

ASIRPA

*Analyse Socio-économique des Impacts de la  
Recherche Publique Agricole*

## **OGU-INRA: création d'hybrides de colza**

### Executive Summary

*Janvier 2013*

*Version révisée le 9.2015*

Ariane Gaunand  
Stéphane Lemarié

## Contexte:

Le cas d'étude OGU-INRA est une innovation dans le secteur des semences. En grandes cultures, les semences hybrides ont été développées depuis plus de 30 ans pour le maïs, le tournesol et la betterave. L'hybride est un type de variété qui présente deux intérêts pour le sélectionneur. En premier lieu il est généralement reconnu que le potentiel de progrès génétique est meilleur avec ce type de semence grâce à la complémentarité entre les différentes sources parentales. La performance d'une variété hybride est supérieure à celle des deux lignées parentales. Cette caractéristique, appelée effet hétérosis, a été mise en évidence sur le colza dans les années 80 et devrait atteindre +20 à +40% de la moyenne des performances parentales, selon les recherches de l'INRA. En second lieu, l'agriculteur qui utilise une semence hybride n'a pas d'intérêt à réutiliser les semences issues de cet hybride (qui sont alors qualifiées de semences fermières) car ces dernières sont moins performantes. En conséquence, la semence hybride permet au semencier de s'approprier une part plus importante des bénéfices liés à l'innovation puisqu'il peut éliminer la concurrence des semences fermières.

Le colza est une culture oléagineuse qui permet de produire de l'huile pour l'alimentation humaine et la production de biocarburants et des tourteaux pour l'alimentation animale (en 2011, 66% de la production française de colza est estérifiée). En France, le colza est une culture d'hiver qui couvre 1.6 millions d'hectares en 2012, surface en forte croissance depuis les années 2000. En 2009, plus des trois quarts de la surface mondiale de colza (31 Mha) était concentrée sur 6 pays producteurs : la Chine, l'Inde, le Canada, l'Allemagne, la France et l'Australie. Dans les années 60-70, la culture du colza a connu deux contrecoups lorsqu'il a été démontré que la présence d'acide érucique dans l'huile altérait la santé humaine (lésions cardiaques), puis que la présence de glucosinolates affectait la santé animale (inappétence, effet goïtrogène). Des variétés lignées dites "double 0" créées par sélection génétique en 1983 ont néanmoins permis de surmonter ces deux problèmes.

Politiquement, deux facteurs ont contribué à l'essor de la culture du colza : le plan Protéines de l'Union Européenne (1974) puis les mesures de la Politique Agricole Commune en faveur des biocarburants (jachères industrielles en 1992 et aide aux cultures énergétiques en 2005). En Europe, l'accroissement des rendements a conduit à une multiplication par 10 des surfaces de colza entre la fin des années 60 et maintenant, alors que la surface mondiale était multipliée par 4. Le rendement du colza est moins régulier en comparaison des autres grandes cultures du fait de maladies ou d'attaques d'insectes. L'usage de pesticides sur le colza est important puisque l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) moyen est égal à 5 (soit 5 doses homologuées par hectare et par campagne).

Une particularité de la France tient à la forte structuration de la filière colza autour de l'interprofession PROLEA. PROLEA réunit en particulier le CETIOM, institut technique actif dans le conseil aux producteurs et Sofiproteol, organisme financier ayant des participations chez certains industriels de la filière.

Trois principaux types de variétés de colza sont commercialisés en France :

- Les lignées (L) sont des variétés antérieures aux hybrides en France. Les graines récoltées sont identiques aux semences parentales et utilisables comme semences fermières.
- Les associations variétales (AV) sont des mélanges entre deux types de semences, le plus souvent un hybride mâle stérile et une lignée pollinisatrice.
- Les hybrides restaurés (HR) résultent du croisement d'une lignée mâle stérile (construit par exemple avec la technologie OGU) et d'une lignée restauratrice de fertilité. Les hybrides restaurés représentent aujourd'hui l'essentiel des variétés basées sur la technologie hybride.

L'innovation étudiée ici porte sur le développement de la technologie OGU pour créer des hybrides de colza. La technologie OGU permet d'empêcher une plante de produire du pollen (plante mâle stérile) si bien qu'elle ne peut être fécondée que par le pollen d'une autre plante. La production de semences est alors faite en semant des bandes alternées de plantes mâles fertiles (qui produisent du pollen) et de plantes mâles stériles sur lesquelles sont récoltées les graines hybrides.

Des recherches menées par l'INRA ont permis de développer sur le colza le système de stérilité mâle cytoplasmique nommé OGU. Pour que les semences hybrides achetées par les agriculteurs produisent des graines, il est nécessaire qu'elles produisent du pollen. En conséquence, la lignée parentale mâle doit contenir un gène restaurant la fertilité : l'INRA a créé des variétés lignées restauratrices (R40, R113 et R2000).

Le système de stérilisation mâle cytoplasmique couplé à la technologie de restauration de fertilité OGU-INRA n'est pas la seule technologie permettant la création de variétés hybrides de colza. Des systèmes concurrents existent, basés sur la stérilité mâle cytoplasmique comme OGU (Polima), la stérilité mâle génique (NPZ Lembke, PGS), ou des phénomènes d'auto-incompatibilité. OGU-INRA est dominant en France, NPZ Lembke est dominant en Allemagne et le système PGS est dominant au Canada.

Le marché français des semences de colza a très longtemps été dominé par le semencier Ringot-Sérasem, dont la recherche était réalisée en partenariat étroit avec l'INRA dès 1974. Cette structure industrielle a néanmoins fortement évolué au cours des années 90 avec l'entrée de nombreux semenciers du fait de l'accroissement régulier des surfaces de colza et des perspectives de gains économiques liés aux hybrides. D'un partenariat privilégié avec Sérasem, la relation de l'INRA avec les semenciers a évolué vers un partenariat avec le GIE Colza, regroupant les principaux semenciers français en 2005. La technologie OGU est accessible à tous les sélectionneurs de colza depuis 1994 grâce à un système de licences non exclusives sur le pool de brevets OGU. Les entreprises sur le marché des semences de colza subissent la concurrence des semences de fermes qui peuvent être produites avec des variétés lignées par les agriculteurs eux-mêmes.

## Inputs et situation productive :

L'INRA travaille depuis plus de 60 ans sur l'amélioration du colza et a ainsi développé de nombreuses compétences pluridisciplinaires indispensables au développement des hybrides de colza: la génétique végétale (hybridation interspécifique), la biologie cellulaire (fusion de protoplastes pour la production de cybrides), la biologie moléculaire (clonage du gène de stérilité mâle orf138 et du gène de restauration Rfo) et la zoologie (comportement de butinage des abeilles pour la production de semences hybrides). Une collaboration étroite entre différentes unités INRA (des départements Génétique et Amélioration des Plantes et Santé des Plantes et Environnement) et d'autres acteurs académiques a permis d'associer ces compétences variées : l'Université d'Orsay, l'unité de Génétique et Amélioration des Plantes de l'INRA de Versailles, l'unité Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales de l'INRA de Rennes et l'unité BIO3P de l'INRA de Rennes. Les connaissances préexistantes sur la fusion des protoplastes dans d'autres espèces que le colza ont joué un rôle important pour l'introduction de la stérilité mâle cytoplasmique du radis OGURA dans le colza.

Ces recherches de l'INRA ont été réalisées dans le cadre d'une association étroite avec le semencier Sérasem, matérialisée par le contrat de recherche signé en 1974. Par ce contrat, Sérasem avait accès avant les autres obtenteurs aux résultats des recherches amont de l'INRA et valorisait ces recherches par la création variétale. L'association PROMOSOL cofinçait également les programmes de recherche de l'INRA. De plus, trois employés de Sérasem travaillaient dans les laboratoires de l'INRA (ils ont à ce titre joué un rôle d'interface et permis le transfert de l'innovation INRA chez Sérasem). Ce partenariat privilégié a pris fin en 2005 pour plusieurs raisons : un changement de la direction de la R&D chez Sérasem, l'entrée de nouveaux semenciers sur le colza, le positionnement de l'INRA sur des recherches plus fondamentales et son désengagement de la création variétale. Le partenariat INRA-Sérasem s'est donc élargi en 2005 avec la création du GIE colza, constitué de sélectionneurs français et financé à 50% par la société financière Sofiproteol. Ce nouveau partenariat a pour rôle de créer des variétés à partir des pools de matériel végétal et populations sources fournis par l'INRA. Le GIE colza finance aujourd'hui les deux employés de Sérasem toujours hébergés à l'INRA.

Le soutien financier de Sofiproteol, pour le test de la première association variétale Synergy ainsi que pour le rachat de brevets concurrents à OGU a également contribué au développement des hybrides OGU.

## Outputs:

Le système hybride OGU-INRA repose sur plusieurs brevets et savoir-faire qui constituent une plateforme technologique de création variétale. Le pool de brevets OGU-INRA inclut :

- le brevet OGU sur la stérilisation du colza grâce à la séquence mitochondriale Orf 138 d'un gène issu du radis OGURA, déposé par l'INRA-Sérasem en 1990,
- le savoir-faire sur les lignées restauratrices de fertilité R40 et R113 intégrant le gène de restauration Rfo, déposé par l'INRA-Sérasem en 1994,
- le brevet sur la lignée restauratrice R2000, déposé par l'INRA en 2003,
- diverses licences croisées, brevets et accords de non-agression sur des brevets dépendants d'autres semenciers.

Les premiers hybrides basés sur la plateforme technologique OGU-INRA ont été co-obtenus par l'INRA et le semencier Sérasem et commercialisés en France à partir de 1994 pour le type association variétale (variété *Synergy*) et 1999 pour les hybrides restaurés (variété *Lutin*).

L'encadré suivant liste les 5 publications majeures de chercheurs de l'INRA liées au cas OGU-INRA.

- Lefort-Buson, M. ; Guillot-Lemoine, B. ; Dattee, Y. Heterosis and genetic distance in rapeseed (*Brassica napus* L.): crosses between European and Asiatic selfed lines. *Genome*. 1987, 29 : 413-418.
- Pelletier, G; Primard, C; Vedel, F; Chetrit, P; Remy, R; Rousselle, P; Renard, M. Intergeneric cytoplasmic hybridization in cruciferae by protoplast fusion. *Molecular and General Genetics*. 1983, 191 (2): 244-250.
- Grelon, M. ; Budar, F. ; Bonhomme, S. ; Pelletier, G. Ogura cytoplasmic male-sterility (CMS)-associated orf138 is translated into a mitochondrial membrane polypeptide in male-sterile Brassica hybrids. *Molecular and General Genetics*. 1994, 243 : 540-547.
- Desloire S., Gherbi H., Laloui W., Marhadour S., Clouet V., Cattolico L., Falentin C., Giancola S., Renard M., Budar F., Small I., Caboche M., Delourme R., Bendahmane A. Identification of the fertility restoration locus, *Rfo*, in radish, as a member of the pentatricopeptide-repeat protein family. *EMBO Reports*. 2003, 4: 588-593.
- Renard, M. ; Delourme, R. ; Pelletier, G. ; Primard, C. ; Mesquida, J. ; Darrozes, G. ; Morice, J. Un système de production de semences hybrides F1 utilisant une stérilité male cytoplasmique. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*. 1991, (12) : 10 p.

## Circulation des connaissances et intermédiaires :

Deux principaux éléments intermédiaires ont contribué à la diffusion des hybrides OGU-INRA: l'adaptation de la réglementation permettant la mise en marché des associations variétales et le pool de brevets OGU-INRA et ses licenciés.

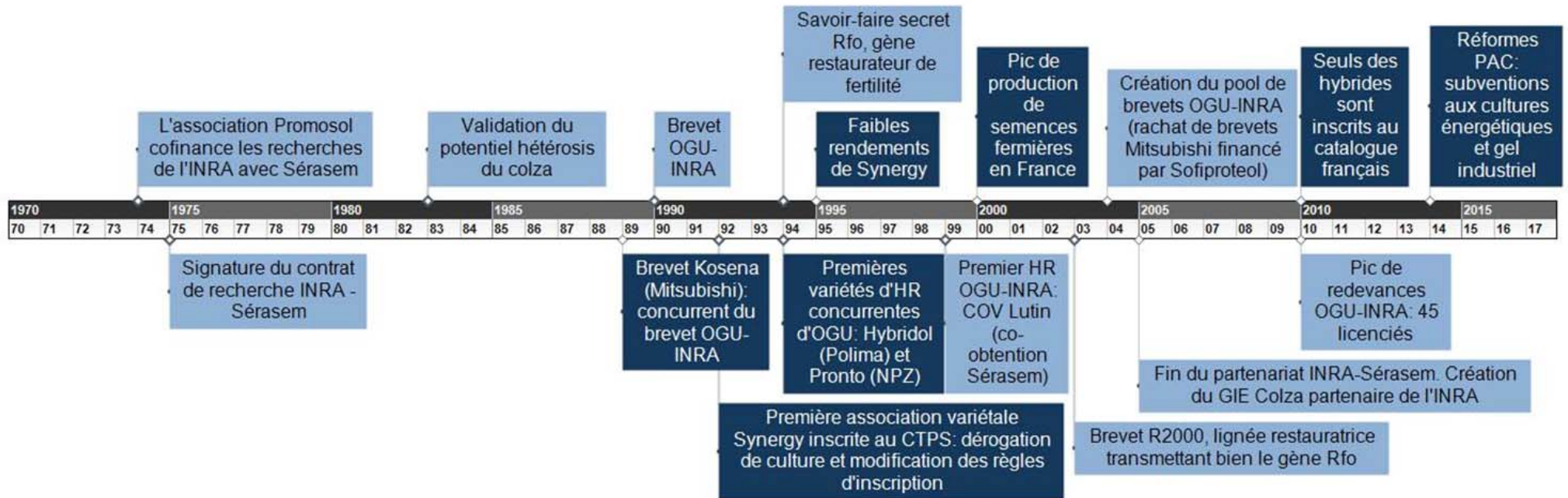
Dans le processus de développement de la technologie OGU-INRA, l'INRA a d'abord créé une association variétale. Un nouveau règlement technique du CTPS (Comité Technique Permanent de la sélection) a été élaboré en 1992 pour permettre le test et l'inscription de ce nouveau type de produit. Cette modification a été une condition nécessaire à la diffusion des premiers hybrides. En effet, cette évolution réglementaire a été consentie pour *Synergy* en 1993 dans un contexte de forte concurrence européenne. La culture de *Synergy* sur une large surface a contribué à la promotion de la technologie hybride.

L'INRA Transfert a joué un rôle clé dans la diffusion d'OGU-INRA en facilitant l'accès à la propriété intellectuelle. La création du pool OGU-INRA à partir de brevets et savoir-faire dispersés entre divers acteurs ainsi que la création d'un système de licences non exclusives sur ce pool a permis l'accès de 45 licenciés internationaux à la plateforme OGU-INRA (chiffres 2010). Les semenciers licenciés coproduisent et diffusent l'innovation. Ils ont investi en R&D et se sont appropriés les connaissances créées par l'INRA sur la fabrication d'hybrides OGU : ils ont alors développé des dizaines de variétés hybrides différentes, adaptées aux besoins, préférences et contextes locaux des agriculteurs. Les distributeurs de semences de colza, auxquels revient une partie de l'intérêt commercial des hybrides (ils réalisent une plus grande marge sur ces variétés, par rapport aux lignées) sont des intermédiaires importants de la chaîne de diffusion des hybrides vers les agriculteurs.



Outre l'excellence scientifique des recherches pluridisciplinaires menées par l'INRA, le succès de la plateforme technologique OGU-INRA est particulièrement lié à l'évolution du partenariat de l'institut et la gestion efficace de la propriété intellectuelle. D'un partenariat initialement bilatéral avec l'unique semencier colza français en 1974, l'INRA a évolué pour collaborer avec les nouveaux semenciers colza fédérés en GIE en 2005. Cette stratégie a permis de mutualiser les recherches, de mieux répondre aux attentes collectives et de répartir équitablement les avantages liés aux hybrides.

## Chronologie



### Légende

- Les événements dans lesquels l'INRA est directement impliqué
- Les événements contextuels

- Les recherches ont été initiées il y a 37 ans. La méthode de stérilisation cytoplasmique du colza a été développée en 15 ans.
- Le partenariat bilatéral INRA-Sérasem (découverte d' OGU-INRA, obtention des premières variétés hybrides) a duré 30 ans.
- Les premiers hybrides ont été développés dans un contexte de concurrence avec d'autres technologies d'hybridation (Kosena au Japon et NPZ en Allemagne) et de semences fermières.
- Les hybrides restaurés se sont accaparés le marché des semences de colza en 11 ans (seuls des hybrides ont été inscrits au catalogue français en 2010).
- Le pic de redevances du pool OGU-INRA en 2010 indique que les 45 semenciers licenciés ne cessent d'augmenter le Chiffre d'Affaires qu'ils réalisent sur les hybrides de colza.

## Impacts 1 :

Les hybrides conduisent les semenciers à modifier leur stratégie de recherche et leur gamme de produits et affectent leurs coûts de production de semences.

### **Stratégies de recherche :**

Tout d'abord, les sélectionneurs ont dû réaliser l'introgression des gènes de stérilité et de restauration de la fertilité dans leur matériel végétal : l'obtention de bon matériel élite a nécessité 10 ans de travail. Par ailleurs la sélection sur hybrides est plus coûteuse car les schémas de sélection sont plus complexes, mais elle offre de nouvelles possibilités pour introduire des caractères génétiques simples et ouvre donc un potentiel de progrès génétique plus important. La transition entre lignées et hybrides représente donc un changement stratégique majeur pour les entreprises de sélection qui ont accrus leurs investissements en R&D. En France en 2012, les semenciers colza investissent en moyenne 25% de leur chiffre d'affaires en R&D. L'effort de recherche sur les oléagineux a augmenté entre 2005 et 2010, passant de 27 à 38M€. La plateforme technologique hybrides devrait attirer des investissements en recherche plus importants, source de gains de productivité supérieurs à terme.

### **Coûts de production:**

La production de la semence par les agriculteurs multiplicateurs (en contrats avec les semenciers) est plus coûteuse pour les hybrides que pour les lignées car elle nécessite des opérations supplémentaires, mais aussi parce-que le rendement en production est plus faible que celui des lignées. Mais du fait du fort coefficient de multiplication du colza, le surcoût de production des hybrides est compensé par de faibles différences de rendement.

### **Offre de semences :**

#### *Evolution de la part des différents types de semences dans l'offre globale*

Le nombre de variétés de semences de colza inscrits au catalogue français a très rapidement crû entre 1992 et 2011 du fait de l'introduction de semences hybrides (associations variétales et hybrides restaurés) mais aussi de l'accroissement du nombre de variétés lignées et des surfaces françaises de colza. Les hybrides se substituent progressivement aux lignées : aucune nouvelle variété de type lignée n'a été inscrite au catalogue en 2012 et 2013.

#### *Evolution de la gamme de chaque semencier*

La gamme de produits des semenciers s'est élargie depuis l'introduction des hybrides : 3 semenciers commercialisaient plus de 4 variétés de semences de colza par an en 1992-1996 contre 11 semenciers en 2007-2011. Les trois semenciers principaux commercialisent aujourd'hui chacun plus de 20 variétés contre 4 à 8 variétés en 1992-1996. Certains semenciers se sont spécialisés plus ou moins rapidement sur la sélection d'hybrides, d'autres sont restés sur les lignées, d'autres enfin mènent de front des programmes de sélection des deux types variétaux.

Du point de vue de l'agriculteur, l'adoption d'une variété hybride présente quatre intérêts principaux : une meilleure performance dans des conditions difficiles, certaines caractéristiques techniques plus intéressantes, une possibilité de semer avec des densités plus faibles et dans certains cas un supplément de rendement. Mais le prix supérieur de la semence certifiée (lignée ou hybride) par rapport à la semence fermière et l'impossibilité de produire des semences fermières à partir d'hybrides conduisent à l'augmentation du coût des semences pour l'agriculteur. L'impact économique est à nuancer selon les exploitations agricoles et les campagnes. En proportion des surfaces de colza, la diffusion actuelle des semences hybrides est de 70% en France, et de plus de 95% au Canada mais la part des semences fermières reste élevée (17% des surfaces françaises de colza en 2013).

### **Analyse du surplus économique total**

Cette analyse prend en compte deux effets des hybrides en comparaison des lignées: le gain de rendement obtenu par les agriculteurs, et l'augmentation du coût de production de semences par les semenciers. Le surplus économique traduit les gains des agriculteurs et des semenciers. Il est calculé sur une période de 25 ans depuis la date d'introduction des hybrides en 1996, en considérant les hypothèses suivantes :

- Une adoption croissante des hybrides OGU-INRA de 1% en 1996 à 85% des surfaces françaises en 2021
- Un gain de rendement croissant conféré par les variétés hybrides, de 0% en 1996 à 12% en 2021
- Un prix moyen du colza de 300€/t, variant annuellement avec un pic en 2012 à 479€/t
- Un surcoût de production des semences hybrides de 6€/ha par rapport aux lignées

Le surplus économique cumulé pour les agriculteurs et les semenciers français entre 1996 et 2021 atteint 1.77Md€ sans actualisation et 840M€ (exprimé en €1996) avec un taux d'actualisation de 4%. D'après l'analyse réalisée par le StewardRedQueen<sup>1</sup>, 80% de ce surplus bénéficierait aux agriculteurs français.

## Impacts 2 :

Le développement des hybrides de colza ayant apporté des améliorations techniques et une augmentation de l'offre de semences, il a contribué à l'expansion de la culture du colza. En France, les surfaces cultivées en colza ont été multipliées par 7 en moins de 30 ans. L'augmentation de la production française de colza a conforté l'autonomie protéique française et les échanges internationaux, et élargi les débouchés du colza. La production de biocarburants, de lubrifiants et de produits de synthèse chimiques s'est développée au point que lors de la campagne 2009-2010, 1/3 de la surface de colza française était consacrée à ces productions non alimentaires.

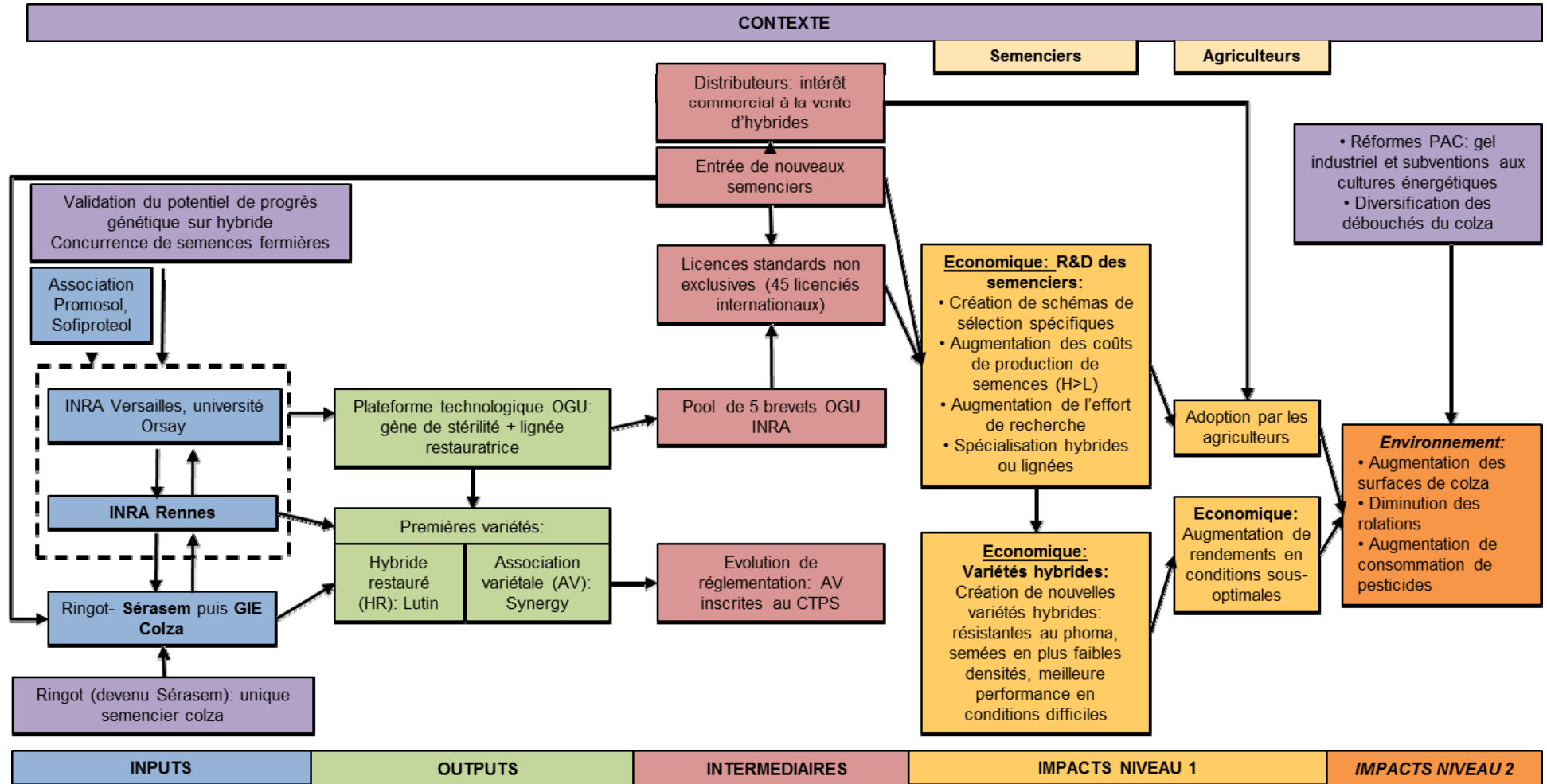
L'augmentation des surfaces de colza a conduit à une réduction des rotations. La culture plus fréquente du colza a des effets environnementaux importants car l'Indice de Fréquence de Traitement phytosanitaire du colza est plus fort que celui du blé ou de l'orge. L'utilisation globale de produits phytosanitaires a donc été accrue par l'augmentation de la culture du colza en France.

---

<sup>1</sup> (Who benefits from intellectual property rights for agricultural innovation? The Case of Ogura Oilseed Rape in France. Steward Red Queen. 19 September 2014, final report)

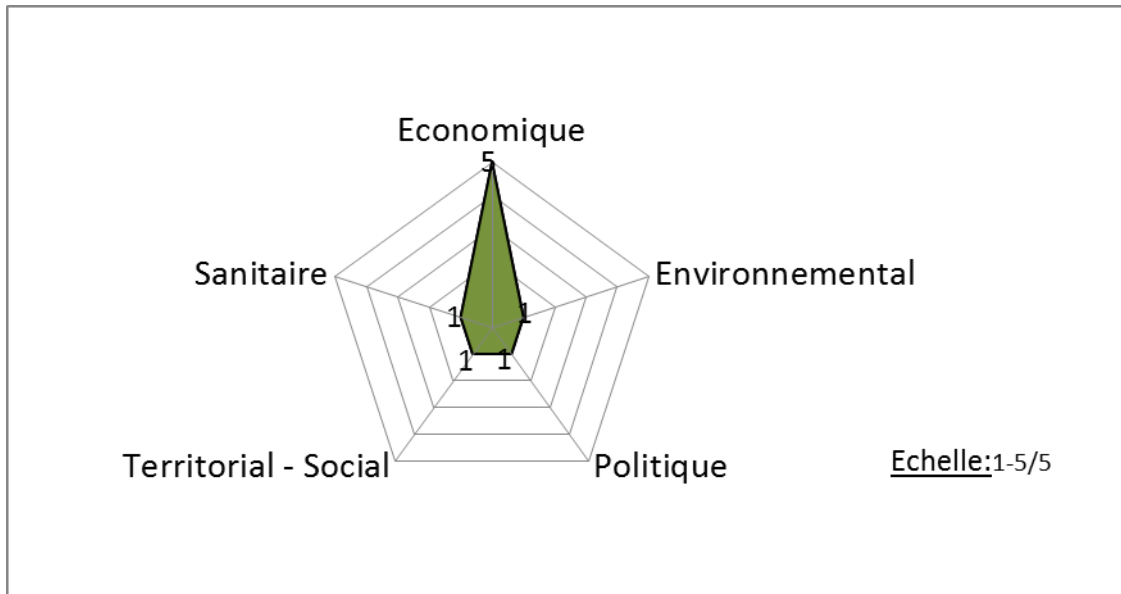


# Impact Pathway



- Plusieurs laboratoires de spécialités complémentaires ont été impliqués. L'INRA fait initialement de la création variétale et co-dépose les premiers Certificat d'Obtention Variétale.
- OGU-INRA est une innovation composite formée d'un gène de stérilité et d'une lignée restauratrice et améliorée au cours du temps. INRA Transfert a constitué un pool de brevets assurant la protection de l'ensemble de la plateforme technologique malgré les brevets concurrents existants et garantissant son accès non exclusif aux semenciers.
- L'évolution des règles d'inscription au catalogue a été un vecteur nécessaire au développement des hybrides, permettant l'inscription des premiers hybrides de type Association Variétale (AV). Les AV sont aujourd'hui délaissées mais elles ont été une étape indispensable à la démonstration et au développement des hybrides restaurés (HR).
- Les intermédiaires sont les semenciers licenciés qui produisent les différentes variétés hybrides grâce à la technologie OGU (l'INRA ne fait plus d'obtention variétale) et les distributeurs qui collectent les semences auprès des agriculteurs multiplicateurs et distribuent les semences aux agriculteurs.

## Vecteur d'impact



| Dimension d'impact | Importance |   |
|--------------------|------------|---|
| Economique         | 5/5        | <p><b>Entrées de semenciers et investissements en R&amp;D:</b><br/>Entrée de nombreux semenciers sur le colza en France: passage de 1 à 16 semenciers colza en 10 ans<br/>Accroissement de l'investissement en recherche : 27 à 38M€ pour l'ensemble des oléagineux en France entre 2005 et 2010.</p> <p><b>Diffusion des variétés hybrides :</b><br/>Augmentation du nombre de variétés commercialisées par chaque semencier : passage de 6 à 20 variétés entre 1996 et 2011 pour les semenciers leaders.<br/>Toutes les nouvelles variétés inscrites au catalogue français depuis 2012 sont hybrides<br/>85% des surfaces françaises de colza sont hybrides en 2015<br/>Part stable des semences fermières entre 2008 et 2015 (15-20%)</p> <p><b>Estimation du surplus économique :</b><br/>Projection sur 1996-2021 pour le colza en France, en prenant en compte l'écart de rendement hybrides-lignées (+10% en 2015), le coût de production supérieur des hybrides (+6€/ha). Le surplus économique cumulé sur 1996-2021 atteint 840M€ en France et 4,7 Mds€ dans le monde (avec un taux d'actualisation de 4%), dont 80% revient aux agriculteurs.</p> |

### Source des données:

Cette étude de cas est fondée sur un travail bibliographique réalisé par les auteurs ainsi qu'une douzaine d'entretiens semi-directifs conduits avec les acteurs de l'innovation : les responsables scientifique de l'INRA, des représentants de 3 semenciers colza français, le directeur général de l'INRA Transfert, des représentants du centre technique CETIOM et du groupe financier et industriel Sofiproteol.