sont les individus qui ont inventé le produit, leur pays de résidence se trouve entre parenthèses.
- « **Applicant** » (**le déposant**) indique l'institut qui enregistre et détient un brevet.
- « **Classification** » (**la classification**) décrit les domaines technologiques selon la CIB et/ou la classification européenne.
- Un **abrégé** présentant plus de détails sur l'innovation protégée est également fourni.

TRANSGENIC PLANT WITH INCREASED STRESS TOLERANCE AND YIELD

| Bibliographic data | Description | Claims | Mosaics | Original document | INPADOC legal status |
|---|---|---|---------|-------------------|----------------------|
| <p>Publication number: EP2129783 (A1)</p> <p>Publication date: 2009-12-09</p> <p>Inventor(s): SHIRLEY AMBER [US]; ALLEN DAMIAN [US]; MCKERSIE BRYAN [US]</p> <p>Applicant(s): BASF PLANT SCIENCE GMBH [DE]</p> <p>Classification:</p> <p>- international: C12N15/82; A01H5/00; C12N15/82; A01H5/00</p> <p>- European: C12N15/82C8; C12N15/82C8B2</p> <p>Application number: EP20080718097 20080320</p> <p>Priority number(s): WO2008EP53382 20080320; US20070896505P 20070323</p> <p>View INPADOC patent family</p> <p>View list of citing documents</p> <p>View document in the European Register </p> | <p>Also published as:</p> <p> WO2008116829 (A1)</p> <p> CA2681515 (A1)</p> <p> AU2008231785 (A1)</p> <p> AR066193 (A1)</p> | <p>Report a data error here</p> | | | |
| <p>Abstract not available for EP 2129783 (A1)</p> <p>Abstract of corresponding document: WO 2008116829 (A1)</p> <p>Polynucleotides are disclosed which are capable of enhancing growth, yield under water-limited conditions, and/or increased tolerance to an environmental stress of a plant transformed to contain such polynucleotides. Also provided are methods of using such polynucleotides and transgenic plants and agricultural products, including seeds, containing such polynucleotides as transgenes.</p> <p style="text-align: center;">Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide</p> | | | | | |

Source : www.espacenet.com

Même si certains codes CIB mentionnent explicitement l'intervention par génie génétique (par exemple C12N15/82), d'autres (par exemple A01H) sont moins restrictifs quant à la présence de biotechnologie transgénique dans la procédure brevetée. Cela implique que cette analyse des données de brevets inclut à la fois des biotechnologies brevetées transgéniques et non transgéniques.

Le choix de codes CIB pertinents à l'étape 2 permet l'identification de demandes de brevet qui sont liées à la biotechnologie et à l'agriculture. Toutefois, les catégories CIB ne sont pas suffisamment précises pour choisir des brevets correspondant exclusivement à la biotechnologie adaptative. Par exemple, le code CIB C12N 15/05 peut inclure d'autres techniques qui ne sont pas nécessairement liées à l'adaptation. En outre, les trois dernières classes, à savoir C12N 15/82, C12N 15/29 et C12N 15/05, peuvent comprendre des demandes susceptibles d'être très éloignées des pratiques de sélection. Afin d'atténuer ces insuffisances, il est primordial d'associer des mots-clés spécifiques aux codes CIB afin de ne conserver que les brevets en biotechnologie pertinents pour cette étude.

2.3 Étape 3 : Choix des mots-clés associés au stress environnemental

Les mots-clés à associer aux codes CIB doivent couvrir le plus grand nombre possible de titres. Ces mots-clés sont identifiés en utilisant le système de classification européen sur Espacenet. Les mots-clés pertinents sont choisis après un examen des titres des brevets et de leur abrégé sur Espacenet. En outre, un code européen particulier, C12N15/82C8B2, qui fait explicitement référence à la mutation ou au génie génétique pour cellules végétales pour une résistance à la sécheresse, au froid et à la salinité, est utilisé pour compléter la liste des mots-clés. Le tableau 2 présente la liste complète des mots-clés identifiés.

Tableau 2. Liste des mots-clés associés au stress abiotique

| Mots-clés | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| abiotic stress(es) | osmotic stress | salt + resistance |
| Drought | plants overexpressing | salt + resistant |
| Dryness | salinalized soil | salt + stress |
| enhanced agronomic traits | stress + regulated | temperature + tolerant + plant(s) |
| environmental + stress | stress + resistance | water deficit |
| glycine betaine | stress + resistant | water stress |
| heat + plant | stress + response | stress-related polypeptides |
| heat + stress | stress + tolerance | stress-related proteins |
| heat + tolerance | stress + tolerance + plant(s) | stress-responsive gene(s) |
| nucleotide + saline + conditions | salt + tolerant | |

Note : Alors que certains mots-clés indiquent clairement un lien direct avec la résistance des cultures aux stress abiotiques, d'autres n'expriment pas aussi clairement ce lien. Après un examen minutieux des abrégés et des descriptions dans Espacenet, cette liste de mots-clés s'est avérée très bien adaptée à la couverture des brevets axés sur l'adaptation. Une limite à l'utilisation des mots-clés est qu'elle oriente la recherche vers des demandes de brevet pour lesquelles un abrégé est disponible, et parmi ces dernières vers celles qui sont en anglais.

2.4 Étape 4 : Sélection des brevets dans le domaine de la tolérance aux stress climatiques

Après cette étape d'identification, seuls les brevets correspondant à la fois aux codes CIB choisis (A01H, C12N15/82, C12N15/29 et C12N15/05) et aux mots-clés identifiés (voir tableau 2) sont utilisés pour extraire les données de brevet à partir de PatStat. Une limite à cette approche est que l'adaptation au changement climatique peut ne pas être un objectif explicite de l'amélioration génétique. En fait, l'adaptation fait souvent partie d'un autre objectif de sélection, comme la stabilité du rendement. Ainsi, une recherche à partir de mots-clés peut restreindre l'analyse à des cas qui utilisent des mots-clés accrocheurs dans leur titre. De plus, certaines demandes de brevet peuvent être retirées par les déposants

ultérieurement. Même si cette association de codes et de mots-clés montre des limites, l'examen attentif des descriptions détaillées dans Espacenet fait d'elle la méthode disponible la plus complète pour détecter les brevets en biotechnologie adaptative.

Les brevets sont triés selon leur date de priorité, à savoir la date de la première demande de brevet dans le monde, qui correspond étroitement à la date d'enregistrement de la demande de brevet.⁹ Les données de brevets de cette analyse proviennent de la version de septembre 2009 de PatStat. Sachant que la publication d'un brevet prend généralement 18 mois, l'ensemble de données analysé regroupe des brevets enregistrés jusqu'à la fin de 2007.

⁹ Autrefois, les informations sur les brevets n'étaient publiées que lorsque le brevet avait été délivré. Cela impliquait un long délai avant la publication et dans certains cas entraînait la duplication des innovations. À partir des années 60, la plupart des offices ont adopté le « processus d'examen différé » (OCDE, 2008a). Cela signifie que les demandes sont publiées alors qu'elles sont en attente de traitement. Néanmoins, la publication d'une demande de brevet voit généralement le jour près de 18 mois après la première date de dépôt (Adams, 2006).

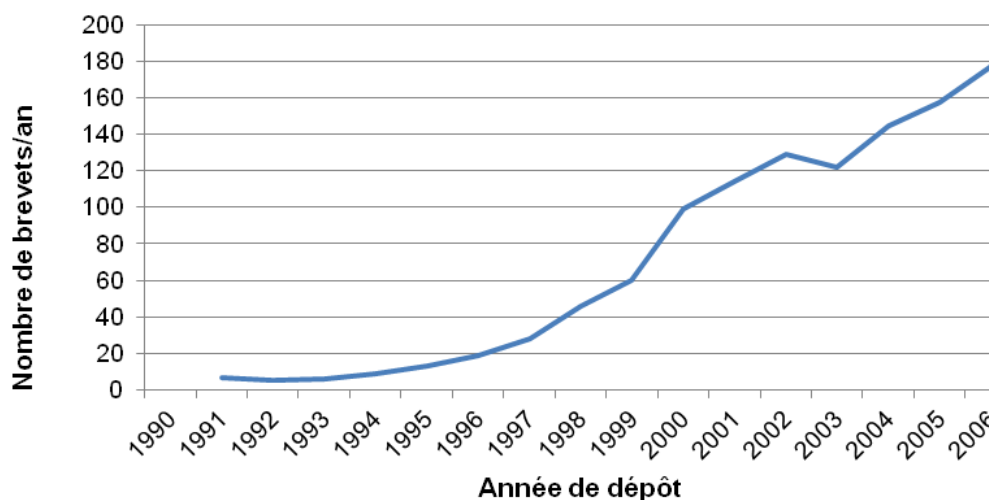
3. ANALYSE DES DONNÉES DE BREVETS

Cette section présente les résultats de l'analyse des données des brevets en biotechnologie adaptative visant à développer des cultures qui sont plus résistantes aux trois types de stress abiotique : la sécheresse, la salinité accrue des sols et les extrêmes de température. Elle étudie l'évolution de l'activité d'invention dans le temps, les pays dans lesquels les inventions voient le jour et dans lesquels les demandes de brevet sont déposées, ainsi que les institutions impliquées. Enfin, elle examine également l'activité de brevetage international afin d'analyser le transfert de technologie au niveau international.¹⁰

3.1 Évolution des brevets en biotechnologie adaptative

Le nombre de brevets en biotechnologie liés à l'adaptation au changement climatique en agriculture a fortement progressé depuis la fin des années 90 (voir la figure 6). Le nombre de dépôts annuels a augmenté, passant de moins de 10 brevets en 1995 à presque 200 en 2007. Depuis 2000, plus d'une centaine de nouvelles demandes de brevet est déposée chaque année.

Figure 6. Demandes de brevet en biotechnologie adaptative déposées chaque année



Note : Le comptage des brevets est basé sur l'année de priorité, moyenne mobile sur 3 ans.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

L'évolution du nombre de demandes de brevet révèle une augmentation des brevets en biotechnologie adaptative. La hausse observée au début du XXI^e siècle peut être expliquée par les avancées générales en biotechnologie ; la recherche a en effet connu des progrès significatifs lorsque le premier génome végétal a été entièrement séquencé en 2000. Cette avancée a permis d'identifier davantage de gènes dans une espèce végétale, ce qui a favorisé le développement de projets de génomique fonctionnelle (Jenks *et al.*, 2009). En

¹⁰ Pour une discussion détaillée et une justification de l'utilisation des données de brevets en tant qu'indicateur du transfert de technologie au niveau international, voir OCDE (2011).

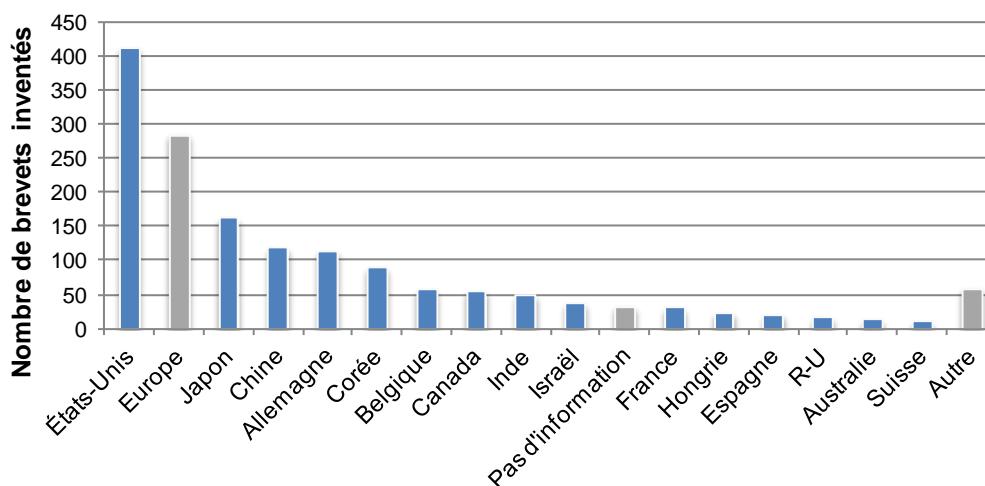
outre, la sensibilisation croissante aux incidences imminentes du changement climatique et la réduction de la disponibilité de l'eau pour l'agriculture ont orienté la recherche vers une meilleure réponse des végétaux à la sécheresse et à la chaleur (Trethowan *et al.*, 2009). Avec le temps, les directives juridiques ont dû évoluer au même rythme que le secteur de la biotechnologie afin de prendre en compte les procédures d'autorisation des innovations (OCDE, 2009a)

3.2 Pays inventeurs

Les données de brevet permettent d'identifier les pays qui développent des activités de recherche en biotechnologie. La figure 7 présente en détail la répartition régionale des inventeurs entre 1990 et 2007. Plus de 80 % de tous les brevets identifiés ont été inventés dans des pays membres de l'OCDE. Les États-Unis sont leaders dans le secteur avec plus de 400 brevets enregistrés pendant la période de référence, ce qui représente un peu plus d'un tiers de l'ensemble des brevets. Viennent ensuite le Japon et la Chine, où le secteur de la recherche publique est le principal moteur de l'innovation. Les pays européens en tant qu'entité jouent également un rôle important dans le secteur de la biotechnologie adaptative. L'Allemagne et la Belgique sont les principaux déposants de brevets en Europe. Ce résultat qui concerne un domaine spécifique de la biotechnologie reflète l'activité de brevetage de manière plus générale. Selon un compendium de l'OCDE sur les statistiques de brevets, c'est aux États-Unis, au Japon et dans l'Union européenne que l'activité de brevetage est la plus importante (OCDE, 2008b).

Il est capital de garder à l'esprit que les brevets sont enregistrés par le pays de résidence des inventeurs, qui peut être différent de celui du siège de l'institution à l'origine de l'invention. Par exemple, le siège d'une société peut se situer dans un pays et ses unités de recherche dans un autre pays.

Figure 7. Demandes de brevet en biotechnologie adaptative par pays inventeur (1990-2007)



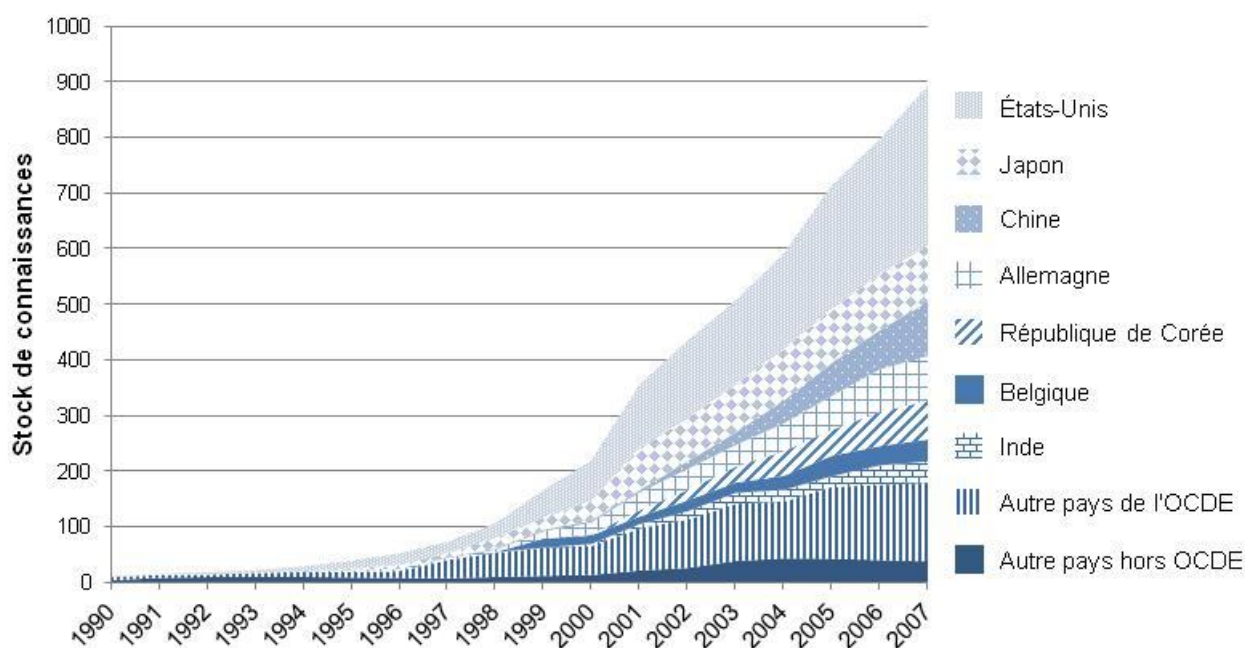
Note : Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité et le pays de résidence de l'inventeur. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. « Europe » représente le nombre total de brevets inventés dans les pays membres de l'Office européen des brevets. « Autre » reprend les brevets des pays inventeurs affichant moins de 10 brevets chacun.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

Les informations sur les demandes de brevet par pays inventeur permettent également l'analyse du « stock de connaissances » brevetable d'un pays dans le domaine de la biotechnologie adaptative. Un « stock de connaissances » exprime la quantité cumulée de connaissances, définie par le décompte des brevets, qui

a été créée par la recherche et l'innovation. Selon la méthode de l'inventaire permanent, telle que l'utilise Popp (2002), le stock de connaissances à un certain moment dans le temps est égal au nombre total de brevets dans cette période auquel s'ajoute le stock de connaissances existant actualisé de la période précédente. Le stock de connaissances est actualisé afin de prendre en compte l'obsolescence des connaissances dans le temps. Le taux d'obsolescence utilisé dans la figure 8 est de 0,1, conformément à ce que l'on trouve dans les publications sur l'innovation (Keller, 2002). Le stock de connaissances est élaboré en supposant une absence de diffusion transnationale (autarcie). La figure 8 illustre les stocks de brevets pour l'OCDE, la Chine, l'Inde et d'autres pays hors OCDE couverts par PatStat.

Figure 8. Stock de connaissances des demandes de brevet en biotechnologie adaptive



Note : Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité et le pays de résidence de l'inventeur. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. Le stock de brevets est créé à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent de Popp (2002), avec un taux d'obsolescence de 0.1. Les États-Unis, le Japon, l'Allemagne, la République de Corée et la Belgique sont des pays de l'OCDE. La Chine et l'Inde ne font pas partie de l'OCDE.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

Parmi les nations couvertes par la base de données PatStat, les pays membres de l'OCDE dominent le secteur des brevets en biotechnologie adaptive. Cela peut être dû aux coûts élevés, qui peuvent s'accumuler au cours du développement des cultures ou durant la procédure de brevetage. Les ressources financières requises peuvent être hors de portée dans les pays en développement. En outre, les pays industrialisés bénéficient également de niveaux technologiques supérieurs, de structures de recherche mieux développées et de réseaux institutionnels. Dans le même temps, il n'est pas impossible que le stock de connaissances soit sous-estimé dans des pays comme la Chine ou l'Inde, dans lesquels les systèmes de brevet ne sont utilisés que depuis peu pour protéger les inventions. La Chine connaît une croissance substantielle de son activité globale de brevetage depuis plusieurs années (OMPI, 2010). En termes d'activité générale de brevetage, la Chine est parmi les trois premières nations (avec la Corée et le Japon) si l'on considère le ratio brevets/PIB (OMPI, 2010). Cette augmentation de l'activité générale de brevetage se retrouve également dans les données des brevets en biotechnologie adaptive analysées et est visible sur la figure 8.

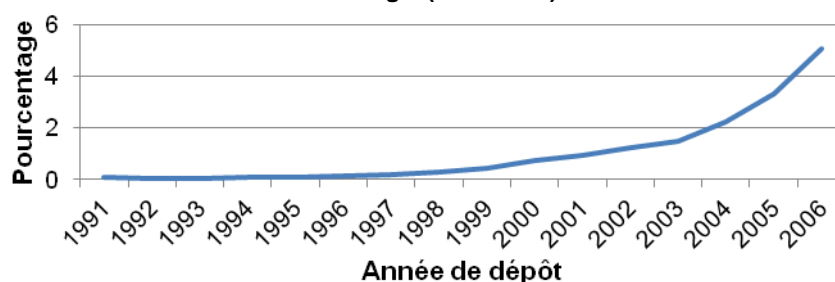
Afin d'examiner si les résultats sur l'évolution de l'innovation ainsi que sur les pays inventeurs sont spécifiques à la biotechnologie adaptative, ou s'ils s'appliquent de manière plus générale à la biotechnologie, l'analyse compare le nombre de demandes de brevet en biotechnologie adaptative aux données de brevets globales en matière de biotechnologie. Cette comparaison, illustrée dans l'encadré 4, indique un intérêt croissant pour l'adaptative par rapport à d'autres domaines de la biotechnologie. L'encadré 4 fournit des informations sur les pays des inventeurs qui ont enregistré le plus de brevets. On observe dans cette analyse que les pays les plus actifs dans le domaine de la biotechnologie en général correspondent aux pays les plus impliqués dans la biotechnologie adaptative.

Encadré 4. Comparaison des résultats de l'étude à l'ensemble des données de brevets en biotechnologie

Afin de savoir si les résultats de cette étude sont spécifiques à la biotechnologie adaptative ou s'ils s'appliquent plus généralement à la biotechnologie, les données des brevets en biotechnologie sont extraites de PatStat. Une comparaison du sous-groupe biotechnologie adaptative au groupe de référence biotechnologie générale sur la même période de référence peut indiquer si les résultats de cette étude sont spécifiques à la biotechnologie adaptative.

La première figure ci-dessous présente le pourcentage des demandes annuelles de brevet en biotechnologie adaptative par rapport au total annuel des brevets en biotechnologie. L'augmentation de ce pourcentage entre 1991 et 2006 indique que l'adaptation prend de plus en plus d'importance au sein de la biotechnologie générale.

Pourcentage des demandes de brevet en biotechnologie adaptative par rapport au total des brevets en biotechnologie (1990-2007)

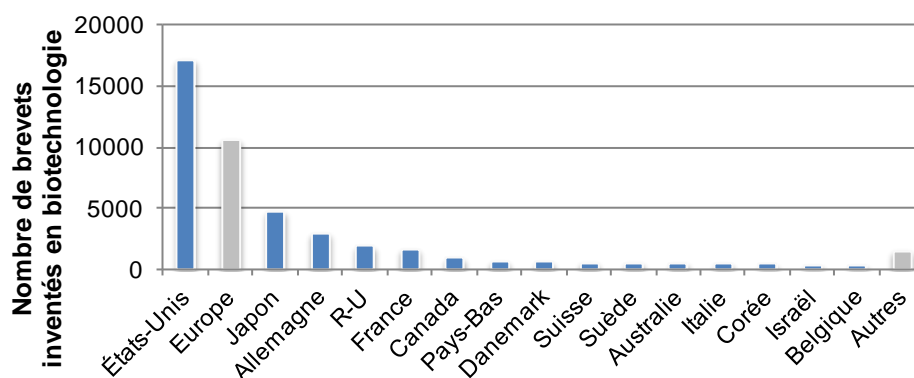


Note : le comptage des brevets se base sur l'année de priorité, moyenne mobile sur 3 ans.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

La seconde figure ci-dessous présente le nombre total de demandes de brevet par pays et permet ainsi d'identifier les principaux inventeurs en biotechnologie générale. Les inventeurs des États-Unis, d'Europe (prise dans son ensemble), du Japon et d'Allemagne ont enregistré plus de 2 000 brevets biotechnologiques par pays entre 1990 et 2007. Ce résultat se reflète partiellement dans le sous-groupe de la biotechnologie adaptative, dans lequel les États-Unis, l'Europe et le Japon sont les trois principaux pays inventeurs (voir la figure 15). Toutefois, certains pays apparaissent à un rang plus élevé en biotechnologie adaptative qu'en biotechnologie générale. Par exemple, la Chine, la Corée, la Belgique, l'Inde et Israël sont parmi les dix premiers pays inventeurs en biotechnologie adaptative, mais sont moins bien classés lorsque l'on prend en compte les demandes de brevet en biotechnologie générale. Ceci peut être le signe d'un intérêt relatif plus important pour le brevetage en biotechnologie adaptative dans ces pays.

Inventeurs et nombre total de brevets en biotechnologie (1990-2007)



Note : Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité et le pays de résidence de l'inventeur. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. « Europe » représente le nombre total de brevets inventés dans les pays membres de l'Office européen des brevets.

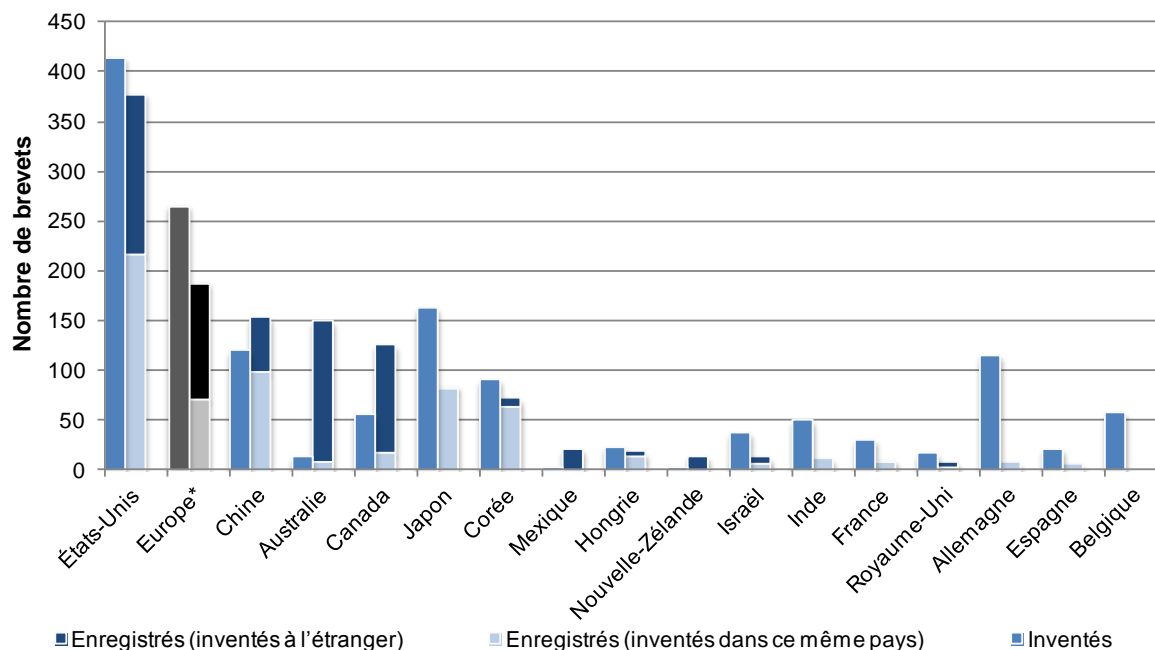
Source : d'après des données extraites de la base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

La comparaison des brevets entre biotechnologie adaptative et biotechnologie générale fait donc apparaître un intérêt croissant pour l'adaptation par rapport aux autres inventions biotechnologiques. On observe que les pays les plus actifs dans le domaine de la biotechnologie générale correspondent en partie aux pays les plus impliqués dans la biotechnologie adaptative.

3.3 Brevetage international

Les inventeurs ne déposent par nécessairement une demande de protection d'une invention dans leur pays. Ils déposent plutôt (ou en plus) des demandes de brevet dans les pays où le marché présente un fort potentiel. Afin de visualiser ce transfert international des brevets, la figure 9 compare le nombre de brevets inventés au nombre de brevets qui ont été enregistrés dans un pays. Parmi les brevets enregistrés, elle distingue les innovations brevetées qui ont été inventées dans le pays de celles qui l'ont été à l'étranger.

Figure 9. Demandes de brevet en biotechnologie adaptative inventées et/ou enregistrées



Note : Les premières colonnes représentent les brevets inventés dans un pays donné. Les secondes colonnes présentent les brevets enregistrés, en distinguant les brevets qui ont été inventés à l'étranger de ceux inventés dans le pays. Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité, l'office des brevets et le pays de résidence des inventeurs. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. Europe* représente le nombre total de brevets enregistrés et inventés dans les pays membres de l'Office européen des brevets. Puisque aucun brevet ayant la même identification n'a été enregistré dans plusieurs pays européens, le total pour l'Europe représente la somme des brevets enregistrés dans les différents pays européens.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

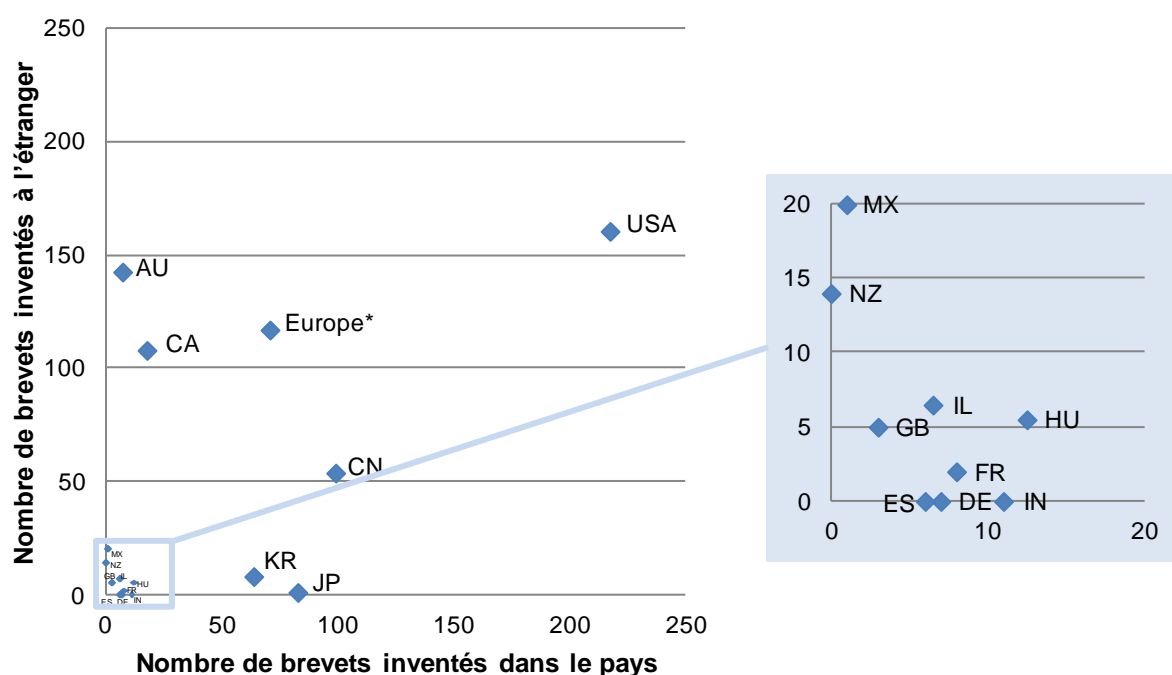
En termes absolus, ce sont les États-Unis qui reçoivent le plus de demandes de brevet, suivis de l'Office européen des brevets. Cela peut être une indication que les ressortissants de pays européens préfèrent soumettre leurs demandes de brevet directement auprès de l'office européen plutôt que dans leur propre pays. D'autres pays qui ont autorisé les cultures transgéniques sont également bien représentés, comme la Chine, le Canada, le Japon et la Corée. Cette analyse démontre également que l'Australie, qui risque de souffrir énormément de la sécheresse, est le troisième pays à recevoir le plus de demandes. Toutefois, selon cette analyse, l'innovation dans le domaine de la biotechnologie adaptative semble moins prédominante en Australie.

La figure 9 décrit également si les brevets enregistrés dans un pays proviennent d'inventions originaires dudit pays ou sont le fait d'inventeurs à l'étranger. Plus de la moitié de tous les brevets soumis aux États-Unis sont le résultat de l'activité d'innovation de ce même pays. De la même manière, les développeurs en Chine, au Japon et en Corée enregistrent principalement leurs brevets dans leur propre

pays. En revanche, les brevets en biotechnologie adaptative qui ont été enregistrés en Australie, au Canada, au Mexique et en Nouvelle-Zélande proviennent pour la plupart de demandes étrangères. Cette répartition entre inventions nationales et inventions étrangères suit globalement les tendances plus générales concernant l'ensemble des demandes de brevet sur la même période. La principale exception à cet état de fait est que la majorité des demandes de brevet en Australie et en Nouvelle-Zélande concernent des inventions nationales, ce qui n'est pas le cas pour les brevets en biotechnologie adaptative.

Une autre question est de savoir si les pays qui sont d'importants destinataires de brevets étrangers inventent moins au niveau national. Comparer le nombre de brevets venant de l'étranger au nombre d'inventions nationales est primordial pour déterminer s'il n'existe pas un « effet d'éviction » des demandes de brevet nationales par les demandes étrangères. La figure 10 décrit la relation entre les brevets qui protègent les inventions nationales et ceux qui portent sur des inventions étrangères. Cette figure montre qu'il existe des pays qui reçoivent des brevets étrangers et qui n'inventent pas à un niveau comparable (par exemple l'Australie et le Canada), mais on observe néanmoins une tendance à une corrélation positive entre le brevetage national et la réception de brevets étrangers. Ainsi, ces données n'indiquent aucunement un remplacement des demandes de brevet nationales par des demandes de brevet étrangères. L'analyse de toutes les demandes de brevet sur la même période suggère également qu'il n'apparaît aucune tendance générale à un remplacement des demandes nationales par les demandes étrangères.

Figure 10. Brevetage en biotechnologie adaptative, inventeurs nationaux et inventeurs étrangers (1990-2007)



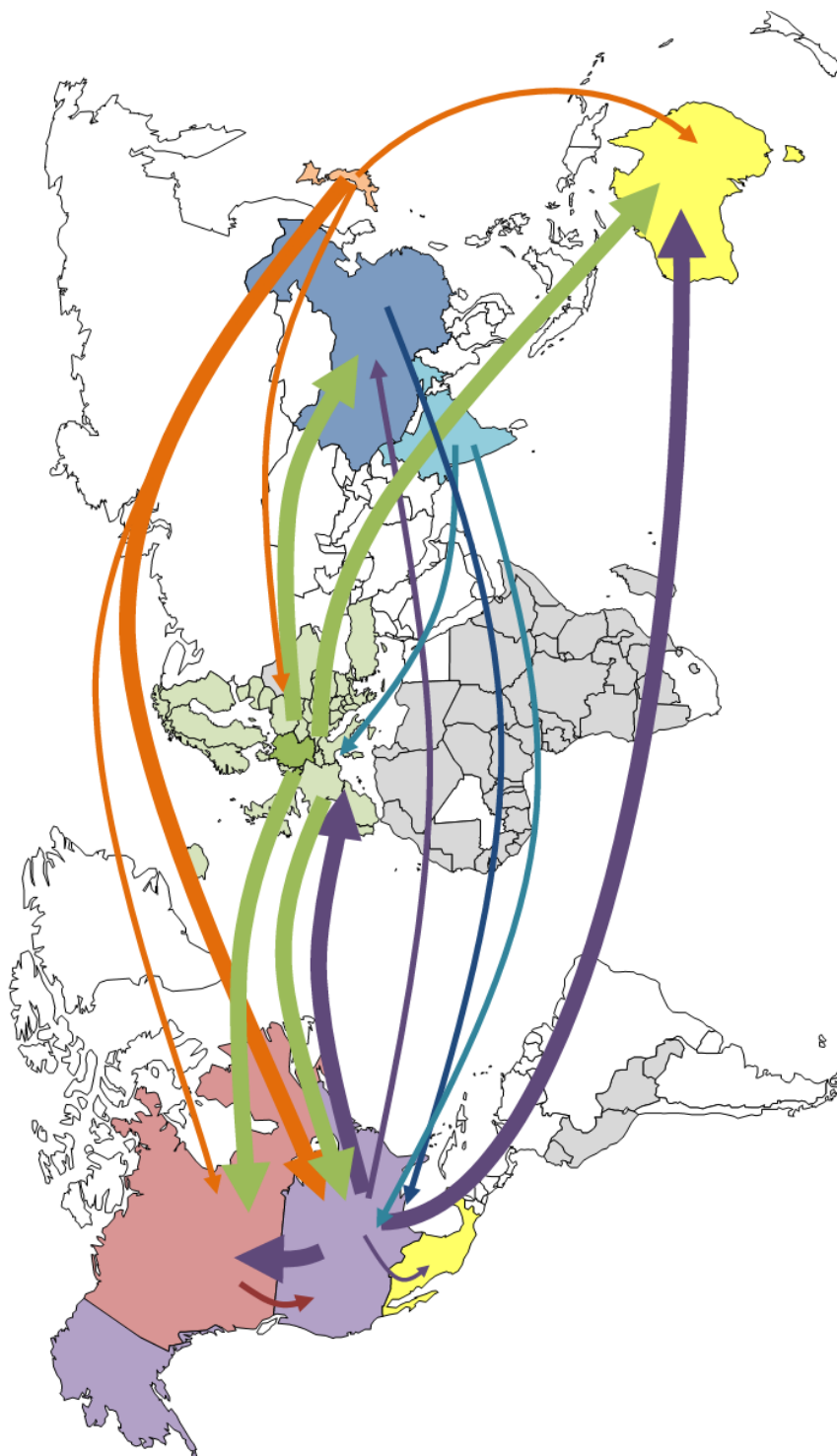
Note : Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité, l'office des brevets et le pays de résidence des inventeurs. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. Europe* représente le nombre total de brevets enregistrés et inventés dans les pays membres de l'Office européen des brevets. AU – Australie, CA – Canada, CN – Chine, DE – Allemagne, ES – Espagne, FR – France, GB – Royaume-Uni, HU – Hongrie, IL – Israël, IN – Inde, JP – Japon, KR – République de Corée, MX – Mexique, NZ – Nouvelle-Zélande, USA – États-Unis.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

Étudier l'activité de brevetage international peut aider à comprendre les dynamiques d'innovation dans les pays développés et les pays en développement. Afin de décrire la dynamique transnationale de l'activité

de brevetage, la figure 11 représente l'origine (pays inventeur) et le pays destinataire (office de duplication) des brevets déposés au niveau international. Seuls les cas de plus de 10 doublons en biotechnologie adaptative sont présentés sur la figure, la taille relative des flèches indiquant l'ampleur des flux (flèches plus épaisses : plus de 20 demandes de brevet ; flèches plus fines : de 10 à 20 demandes de brevet). Les brevets soumis à l'Office européen des brevets par un pays membre de l'Organisation européenne des brevets sont considérés comme nationaux.

Figure 11. Brevetage international en biotechnologie adaptive (1990-2007)



Note : Le comptage des brevets est basé sur la date de priorité, le transfert depuis le pays inventeur vers l'office de duplication. Si plusieurs inventeurs revendiquent un brevet, ce dernier est fractionné en fonction du nombre des différents pays de résidence des inventeurs. Les pays non couverts par PatStat apparaissent en gris clair. La couleur des flèches représente le pays d'origine des flux de brevets. La taille des flèches représente l'ampleur des flux de brevets.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

La figure 11 montre que les États-Unis sont le pays le plus actif en matière d'enregistrement de brevets en biotechnologie adaptative dans des pays étrangers. La plupart des inventions issues des États-Unis qui sont brevetées hors du pays sont reçues par l'Office européen des brevets, devant le Canada et l'Australie. Un faible flux de brevets venant des États-Unis est à destination du Mexique et de la Chine. Le Japon dépose la moitié des inventions de ses ressortissants à l'étranger, principalement aux États-Unis, mais également en Europe, en Australie et au Canada. Des inventions européennes sont brevetées aux États-Unis, au Canada, en Chine et en Australie. Cette analyse permet d'observer que l'Australie est le pays qui reçoit le plus de demandes de brevet provenant d'autres pays, principalement d'Europe et des États-Unis.

Les brevets en biotechnologie adaptative sont principalement inventés et déposés dans les pays industrialisés. Les pays membres de l'OCDE représentent 85 % des brevets enregistrés dans des pays étrangers, et en retour ils reçoivent 70 % de tous les enregistrements originaires de pays étrangers. Cette analyse ne révèle que peu d'éléments concernant l'activité de brevetage international en Asie et en Amérique du Sud. Comme PatStat ne couvre pas la majorité des pays africains, il est évident qu'un flux de technologie vers cette région ne peut être observé à partir de ces données. Le cas de l'Amérique du Sud et de l'Asie est plus difficile à expliquer, car l'on sait que la biotechnologie occupe une place économique majeure en Argentine, au Brésil, au Paraguay, en Chine et en Inde.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cette absence d'éléments relatifs au transfert de brevets vers les pays d'Amérique du Sud et d'Asie dans notre ensemble de données. Comme il est dit ci-dessus, une des limites est l'utilisation de mots-clés anglais pour la recherche des demandes de brevet pertinentes. Ceci peut introduire un biais lié à la langue qui peut être d'une grande importance pour les offices asiatiques. En outre, certains pays en développement ne disposent pas d'un système qui permet le brevetage des demandes liées aux gènes. Cependant, les techniques ou les produits finaux peuvent pour leur part être protégés dans le contexte du droit national (PBS et ABSP II, 2004). Le manque d'uniformité dans la couverture des systèmes réglementaires représente ainsi une des principales limites de l'analyse présentée ici, confirmant que les comptages bruts de brevets ne sont qu'un indicateur imparfait de l'innovation en biotechnologie.¹¹

Dans d'autres pays, le système de brevets dans le domaine de la biotechnologie agricole est relativement récent. Par exemple, le Brésil et la Chine n'ont autorisé le brevetage des gènes qu'en 1997 et 1994 respectivement (Chan, 2010). Certains pays ont utilisé les certificats d'obtention végétale, qui sont exclus de cette analyse, avant d'établir un système de brevets. En comparaison, les États-Unis avaient déjà commencé à octroyer des droits de brevet pour des gènes et des variétés végétales dans les années 80.

Le taux d'acceptation des demandes de brevet varie selon les offices de brevets. En analysant les demandes de brevet déposées auprès des offices de brevets et les brevets délivrés par ces derniers, Chan (2010) observe que les taux d'acceptation varient sensiblement selon les pays. Alors qu'aux États-Unis et en Australie, respectivement 81,4 % et 29,8 % des demandes de brevet sont acceptées, au Brésil seuls 3,3 % le sont. Les taux sont également bas en Chine et au Japon (4,1 % et 8,4 %, respectivement, des demandes sont acceptées). Même si Chan (2010) n'utilise pas PatStat pour son analyse, les taux d'acceptation peuvent aider à comprendre le faible nombre de demandes observé au Brésil, en Chine et au Japon.

¹¹ Afin d'assurer un niveau minimum de protection uniforme entre les membres de l'OMC, l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC) est entré en vigueur en 1995. L'Article 27.3(b) de l'ADPIC prévoit que les membres de l'OMC peuvent exclure de la brevetabilité les végétaux, les animaux et les procédés « essentiellement » biologiques. Toutefois, les variétés végétales doivent pouvoir être protégées soit par la protection d'un brevet, soit par un système créé spécifiquement à ces fins (comme le système UPOV), ou par une combinaison de ces deux moyens.

Le flux de brevets vers l'Amérique du Sud et certaines régions d'Asie peut également être limité du fait de différences dans leur cadre législatif. Les États-Unis, le Japon et l'Australie disposent des systèmes les plus complets permettant le brevetage des variétés végétales (Commissions des droits de propriété intellectuelle, 2002). Ces trois pays affichent également une activité de brevetage international élevée dans cette analyse, qui révèle que le Japon est caractérisé par un flux sortant de brevets et que l'Australie est un bénéficiaire net.

Dans certains pays le document de brevet peut de manière générale ne pas être un bon indicateur pour étudier l'innovation en biotechnologie adaptative. Par exemple, le système de brevet de la Chine est récent, et le pays n'a que récemment commencé à déposer des brevets internationaux. Même si l'activité de brevetage a sensiblement augmenté ces dernières années, selon une analyse de l'activité de brevetage dans l'industrie (OMPI, 2010 ; Hu et Jefferson, 2009) la biotechnologie ne se classe pas parmi les secteurs les plus actifs. Le système de certificats d'obtention végétale a également connu des problèmes de ressources limitées et de coûts élevés pour les développeurs (Koo *et al.*, 2006). En outre, des alternatives aux brevets comme l'hybridation étaient disponibles en Chine, et fournissaient une protection *de facto* de plusieurs années à titre de solution alternative à des DPI plus formels (Wright *et al.*, 2007). Ainsi, l'intensité de la recherche, qui ne se reflète généralement pas dans les données de brevet, peut être une meilleure mesure de l'activité inventive en biotechnologie agronomique en Chine (Wright *et al.*, 2007). Cela est particulièrement vrai pour les années antérieures.

De nombreuses autres raisons peuvent expliquer le flux de brevets limité vers l'Amérique du Sud et l'Asie. Par exemple, certains font valoir que les pays moins impliqués dans les échanges internationaux reçoivent également moins de demandes de brevet (Chan, 2010).

3.4 Propriété des brevets

De nombreuses institutions ont des activités de recherche et développement en biotechnologie axées sur le stress abiotique. Le tableau 3 montre que 276 institutions ont déposé chacune moins de 5 demandes de brevet depuis 1990. Parmi ces 276 institutions, la majorité (177) a déposé une demande ou moins (à savoir qu'ils possèdent une partie des demandes de brevet partagées). Vingt-six institutions ont déposé au moins 10 demandes. Au total, ces 26 institutions représentent environ 50 % de tous les brevets présentés en biotechnologie adaptative.

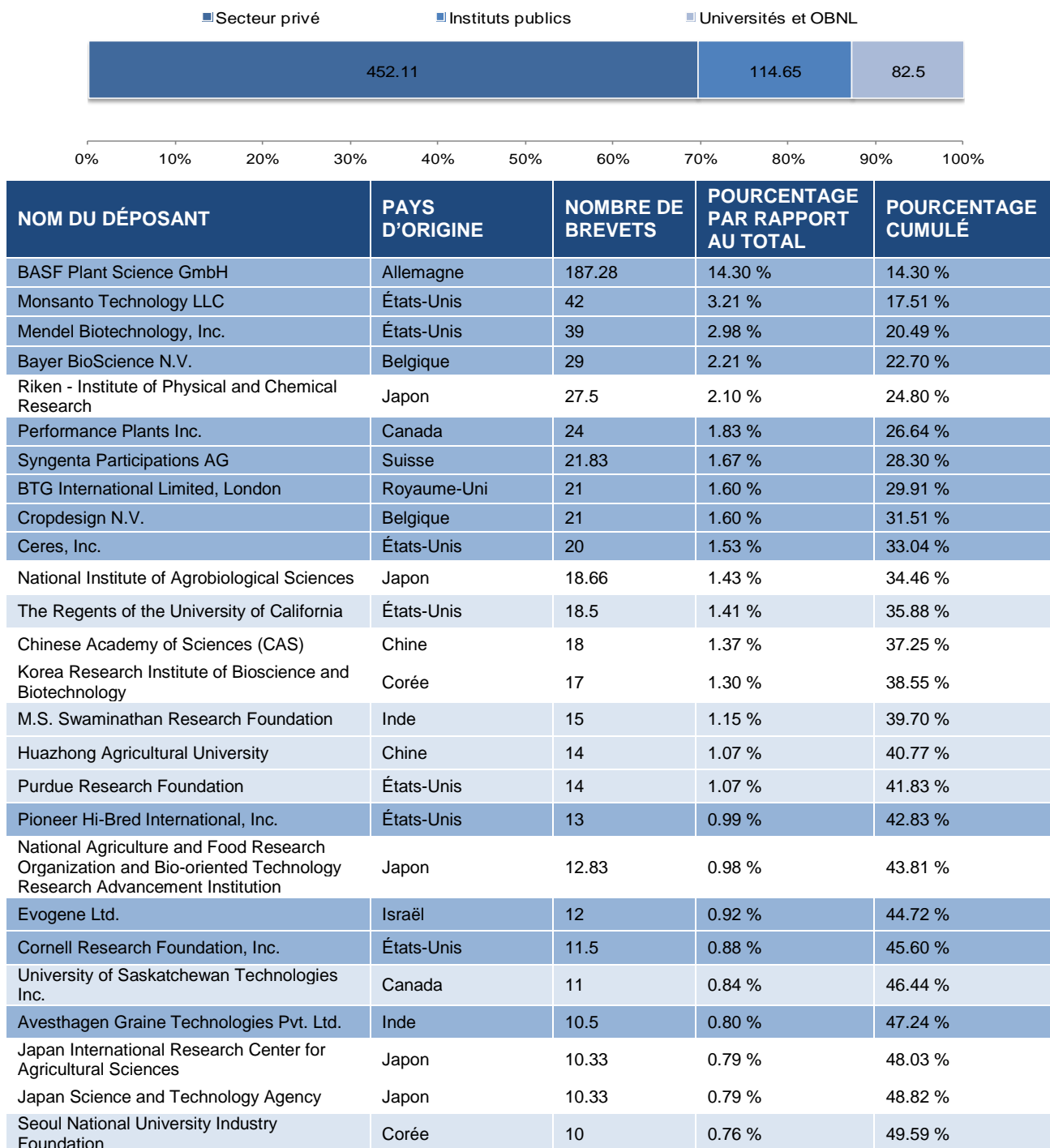
Tableau 3. Nombre d'institutions déposant des demandes de brevet en biotechnologie adaptative

| Nombre de brevets | Nombre d'institutions |
|-------------------|-----------------------|
| 0 - 5 | 276 |
| 5 - 10 | 28 |
| 10 + | 26 |

Notes : Le nombre de brevets pour chaque entreprise est calculé sous forme de fraction si plusieurs sociétés partagent un brevet. Dans les plages indiquées, le premier chiffre est inclusif, le dernier est exclusif.

Source : d'après des données extraites de la Base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

Le tableau 4 examine plus en détail les 26 institutions qui ont déposé chacune au moins 10 demandes de brevet relatives à l'adaptation. Il indique la part des brevets enregistrés par les entreprises commerciales, les institutions ou universités publiques et les organisations à but non lucratif depuis 1990. La majorité des déposants sont issus du secteur privé (70 %). BASF Plant Science GmbH est l'institution la plus active, et détient environ 14 % de l'ensemble des brevets en biotechnologie relatifs à l'adaptation. Cinq institutions se partagent un quart de toutes les demandes de brevet enregistrées dans PatStat : BASF Plant Science GmbH, Monsanto, Mendel Biotechnology, Bayer BioScience et l'institut japonais Riken.

Tableau 4. Propriété des demandes de brevet en biotechnologie adaptative (1990-2007)

Note : Le comptage des brevets est basé sur l'année de priorité, l'autorité déposante et les comptages fractionnés en fonction du nombre de déposants pour un brevet. Cette sélection n'inclut que les déposants qui ont déposé au moins 10 brevets au cours de la période de référence. Dans le tableau, les lignes en bleu foncé indiquent que le déposant fait partie du secteur privé, celles en bleu clair indiquent que le déposant est un institut public, et les lignes en blanc indiquent que le déposant est une université ou une organisation à but non lucratif.

Source : d'après des données extraites de la base de données mondiale de l'OEB et de l'OCDE sur les statistiques de brevets (PatStat)

Comme le révèle cette analyse des brevets, sur les cinq institutions les plus actives dans le domaine de la biotechnologie adaptative, quatre appartiennent au secteur privé : BASF, Monsanto, Mendel Biotechnology et Bayer Group. BASF Plant Science GmbH est l'institution la plus active et elle représente 14 % des demandes. À côté de ces entreprises commerciales, un institut japonais est également actif en matière d'enregistrement de brevets. Riken a été fondé en tant qu'institution administrative indépendante en 1917 et est presque exclusivement financé par le Gouvernement japonais.

Toutefois, bien que la majeure partie du brevetage semble être le fait du secteur privé, les chiffres sur les demandes de brevet pourraient sous-estimer l'importance du secteur public dans ce domaine si des fonds publics ont été utilisés pour financer des recherches du secteur privé. De plus, dans certaines zones géographiques, une part importante de la biotechnologie adaptative est menée dans le secteur public. Tel est par exemple le cas au Japon, en Chine et en Corée. Au Japon, toutes les institutions ayant enregistré plus de dix brevets sont des instituts de recherche publics, comme Riken ou le National Institute of Agrobiological Sciences. De même, le Korean Research Institute of Bioscience and Biotechnology et la Seoul National University Industry Foundation sont les plus actifs en matière de brevetage d'innovations dans le domaine des cultures résistantes aux stress environnementaux en Corée. L'Université de Californie et la Cornell Research Foundation coordonnent également des activités de recherche et ont enregistré plus de dix brevets en biotechnologie axés sur l'adaptation.

3.5 Protection de cultures spécifiques

Les descriptions de brevets peuvent indiquer les cultures ciblées par les institutions dans leurs activités d'innovation. Cela peut aider à mieux comprendre la direction probable des activités d'innovation, ainsi que la flexibilité que les institutions veulent préserver lorsqu'elles déposent des demandes.

En biotechnologie adaptative, les descriptions de brevets spécifient généralement que les techniques de sélection peuvent être appliquées à plusieurs variétés végétales. Certains brevets énumèrent plus de dix variétés végétales auxquelles l'invention brevetée peut être appliquée. Par exemple, un brevet enregistré par Bayer BioScience NV (KR20060012581) indique : « *les procédés et moyens décrits dans le présent document sont considérés adaptés à toutes les plantes et cellules de plante, à la fois les plantes et les cellules des plantes dicotylédones et monocotylédones notamment, sans s'y limiter, le coton, les brassicacées, le colza, le blé, le maïs, l'orge, la luzerne, les arachides, le tournesol, le riz, l'avoine, la canne à sucre, le soja, les graminées à gazon, l'orge, le seigle, le sorgho, la canne à sucre, les légumes, (notamment la chicorée, la laitue, la tomate, la courgette, le poivron, l'aubergine, le concombre, le melon, l'oignon, le poireau), le tabac, la pomme de terre, la betterave à sucre, la papaye, l'ananas, la mangue, Arabidopsis thaliana, mais également les végétaux utilisés en horticulture, en floriculture ou en foresterie (peuplier, sapin, eucalyptus, etc.).* »

Même si les brevets énumèrent généralement un grand nombre de cultures auxquelles l'innovation peut être appliquée, cela n'implique pas que les institutions ont l'intention d'étendre l'innovation à toutes les cultures nommées dans un proche futur. Ainsi, il est difficile du point de vue de l'analyse d'identifier la direction probable des activités d'innovation. D'autres recherches sont nécessaires pour identifier quelles cultures seront ciblées à court terme.

4. CONCLUSION

Ce rapport a proposé une étude de cas sur l'innovation dans le domaine des technologies d'adaptation, un enjeu qui a été moins étudié relativement aux technologies d'atténuation. Plus particulièrement, il a présenté une analyse des données de brevets relatifs à trois caractéristiques du changement climatique : une meilleure résistance à la sécheresse, à la salinité accrue des sols et aux extrêmes de température. Il montre que l'innovation concernant ces caractéristiques s'est accélérée au cours des 25 dernières années, le nombre de demandes annuelles de brevet sur ces aspects passant de moins de 10 en 1995 à presque 200 en 2007.

Selon les données de brevet, les pays membres de l'OCDE et les économies émergentes dominent l'innovation dans le domaine de la biotechnologie adaptative. Plus de 80 % de toutes les demandes de brevet identifiées ont été inventés dans des pays membres de l'OCDE. Les États-Unis dominent le secteur avec plus de 400 demandes de brevet entre 1999 et 2007, ce qui représente environ un tiers de tous les brevets en biotechnologie adaptative. Viennent ensuite l'Europe et le Japon. Ce résultat est conforme aux conclusions sur l'activité générale de brevetage en biotechnologie, les régions déposant le plus de brevets étant les États-Unis, le Japon et l'Union européenne. Le nombre de brevets est cependant susceptible d'être sous-estimé pour les pays dans lesquels les brevets ne représentent qu'un indicateur peu fiable de l'activité d'invention ou dans lesquels les brevets ne sont utilisés que depuis peu de temps pour protéger les inventions, par exemple en Chine.

Une comparaison des demandes de brevet en biotechnologie adaptative et de l'ensemble des demandes de brevet en biotechnologie indique un intérêt relatif croissant pour l'adaptation dans ce secteur. La part des brevets en biotechnologie agronomique adaptative dans le total des brevets en biotechnologie est passée de 0,5 % en 1999 à plus de 5 % en 2006. Lorsque l'on compare les inventeurs, les pays les plus actifs en biotechnologie générale sont également ceux qui sont les plus actifs en biotechnologie adaptative.

Concernant les dépôts de demande, les États-Unis sont le pays qui reçoit le plus de demandes de brevet, devant l'Office européen des brevets et la Chine. Plus de la moitié de tous les brevets soumis aux États-Unis proviennent de l'activité d'innovation de ce même pays. De la même manière, les développeurs en Chine, au Japon et en Corée enregistrent principalement leurs brevets dans leur propre pays.

Les brevets ne sont toutefois pas nécessairement enregistrés dans les pays inventeurs. Par exemple, les brevets enregistrés en Australie, au Canada, au Mexique et en Nouvelle-Zélande proviennent principalement de demandes étrangères. Alors qu'un examen des inventions nationales par opposition aux inventions étrangères montre que certains pays qui reçoivent des brevets étrangers n'ont pas un niveau d'invention comparable, il indique également que les pays actifs dans le domaine de l'invention ont tendance à recevoir plus de demandes de brevet étrangères. Globalement, on ne trouve aucune indication d'un remplacement des inventions nationales du fait des brevets étrangers en biotechnologie adaptative. Ces conclusions correspondent globalement aux tendances concernant toutes les activités de brevetage sur la même période.

L'analyse des tendances en matière de brevetage international permet de constater que les brevets sont principalement soumis pour enregistrement dans les pays industrialisés. Les États-Unis sont les plus actifs dans le domaine de l'enregistrement de brevets en biotechnologie adaptative dans les pays étrangers, l'Australie étant en revanche le pays recevant le plus d'enregistrements venant de l'étranger. Les pays membres de l'OCDE représentent 85 % des brevets enregistrés dans les pays étrangers, et ils reçoivent par ailleurs 70 % de tous les enregistrements provenant de pays étrangers. L'analyse ne révèle qu'un flux limité de brevets vers l'Amérique du Sud et l'Asie. Cette situation est étrange car on connaît l'importance

économique de la biotechnologie agronomique dans ces régions. Elle peut toutefois s'expliquer en partie du fait de systèmes de brevetage dissemblables, de taux d'acceptation différents selon les offices des brevets, et de disparités dans les cadres législatifs par rapport aux pays qui enregistrent un nombre considérable de brevets en biotechnologie agronomique axés sur l'adaptation. Les recherches futures pourraient examiner les niveaux de l'innovation non brevetée, en s'appuyant sur des indicateurs complémentaires de la R-D, comme les publications scientifiques sur la biotechnologie agronomique adaptative. Ces données pourraient aider à brosser une image plus complète de l'innovation, notamment dans les pays ou régions où le brevetage n'est pas largement pratiqué.

Un examen des déposants indique que le secteur privé joue un rôle important dans le domaine de l'innovation en biotechnologie adaptative. BASF Plant Science GmbH est l'institution la plus active et représente 14 % de l'ensemble des demandes de brevet. L'analyse indique également que dans certains pays le secteur public joue un rôle plus important. Par exemple, au Japon, en Chine et en Corée une part majoritaire des activités de recherche en biotechnologie adaptative est menée par des organismes de recherche publics.

L'étude s'est concentrée sur l'une des phases initiales du processus d'innovation : la création de caractéristiques assurant une plus grande résistance aux stress abiotiques. Une analyse plus approfondie pourrait examiner dans quelle mesure l'augmentation des travaux de recherche à ce stade du processus d'innovation se traduit par une augmentation de la commercialisation des cultures. Indépendamment des recherches futures à mener dans ce domaine, des travaux pourraient être menés sur les facteurs qui conduisent à cette augmentation de l'activité. Enfin, les recherches pourraient mettre en évidence les besoins des pays en biotechnologie adaptative, et la façon dont ces besoins peuvent être satisfaits. Les pays en développement, qui sont les plus vulnérables au changement climatique, devraient jouer un rôle primordial dans l'orientation des débats à ce sujet.

RÉFÉRENCES

- Adams, S.R. (2006), *Information Sources in Patents*, K.G. Sauer Verlag, München.
- Arundel, A. (2001), « The Relative Effectiveness of Patents and Secrecy for Appropriation », *Research Policy*, Vol. 30, n° 4, pp. 611-624.
- Arundel, A. et I. Kabla (1998), « What Percentage of Innovations are Patented? Empirical Estimates for European Firms », *Research Policy*, Vol. 27, pp. 127-141.
- Blakeney, M., J.I. Cohen et S. Crespi (1999), « Intellectual Property Rights and Agricultural Biotechnology », in J.I. Cohen (ed.), *Managing Agricultural Biotechnology: Addressing Research Program Needs and Policy Implications*, Biotechnology in Agriculture Series, n° 23, CABI Publishing, Madison.
- Carraro, C., E. de Cian, L. Nicita, E. Massetti et E. Verdolini (2010), « Environmental Policy and Technical Change: A Survey », *International Review of Environmental and Resource Economics*, Vol. 4, pp. 163-219.
- CFIA (Canadian Food Inspection Agency) (2009), Biotechnology Notices of Submission, <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/subs/subliste.shtml>, dernier accès le 1^{er} juin 2010.
- Chan, H.P. (2010), « The Determinants of International Patenting for Nine Agricultural Biotechnology Firms », *Journal of Industrial Economics*, Vol. 58, n° 2, pp. 247-278.
- Cominelli, E. et C. Tonelli (2010), « Transgenic Crops Coping with Water Scarcity », *New Biotechnology*, Vol. 27, n° 5, pp. 473-477.
- Commission on Intellectual Property Rights (2002), *Integrating Intellectual Property Rights and Development Policy*, Report of the Commission on Intellectual Property Rights, London.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Haščič, N. Johnstone et Y. Ménière (2011), « Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Global Analysis », *Review of Environmental Economics and Policy*, à paraître.
- EFSA (Environmental Food Safety Security) (2009), Register of Questions: Question Number EFSA-Q-2009-00661, received on 29 May 2009, <http://registerofquestions.efsa.europa.eu/roqFrontend/questionLoader?question=EFSA-Q-2009-00661>, dernier accès le 1^{er} juin 2010.
- Flowers, T.J. (2004), « Improving Crop Salt Tolerance », *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, n° 396, pp. 307-319.
- FSANZ (Food Standards Australia New Zealand) (2009), « Application A1029: Food Derived from Drought-Tolerant Corn MON87460: First Assessment Report, 16 December 2009 », Food Standards Australia New Zealand, <http://www.foodstandards.gov.au/foodstandards/applications/applicationa1029food4367.cfm>, dernier accès le 16 novembre 2010.
- Griliches, Z. (1990), « Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey », *Journal of Economic Literature*, Vol. 28, n° 4, pp. 1661-1707.

- Groombridge, B. (ed.) (1992), « Intellectual Property Rights for Biotechnology », *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*, Chapman and Hall, London, pp. 495-499.
- Hu, A.G. et G.H. Jefferson (2009), « A Great Wall of Patents: What is Behind China's Recent Patent Explosion? », *Journal of Development Economics*, Vol. 90, pp. 57-68.
- Jenks, M.A., P.M. Hasegawa et S.M. Jain (2009), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*, Springer Editions, Dordrecht.
- Johnstone, N., I. Hašičič et D. Popp (2010), « Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts », *Environmental and Resource Economics*, Vol. 45, Issue 1, pp. 133-155.
- Keller, W. (2002), « Geographic Localization of International Technology Diffusion », *American Economic Review*, Vol. 92, n° 1, pp. 120-142.
- Koo, B., P.G. Pardey, K. Qian et Y. Zhang (2006), « An Option Perspective on Generating and Maintaining Plant Variety Rights in China », *Agricultural Economics*, Vol. 35, pp. 35-48.
- Lazaridis, G. et B. van Pottelsberghe de la Potterie (2007), « The Rigour of EPO's Patentability Criteria: An Insight into the 'Induced Withdrawals' », *World Patent Information*, Vol. 29, pp. 317-326.
- Natural Heritage Trust (2001), *Australian Dryland Salinity Assessment 2000: Extent, Impacts, Processes, Monitoring and Management Options*, National Land and Water Resources Audit on behalf of the Commonwealth of Australia.
- OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) (2005) *Manuel d'Oslo : Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, OCDE, Paris.
- OCDE (2008a), *Politique environnementale, innovation technologique et dépôts de brevets*, Études de l'OCDE sur l'innovation environnementale, OCDE, Paris.
- OCDE (2008b), *Compendium of Patent Statistics*, OCDE, Paris.
- OCDE (2009a), *Biotechnology Statistics 2009*, OCDE, Paris.
- OCDE. (2009b), *Manuel de l'OCDE sur les statistiques des brevets*, OCDE, Paris.
- OCDE (2010a), *Climate Change and Agriculture : Impacts, Adaptation and Mitigation*, OCDE, Paris
- OCDE (2010b), *Principaux indicateurs de la science et de la technologie : édition 2011/1*, OCDE, Paris.
- OCDE (2011), *The Invention and Transfer of Environmental Technologies*, Études de l'OCDE sur l'innovation environnementale, Paris.
- OMPI (Organisation mondiale de la propriété intellectuelle) – UPOV (Union nationale pour la protection des obtentions végétales) (2002), « la propriété intellectuelle pour un sélectionneur », document préparé pour le colloque OMPI-UPOV sur la Coexistence des brevets et du droit d'obtenteur dans la promotion des innovations biotechnologiques, Genève, 25 octobre 2002.
- OMPI (2009), « Classification internationale des brevets (Version 2009) : Guide d'utilisation », http://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide/guide_ipc_2009.pdf, dernier accès le 1^{er} juillet 2010.
- OMPI, (2010), *Indicateurs mondiaux relatifs à la propriété intellectuelle, 2010*, Publication de l'OMPI n° 941(E), Genève.
- PBS et ABSP II (Program for Biosafety Systems and Agricultural Biotechnology Support Program II) (2004), « Agricultural Biotechnology Brief #1: What is Agricultural Biotechnology? », U.S. Agency for International Development, U.S. Agency for International Development, Agricultural Biotechnology Support Project II, and the Program for Biosafety Systems,

http://www.absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp_briefs_eng_scr.pdf, dernier accès le 04 octobre 2010.

Pennisi, E. (2008), « Plant Genetics: The Blue Revolution, Drop by Drop, Gene by Gene », *Science*, Vol. 320, n° 5873, pp. 171-173.

Phillips, P.W.B. (2007), « Farmers Privilege and Patented Seeds », dans P.W.B. Philips et C.B. Onwuekwe (eds.), *Accessing and Sharing the Benefits of the Genomics Revolution*, The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics, Vol. 11, Springer, New York, pp. 49–64.

Popp, D. (2002), « Induced Innovation and Energy Prices, » *American Economic Review*, Vol. 92, n° 1, pp. 160-180.

Popp, D. (2005), « Lessons from Patents: Using Patents to Measure Technological Change in Environmental Models », *Ecological Economics*, Vol. 54, n° 2-3, pp. 209-226.

Popp, D. (2010), « Innovation and Climate Policy », *Annual Review of Resource Economics*, Vol. 2, n° 1, pp. 275–298.

Rassenfosse, G. de and B. van Pottelsberghe (2008), “A Policy Insight into the R&D Patent Relationship”, CEB Working Papers 08-008.RS, Université Libre de Bruxelles.

Rosegrant, M.W., M. Ewing, G. Yohe, I. Burton, S. Huq et R. Valmonte-Santos (2008), *Climate Change and Agriculture : Threats and Opportunities*, GTZ, Eschborn.

Roy, B. et A.K. Basu (2009), *Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants: Breeding and Biotechnology*, New India Publishing Agency, Delhi.

Schettino, F. et A. Sterlacchini (2007), « Determinants of Patent Withdrawals: Evidence from a Sample of Italian Applications with the EPO », *World Patent Information*, Vol. 31, pp. 308-314.

Stokes, C.J. et S.M. Howden (eds.) (2008), *An Overview of Climate Change Adaptation in Australian Primary Industries: Impacts, Options and Priorities*, rapport préparé pour le National Climate Change Research Strategy for Primary Industries, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

UPOV (Union nationale pour la protection des obtentions végétales) (2009) « Statistiques sur la protection des obtentions végétales pour la période 2004-2008 », document établi par le Bureau de l'Union pour la quarante-troisième session ordinaire, Genève, 22 octobre 2009.

UPOV (2010), À propos de l'UPOV : Le système de protection des obtentions végétales de l'UPOV, http://www.upov.int/en/about/upov_system.htm#P279_30925, dernier accès le 12 novembre 2010.

USDA (United States Department of Agriculture) Economics Research Services (2004), Agricultural Biotechnology Intellectual Property: Overview, <http://www.ers.usda.gov/Data/AgBiotechIP/>, dernier accès le 15 April 2010.

Van Wijk, J., J.I. Cohen et J. Komen (1993), « Intellectual Property Rights for Agricultural Biotechnology: Options and Implications for Developing Countries », ISNAR Research Report, n° 3, International Service for National Agricultural Research, The Hague.

Wright, B.D., P.G. Pardey, C. Nottenburg et B. Koo (2007), « Agricultural Innovation: Investments and Incentives », in R. Evenson et P. Pingali (eds.), *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 3, North Holland.