



HAL
open science

ASIRPA - Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique. Rapport final

Laurence Colinet, Pierre Benoit Joly, Ariane Gaunand, Mireille Matt,
Philippe Laredo, Stephane Lemarié

► To cite this version:

Laurence Colinet, Pierre Benoit Joly, Ariane Gaunand, Mireille Matt, Philippe Laredo, et al.. ASIRPA - Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique. Rapport final. [Rapport de recherche] Institut National de la Recherche Agronomique. 2014, 61 p. hal-01190008

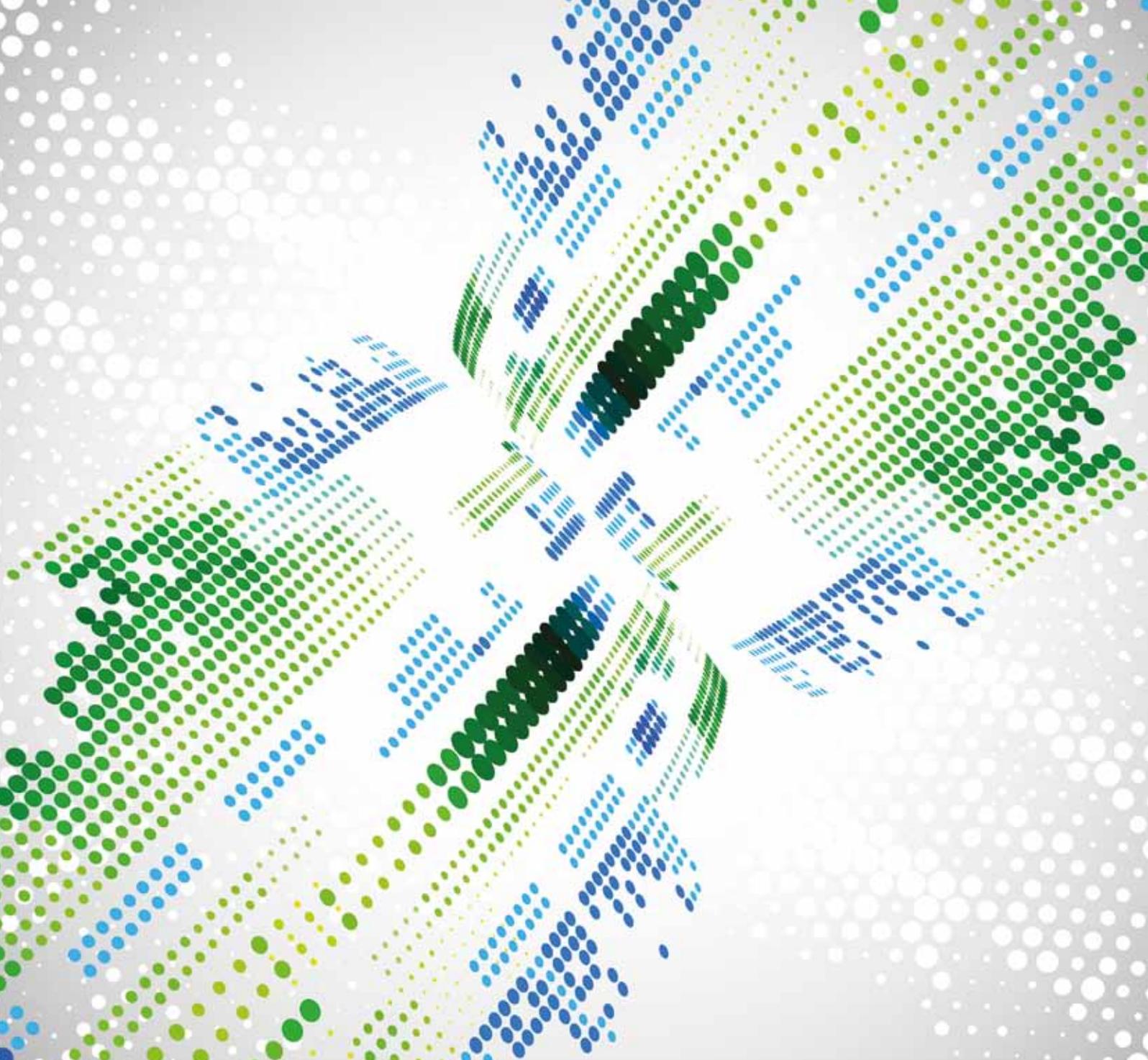
HAL Id: hal-01190008

<https://hal.science/hal-01190008v1>

Submitted on 29 Apr 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ASIRPA

ANALYSE DES IMPACTS DE LA RECHERCHE PUBLIQUE AGRONOMIQUE
Rapport final



INRA
SCIENCE & IMPACT

Membre fondateur de



TABLE DES MATIÈRES

1• Introduction : origine, contexte et objectif du rapport.....	2
1•1 La question et le contexte de la demande.....	2
1•2 Les différents objectifs de l'analyse d'impact	2
1•3 Démarche et organisation du rapport	3
2• L'évaluation <i>ex post</i> des impacts de la recherche dans la littérature	5
2•1 Principales approches pour l'évaluation des impacts de la recherche	5
2•2 Les difficultés des méthodes actuelles soulignées dans la littérature.....	5
3• Présentation de la méthode Asirpa	6
3•1 Les fondements de l'approche Asirpa.....	6
3•2 La sélection des études de cas.....	6
3•3 La méthode d'étude de cas standardisée.....	9
3•4 Des études de cas aux méta-cas.....	14
3•5 Méthode d'analyse transversale.....	16
4• Caractérisation et mesure des impacts des recherches de l'Inra	16
4•1 Productivité et durabilité de l'agriculture et de la forêt.....	17
4•2 Environnement- Gestion durable des ressources.....	18
4•3 Alimentation, industries agroalimentaires, et transformation non agricole.....	20
4•4 Politiques publiques	21
5• Analyse des mécanismes qui génèrent les impacts de la recherche	24
5•1 Analyse en coupe.....	24
5•2 Analyse typologique	28
6• Conclusion, prolongements et recommandations	34
6•1 L'analyse de l'horizon temporel.....	34
6•2 Les enseignements d'une approche centrée sur les chemins d'impact, l'analyse de la contribution de l'Inra et des synergies entre acteurs	34
6•3 La diversité des situations et dimensions d'impact	35
6•4 L'analyse de l'impact comme éclairage de la politique de recherche	35
7• Glossaire.....	37
8• Liste des abréviations.....	39
9• Références	40
10• Annexes	42

Pendant longtemps, les travaux visant à mesurer les impacts de la recherche hors de la sphère académique se sont centrés sur les impacts économiques d'une innovation donnée, essentiellement *via* l'évaluation du retour sur investissement des fonds alloués à la recherche ayant permis le développement de cette innovation. Au-delà de la difficulté intrinsèque d'attribuer à telle recherche ou à tel acteur l'adoption et la diffusion de telle innovation, et du problème posé par le décalage temporel entre la recherche et la production des impacts, il est clair que les retombées de la recherche pour la société ne se réduisent pas aux seuls effets économiques.

Le projet Asirpa a été lancé avec l'ambition de proposer une méthodologie pour analyser dans sa diversité les impacts socio-économiques de la recherche agronomique conduite au sein d'un organisme public finalisé tel que l'Inra. Le projet visait également un objectif opérationnel, puisque la démarche proposée devait être appliquée concrètement à l'Inra de façon à apprécier les impacts des recherches qui y sont menées.

Au cours de trois années de recherche, l'équipe Asirpa a construit une approche d'évaluation fondée sur la réalisation d'études de cas standardisées, adaptée à différentes échelles (département, institut), conciliant analyse qualitative et quantitative des impacts des recherches selon cinq dimensions d'analyse (économique, environnementale, politique...) Mobilisant trois outils analytiques (le chemin d'impact, la chronologie et le vecteur d'impacts), cette approche est apte à rendre compte des impacts et de la contribution spécifique de l'Inra et se révèle riche en enseignements sur les mécanismes générateurs de ces impacts. La démarche a été utilisée avec succès par les départements de recherche de l'Institut. Une analyse transversale des 30 études réalisées à ce jour a permis de construire une typologie de cinq familles de chemins d'impact caractéristiques de l'Institut. Le présent rapport démontre la pertinence des études *ex post* pour permettre à un organisme finalisé de mieux connaître l'impact de ses recherches, et de favoriser les échanges avec les chercheurs et les partenaires autour de cette question.

Citation de ce rapport :

Colinet L., Joly P-B., Gaunand A., Matt M., Larédo P., Lemarié S., 2014. ASIRPA – Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique. Rapport final. Rapport préparé pour l'Inra. Paris, France

Conception et réalisation : P. Inzerillo - Inra/UCPC / Photo : © Fotolia

1

Introduction : origine, contexte et objectif du rapport

1-1 La question et le contexte de la demande

L'évaluation des impacts¹ de la recherche est une préoccupation ancienne, les premières tentatives datant des années 1950. La recherche agricole a alors été le support de travaux pionniers, notamment ceux de l'économiste nord-américain Zvi Griliches (1958) qui mit en œuvre des méthodologies originales pour évaluer les rendements économiques des recherches sur le maïs hybride aux États-Unis. De nombreuses études, notamment dans les pays anglo-saxons, ont depuis évalué les taux de retour sur les investissements en recherche agricole en se plaçant le plus souvent à l'échelle d'un pays.²

Cependant, jusqu'à une période récente, les organismes publics de recherche n'ont généralement pas mis en place de dispositifs et de méthodes permettant d'évaluer systématiquement leurs impacts socio-économiques*. Sans doute tenait-on pour évident que l'accroissement du stock de connaissances est un bien en soi et qu'il génère *in fine* des effets positifs sur la compétitivité, la croissance et l'emploi.

Depuis la fin des années 2000, l'évaluation des impacts est impérative dans bon nombre de pays. Cette nouvelle donne tient à la remise en cause de la représentation dominante du processus d'innovation comme un schéma linéaire reliant par une série d'étapes ordonnées recherche fondamentale et développement industriel, mais également à la diffusion des règles du « nouveau management public » (qui imposent une orientation des crédits en fonction d'une performance mesurée), et aux restrictions qui pèsent sur les finances publiques.

Au regard de cette demande, il existe dans la littérature un corpus de travaux académiques proposant des méthodologies pour l'évaluation des impacts socio-économiques de la recherche, parmi lesquelles aucune ne se détache ou ne fait l'unanimité, en partie du fait que la notion d'impact recouvre de multiples significations, et que ces évaluations sont conduites avec des objectifs et des intentions politiques très divers. De nombreuses études ont ainsi mis en évidence un fossé entre les approches des travaux académiques et les méthodes d'évaluation des impacts utilisées en pratique (Ruegg & Feller 2003).

C'est dans ce contexte, suite à la première évaluation de l'Inra par l'AERES en 2009, que la direction générale de l'Inra a mis en place le projet Asirpa visant à concevoir une approche pour l'évaluation des impacts des recherches de l'Institut. Ce projet a commencé en janvier 2011.

1-2 Les différents objectifs de l'analyse d'impact

L'évaluation des impacts de la recherche peut se justifier par trois grandes raisons :

- une finalité d'apprentissage interne* : l'évaluation permet de mieux comprendre les mécanismes* qui génèrent l'impact, de mieux concevoir et évaluer l'efficacité des programmes de recherche et des mesures ou dispositifs mis en place pour produire des impacts. Elle doit donc permettre de renforcer une culture partagée de l'impact au sein de l'organisme ;
- l'obligation de reddition de comptes : pour l'heure, l'obligation légale de rendre compte des performances des budgets consacrés à la recherche n'existe que rarement (par exemple aux États-Unis, dans le cadre du *Governance Performance and Results Act* de 1993), mais les pratiques d'évaluation se systématisent et s'organisent dans de nombreux pays : Le *Research Evaluation Framework* ou REF au Royaume-Uni est le seul référentiel d'évaluation unifié de la qualité des recherches imposé à une échelle nationale qui requiert de la communauté des chercheurs qu'elle prouve ses impacts socio-économiques. Le processus d'évaluation des établissements supérieurs d'enseignement et de recherche britanniques selon le nouveau référentiel du REF s'achèvera en 2014. D'autres pays ont mis en place des référentiels nationaux, souvent plus souples, comme aux Pays-Bas (Standard Evaluation Protocol SEP), ou bien en Australie, au Canada, etc.
- la réponse aux questions des parties prenantes : c'est notamment le cas pour la recherche finalisée qui peut cibler des bénéficiaires spécifiques ; il est alors opportun d'évaluer les impacts afin de démontrer que la recherche apporte effectivement des avantages à ces bénéficiaires. Les méthodes retenues sont souvent dépendantes des objectifs de l'évaluation et de la nature des questions posées (Georghiou & Roessner 2000). Par exemple : si la finalité de l'évaluation est l'apprentissage interne, on choisira des méthodes qualitatives permettant de comprendre les mécanismes ; pour la reddition de comptes, on privilégiera des méthodes quantitatives ; selon la nature des questions des parties prenantes, on développera des approches *ad hoc*, combinant à la fois des outils quantitatifs et qualitatifs.

Le projet Asirpa a cherché à concilier ces trois objectifs de l'évaluation d'impacts, en proposant une approche permettant à la fois de rendre compte des impacts de la recherche et d'en expliquer les mécanismes.

• Les caractéristiques des recherches de l'Inra et ses implications pour l'analyse d'impact

L'Inra est un organisme public de recherche finalisée. Sa recherche procède de plusieurs missions : production de connaissances scientifiques, conception d'innovations, expertise, formation, contribution au débat science/société. Ses recherches doivent donc contribuer non seulement à la production de connaissances scientifiques mais aussi à leur application dans des domaines ciblés et interconnectés (Agriculture, Environnement, Alimentation), à travers la production d'innovations.

Plus spécifiquement les missions de l'Inra, définies par les lois sur la recherche de 1982 et 2006, sont comparables à celles de tout organisme de recherche public français :

- produire et diffuser des connaissances scientifiques ;
- concevoir des innovations et des savoir-faire pour la société ;
- éclairer, par son expertise, les décisions des acteurs publics et privés ;
- développer la culture scientifique et technique et participer au débat science/société ;
- former à la recherche et par la recherche.

La diversité des missions de l'Institut renvoie pour ses recherches, à des catégories de « produits », à des bénéfices attendus, et à des publics destinataires de ces produits très différents : acteurs économiques, pouvoirs publics, milieux associatifs. Elle justifie que, à la différence de ce qui est fait le plus souvent, on ne se limite pas à l'analyse des impacts économiques.

L'évaluation des impacts de l'Inra doit également prendre en compte les domaines d'application des impacts de la recherche agronomique, qui se sont fortement diversifiés au fil des années. La recherche agronomique a pour vocation de servir outre le monde de l'agriculture, celui de l'environnement et de l'alimentation, ce qui signifie une diversité de bénéficiaires et de parties prenantes. L'Inra a des responsabilités vis-à-vis d'acteurs et d'activités inscrits dans des milieux qui se distinguent par : leurs formes d'organisation et notamment les structures collectives de recherche et d'intermédiation (les centres techniques en particulier, mais aussi des coopératives ou des organisations de producteurs) ; leur composition (rôle des PME, présence de grands groupes à forte capacité de RD) ; leurs espaces de pertinence (du territoire local à l'espace global) ; leurs formes de régulation des activités (réglementations de mise sur le marché, réglementations environnementales, propriété intellectuelle) et leurs normes d'évaluation des résultats (institutions et standards de jugement). Selon les domaines d'application, les attentes des parties prenantes vis-à-vis de l'Inra, les partenariats disponibles, les processus qui génèrent les impacts, et les contributions nécessaires de l'Inra, par exemple pour la structuration* du milieu de diffusion sont très différents.

La variété des domaines d'application se traduit évidemment dans les domaines de recherche de l'Institut : les sciences biologiques sont au cœur des activités de l'Inra, la recherche qui y est développée s'appuie sur un grand nombre de disciplines scientifiques et de domaines technologiques, y compris les sciences humaines et sociales. Dans la perspective d'analyse des impacts, les domaines de recherche concernés se limitent rarement à des champs disciplinaires, la recherche orientée vers la résolution de problèmes étant en général interdisciplinaire.

La recherche de l'Inra a donc pour vocation de servir une diversité de domaines et de missions, notion qui embrasse une diversité de cibles* concernées par l'impact, mais également de partenaires académiques ou socio-économiques, et donc de contextes d'action et de mécanismes de transfert. Ainsi, lorsque les recherches de l'Inra débouchent sur des innovations, l'Inra est rarement le seul contributeur, l'innovation résultant des activités d'acteurs multiples, publics comme privés.

Ces caractéristiques des recherches de l'Institut ont des implications cruciales concernant l'approche Asirpa. L'approche proposée doit ainsi considérer explicitement la variété des dimensions* d'impacts

possibles : économiques, sociaux et territoriaux³, politiques, environnementaux et sanitaires. Mais il est également nécessaire d'analyser l'impact dans un ensemble de situations qui représente correctement cette diversité (dès lors que l'on a pour objectif de favoriser l'apprentissage interne et de répondre aux questions/attentes des différentes parties prenantes).

1-3 Démarche et organisation du rapport

En tenant compte de ces défis, le projet Asirpa avait une ambition méthodologique et opérationnelle :

- méthodologique, parce qu'il s'agissait de proposer une approche pertinente et fiable permettant l'analyse des impacts d'un organisme de recherche ;
- opérationnelle, car il ambitionnait de tester cette approche sur l'Inra afin de fournir les éléments pour l'auto-évaluation de l'Institut en vue de sa prochaine évaluation.

Ce projet s'est déroulé en deux temps. Au cours des deux premières années (2011-2012), l'équipe Asirpa a conçu l'approche et l'a testée sur un ensemble de situations choisies dans un objectif de mise au point des méthodologies. L'approche a été validée par un conseil scientifique international et elle a été présentée et débattue lors d'un colloque international organisé par l'Inra en novembre 2012.

La seconde phase (2013-2014) a été consacrée à la consolidation de l'approche et à son transfert au sein de l'Inra. La direction générale a proposé à ses départements de recherche d'utiliser l'approche Asirpa à l'occasion de leur évaluation quinquennale par un comité international, pour préparer la partie « impact » de leur rapport d'auto-évaluation. La plupart des départements concernés ont ainsi eu recours à cette approche, ce qui a permis de : (i) consolider l'approche ; (ii) enrichir le portefeuille d'études de cas disponibles pour une analyse transversale* comparative ; (iii) tester la faisabilité du transfert et la pertinence de la méthode au regard d'enjeux d'auto-évaluation quinquennale.

Cette seconde phase est essentielle dans une perspective de pérennisation de l'approche à l'Inra. L'expérience des organismes de recherche qui ont mis en œuvre des approches d'évaluation de leurs impacts montre en effet que celle-ci nécessite une production intensive de données. C'est le cas par exemple de l'organisme brésilien pour la recherche agronomique (Embrapa) qui a initié le recueil de données il y a plus de 20 ans : chaque année, les centres régionaux analysent l'impact dans les différentes situations considérées comme les plus significatives. L'Embrapa suit ainsi une centaine de technologies/applications, générant un volume suffisant de données pour rendre compte de l'impact de l'organisme. Sans en avoir fait son modèle, l'approche Asirpa est comparable à la démarche brésilienne en ceci que sa pérennisation repose

¹ Les termes suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire, p.37.

² Voir Evenson 2001 et Alston *et al.* 2009 pour des synthèses de ces travaux.

³ La dimension d'impact territorial peut inclure des enjeux économiques, environnementaux, politiques... mais très régionalisés, liés aux spécificités locales.

ENCADRÉ 1

FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET ASIRPA

Le projet Asirpa a débuté en janvier 2011. Il a été conduit par des chercheurs de deux unités de l'Inra (UR SenS à Marne-la-Vallée et UMR GAEL à Grenoble), en collaboration avec l'Institut Francilien Recherche Innovation Société (IFRIS).

Il a mobilisé 5 chercheurs et 2 chargées de mission :

- Laurence Colinet, Secrétaire générale du Conseil scientifique de l'Inra (coordinatrice du projet)
- Ariane Gaunand, Chargée de mission, Inra GAEL (2011-2014)
- Amandine Hocdé, Chargée de mission, Inra SenS (2011-2012)
- Pierre-Benoît Joly, Directeur de recherche, Inra SenS – IFRIS (coordinateur du projet)
- Philippe Larédo, Directeur de recherche, LATTIS – IFRIS et Professeur, Manchester University
- Stéphane Lemarié, Directeur de recherche, Inra GAEL
- Mireille Matt, Directrice de recherche, Inra GAEL

Le projet a été piloté par un comité composé de responsables de l'Inra, du Cirad et du CNRS :

- Marc Barbier, Directeur de recherche, Directeur d'unité Inra-SenS, Inra
- Danielle Barret, Chef de projet déléguée Recherche et Stratégie, animatrice du groupe « Impact », Cirad
- Hervé Guyomard (président), Directeur scientifique Agriculture, Inra
- Edith Legouy (2012-2014), Directrice de la Délégation à l'Évaluation, Inra
- Pascal Petit, Chercheur émérite CNRS, attaché au CEPN, coordinateur projet « Europe et monde 2030 »,
- Jean-François Quillien, Directeur de la Délégation au Partenariat avec les Entreprises, Inra
- Bertrand Schmitt, Directeur de la Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Études, Inra
- Ludovic Temple, Directeur de recherche, UMR Innovation, coordinateur du groupe « Impact », Cirad
- Elisabeth de Turckheim (2011-2012), Chargée de mission auprès de la Direction générale, Inra

Le projet Asirpa s'est appuyé sur les avis d'un Conseil scientifique international qui a validé l'approche proposée. Ce Conseil comprend de grands spécialistes académiques sur les impacts de la recherche :

- Irwin Feller, Director of the Institute for Policy Research and Evaluation (IPRE) and professor of economics at the Pennsylvania State University (Penn State) (Chairman of the Committee)
- Barry Bozeman, Regent's Professor of Public Policy, Georgia Institute of Technology
- Jeremy Foltz, Associate Professor of Agricultural and Applied Economics at the University of Wisconsin – Madison
- Luke Georgioui, Vice-President for Research and Innovation at the University of Manchester and Professor of Science and Technology Policy and Management at the Manchester Institute of Innovation Research, Manchester Business School, University of Manchester

Le Conseil associait également deux responsables de grandes organisations de recherche agronomique :

- Christiane Deslauriers, General Director of Scientific Policy and Planning at Agriculture and Agri-Food Canada
- Huub Loffler, Director of Wageningen International

sur la production régulière d'évaluations d'impact selon un modèle standardisé. Cela suppose que l'évaluation d'impact soit intégrée au fonctionnement de l'organisation. L'expérience de transfert aux départements montre qu'une telle intégration est réalisable.

Le présent rapport vise à présenter l'approche Asirpa et les principaux résultats obtenus. Après avoir évoqué les caractéristiques essentielles des méthodes d'évaluation des impacts de la recherche (section 2), nous présentons les fondements, l'architecture et la méthodologie de l'approche développée par Asirpa (section 3). Les résultats

de l'analyse des cas concernant l'Inra sont ensuite exposés dans les deux sections suivantes. La section 4 est consacrée à la caractérisation et à la mesure des impacts de la recherche de l'Inra, conduite à partir de la trentaine d'études de cas réalisées. La section 5 est centrée sur l'analyse de la contribution* de l'Inra à la réalisation des impacts ; elle est basée sur une analyse transversale des études de cas qui permet d'une part, d'affiner la connaissance des mécanismes qui génèrent les impacts, et d'autre part, de proposer une typologie des chemins d'impact. ■

2

L'évaluation *ex post* des impacts de la recherche dans la littérature ⁴

Il existe de très nombreuses méthodes d'évaluation des impacts de la recherche. La plupart d'entre elles concernent l'impact de la recherche sur la science. De nombreuses ressources existent à cette fin : les bases de données et les outils scientométriques développés depuis les années 1960, les revues spécialisées, les sociétés savantes...

Il en va différemment pour les autres impacts (économiques, environnementaux, politiques, sanitaires...) qui sont l'objet de cette étude. Afin de positionner l'approche Asirpa, nous mentionnons brièvement les principales méthodes d'évaluation *ex post*^{*} des impacts de la recherche et leurs principales limites et difficultés.

2.1 Principales approches pour l'évaluation des impacts de la recherche

Les méthodes existantes d'évaluation des impacts de la recherche se distinguent classiquement en deux familles (Ruegg & Feller 2003 ; Heisey *et al.* 2010 ; Ruegg & Jordan 2007).

Une première famille rassemble les approches économiques standard dont l'objectif est d'estimer économétriquement l'impact de la recherche sur les gains de productivité et de calculer, sur cette base, le taux de retour sur les investissements en recherche. De nombreux travaux de ce type ont été réalisés sur l'agriculture (Alston *et al.* 2009). Ces travaux nécessitent de disposer de séries temporelles suffisamment longues, compte tenu des délais entre l'investissement en recherche et son impact sur la production agricole. Une difficulté importante dans ce type d'analyse est de bien prendre en compte les interactions internationales, l'investissement en recherche d'un pays pouvant contribuer à des gains de productivité dans un autre pays. Dans le cas agricole, ces travaux concluent très souvent que les taux de retour sur la recherche sont très importants. Une limite de ce type d'approche est qu'elle se situe à un niveau d'agrégation très élevé, considérant d'une certaine manière la recherche comme une « boîte noire », ce qui ne permet pas de dégager de conclusions quant à l'impact de certains projets ou domaines de recherche, ou de tirer des enseignements sur la façon dont cet impact est généré.

Les approches par études de cas constituent une seconde famille d'approches. L'expression « études de cas » désigne un ensemble très divers de méthodes, le plus souvent qualitatives mais parfois aussi quantitatives (Ruegg & Jordan 2007). On peut distinguer :

- les études de cas descriptives, qualitatives, qui font l'histoire des activités et des réseaux d'acteurs ;
- les études de cas avec mesures d'impact : on ajoute la mesure des effets (par exemple le surplus économique*) à l'étude descriptive.

Ces deux familles d'analyse sont complémentaires. Les premières se situent généralement à un niveau d'agrégation élevé (le pays, le secteur ou le sous-secteur), sont essentiellement quantitatives et focalisées sur l'impact économique. Les approches par études de cas sont celles qui sont le plus utilisées en pratique. Mais si elles permettent une compréhension fine des phénomènes, il n'est généralement pas possible de tirer d'un ensemble d'études de cas des enseignements à un niveau d'agrégation plus élevé (une organisation, un secteur). Pour dépasser cette limite, il est nécessaire de standardiser les méthodes d'analyse et de production des études de cas. Une telle approche est adoptée par différents organismes de recherche, par exemple l'Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) et le CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2010).

2.2 Les difficultés des méthodes actuelles soulignées dans la littérature

La littérature scientifique pointe trois grandes difficultés ou limites de ces deux familles de méthodes, lorsqu'elles abordent les impacts socio-économiques de la recherche :

- le décalage temporel entre les recherches et la matérialisation des impacts est souvent très important, estimé à plus de 30 ans pour la recherche agronomique (Alston *et al.* 2009). Si ce décalage ne pose pas de problème méthodologique pour l'évaluation, sa prise en compte influence fortement les résultats des études de rendement des investissements dans la recherche. Mais plus fondamentalement un tel décalage est un frein à la prise en compte des impacts socio-économiques dans le calendrier actuel (revues quinquennales) des évaluations d'organismes ou de programmes ;
- les méthodes s'inscrivent généralement dans un cadre d'évaluation qui a pour objectif d'attribuer le résultat à l'action de tel ou tel intervenant. Or, l'impact de la recherche est le résultat de l'action d'une multitude d'acteurs, de recherche ou non, qui font circuler la connaissance ou la transforment pour en faire un produit ou un service nouveau sur un marché (Chesbrough 2006 ; Callon 1992). Toute mesure d'impact ne peut donc pas être attribuée à un acteur, si important qu'il ait été son rôle, mais bien à un réseau d'innovation dans son ensemble ;
- les méthodes d'évaluation des impacts de la recherche sont généralement conçues pour l'évaluation des impacts économiques et s'appuient sur des données macroéconomiques interannuelles et très agrégées, elles peinent à prendre en compte la diversité des impacts socio-économiques qui peuvent découler de la recherche (impacts environnementaux, sociétaux, politiques, territoriaux, nutritionnels...).

⁴ Pour une revue de la littérature qui a été utilisée pour construire l'approche Asirpa, voir Colinet *et al.* 2013.

Il faut également souligner que les méthodes utilisées en pratique sont essentiellement conçues pour l'évaluation de projets ou de programmes inscrits dans un horizon temporel limité. Or, la question du délai entre l'investissement dans de la recherche et la cristallisation éventuelle de la connaissance produite dans des impacts socio-économiques est un problème bien documenté dans la littérature. Cette considération entre la temporalité investissements et de la recherche donne naissance à ce que L. Georghiou dans ses travaux

sur l'évaluation des impacts des politiques d'innovation (Georghiou *et al.* 2002 ; Georghiou & Clarisse 2006) a dénommé, après d'autres, la « project Fallacy »*, un terme ramassé dont la traduction française la plus proche est « l'aspect illusoire de la forme projet », et qui consiste à attribuer au dernier financement les résultats qui n'ont été rendus possibles que par les investissements construits dans la durée. Dans la plupart des cas, il faut une succession d'aides de court terme pour que des résultats significatifs émergent. ■

3

Présentation de la méthode Asirpa

3.1 Les fondements de l'approche Asirpa

La méthodologie Asirpa, conçue par l'équipe du projet, repose sur une approche par études de cas standardisées*, conjuguant analyse qualitative et analyse quantitative. Les avantages en sont les suivants :

- L'analyse qualitative est processuelle et contextuelle : les processus de génération des impacts à partir des investissements en recherche sont analysés en tenant compte des effets du contexte dans lequel s'inscrit l'étude de cas. Cette approche a trois bénéfices potentiels en permettant de : (i) identifier et comprendre les mécanismes qui génèrent l'impact ; (ii) expliquer la contribution spécifique de l'Inra dans les changements observés⁵ ; et (iii) raconter le cas sous forme d'une histoire qui permet d'en saisir sa singularité ;
- pour chaque étude de cas, l'analyse quantitative permet de prendre en compte les impacts dans les différentes dimensions considérées (économique, environnementale, sociale, politique, territoriale...). L'hypothèse sur laquelle nous nous appuyons est que si un impact (quel qu'il soit) est important, il est probable que les acteurs impliqués, et notamment les bénéficiaires, aient développé des descripteurs spécifiques pour le mesurer. Même si cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée dans les faits (les descripteurs existent souvent, mais pas toujours les mesures), nous portons une grande attention aux indicateurs proposés par les bénéficiaires dans la mesure où ils donnent une indication sur les effets qui sont importants à leurs yeux ;
- l'approche par étude de cas peut être mise en œuvre à différentes échelles de l'organisation, par exemple pour des départements de recherche ou pour l'Inra dans son ensemble⁶.

La standardisation des études de cas permet de conjuguer les avantages des approches par cas, attentives aux singularités des situations spécifiques et ceux des analyses transversales aptes à identifier des généralités dans les mécanismes en jeu dans ces situations spécifiques. Cette standardisation passe par l'élaboration de concepts, de méthodes et d'un jeu de descripteurs communs. Les contraintes inhérentes à l'approche sont les suivantes :

- la sélection des études de cas doit s'appuyer sur un repérage systématique des cas significatifs en termes d'ampleur des impacts socio-économiques ;
- il est ensuite nécessaire de mettre en œuvre des méthodes qui permettent de passer des études de cas à l'impact à des niveaux supérieurs, notamment celui de l'Inra.

La démarche Asirpa procède d'une analyse des impacts par induction arrière (des impacts observés sur les utilisateurs vers les activités de recherches en amont), au cours de laquelle il s'agit d'identifier la contribution spécifique de l'Inra et ses partenaires, au sein d'un collectif d'acteurs. La démarche se distingue ainsi des approches qui suivent de façon systématique le devenir des recherches dans le temps (analyse d'amont en aval).

Elle permet en principe de conjuguer des visées d'apprentissage interne (qu'est-ce qui distingue les innovations qui ont réussi, de recherches de même nature⁷ qui n'ont pas abouti ?), et des objectifs visant à répondre aux questions des parties prenantes. La capacité à répondre à un objectif de reddition de comptes requiert en plus que l'on passe de l'analyse d'études de cas prises isolément, à l'analyse de l'impact de l'Institut.

3.2 La sélection des études de cas

Afin de pouvoir observer l'ensemble des étapes situées entre l'origine des recherches et les impacts socio-économiques, nous avons choisi de n'étudier que des cas considérés comme des succès. Les études de cas ne pouvant être réalisées qu'en nombre limité, la première contrainte était de choisir des cas dont l'impact supposé est élevé, ou des situations illustratives de familles de cas. La base Zoom des faits marquants des recherches de l'Inra (voir encadré 2) a été mobilisée en support à cette étape. Les 30 cas étudiés à ce jour ont été sélectionnés en deux vagues :

- 14 cas identifiés par l'équipe Asirpa entre 2011 et 2012 en vue de la conception de la méthode d'analyse des impacts ;

ENCADRÉ 2

LA BASE ZOOM DES FAITS MARQUANTS EN APPUI À LA SÉLECTION DES ÉTUDES DE CAS

L'existence d'une base de données rassemblant les « faits marquants » de la recherche de l'Inra permet de proposer une première caractérisation du paysage de l'impact. Chaque année, les départements de recherche de l'Inra font remonter auprès de la Direction générale, les faits marquants de l'année, soit environ 250 fiches, qui concernent soit un fait scientifique, soit une étape de valorisation. Cette base, constituée selon un processus bottom-up, et pour un autre objectif historiquement que l'étude d'impact, offre une image sans doute biaisée de l'Institut. Elle est cependant riche de plus de 3 500 fiches qui couvrent tous les départements, et une très grande diversité de thèmes et de chantiers scientifiques. Ces fiches constituent une base de résultats bien structurée grâce à des champs très instructifs (département, type de sujet, résumé, contenu, points forts, partenaires, brevets, perspectives ou impacts à terme) qui fondent la pertinence de l'analyse de la base Zoom pour notre sujet d'études. Sur un total de 3 589 « faits marquants » enregistrés entre 1996 et 2011, près d'un tiers a trait à des activités qui ont généré ou sont susceptibles de générer des effets sur la société. Ces documents construits pour la communication de l'organisme, ont fait l'objet par l'équipe Asirpa d'une codification en une série de 22 variables décrivant les produits de la recherche (outputs), leurs destinataires et les formes d'impact générées. Une analyse statistique basée sur la méthode de classification PAM (partitionnement autour des médoides) a permis de distinguer sept classes principales. Chacune d'entre elles illustre un modèle d'impact particulier. 42 % des fiches concernent des méthodes au service de la compétitivité des secteurs agricoles, de l'environnement ou de la santé ; 34 % des fiches correspondent à des innovations incorporées dans des objets techniques visant principalement à améliorer la compétitivité des activités agricoles, forestières et agroalimentaires ; 17 % des fiches correspondent à des activités ayant pour finalité première l'expertise en appui à la décision publique ; enfin 7 % des fiches renvoient à des supports comme des collections biologiques ou des banques de données qui contribuent à préserver des options pour le futur dans les différents champs d'intervention de l'Inra.

La base Zoom est un support de sélection des cas dans la mesure où elle liste la plupart des cas « potentiels », elle indique la proportion de cas de chaque type à sélectionner pour représenter fidèlement le paysage d'innovations communiqué par l'Inra, ou corriger certains biais d'affichage. Chaque département de l'Inra a un profil spécifique de fiches au sein de ce paysage institutionnel qui traduit l'image extérieure de sa spécialisation. De même qu'à l'échelle de l'Institut, c'est un support de sélection des cas. Voir l'annexe 1 pour davantage de détails.

- 16 cas identifiés par les départements de l'Inra entre 2013 et 2014 en vue de l'illustration de leur impact dans le cadre de leur autoévaluation.

3.2.1 Les cas sélectionnés par l'équipe Asirpa dans le cadre de la conception de la méthode

La sélection d'une première vague de 14 cas a été fondée sur la classification des faits marquants de la base Zoom⁸, complétée par des entretiens avec tous les chefs de département.

L'heuristique pour le choix des cas prenait en compte les critères suivants :

- pour ne pas sélectionner des cas trop anciens nous avons suivi le standard du système britannique (<http://www.ref.ac.uk/>) qui retient pour l'évaluation des impacts socio-économiques les cas pour lesquels il existe une recherche publiée dans une revue à comité de lecture depuis moins de 15 ans ;

- nous avons cherché à identifier dans la base Zoom et au cours des entretiens avec les chefs de département des cas à fort impact, que l'on peut qualifier de « succès » ;
- compte tenu de l'objectif de mise au point méthodologique, nous avons cherché à disposer de cas qui permettaient de travailler sur une diversité de questionnements, concernant notamment les différentes dimensions de l'impact ;
- nous avons aussi tenu compte de la diversité des domaines scientifiques et technologiques de l'Inra.

3.2.2 Les cas sélectionnés par les départements dans le cadre de leur auto-évaluation

Lors de la finalisation de ce rapport (avril 2014), six départements de recherche⁹ s'étaient portés volontaires pour expérimenter la démarche Asirpa dans le cadre de leur évaluation par un comité international, et en tester la pertinence. Cette expérience fournit également l'occasion d'observer les adaptations des critères de sélection des cas développés par Asirpa (recherches récentes, impacts significatifs, mécanismes variés) que les départements opèrent.

• Les contraintes matérielles

L'exercice de sélection d'un portefeuille de cas par le département est délicat car la production d'une étude constitue un effort conséquent, ce qui en limite nécessairement le nombre. Le choix est également confronté à un problème d'horizon temporel : l'évaluation des départements porte généralement sur une période de 4 ou 5 années, ce qui est trop court pour qu'un impact se matérialise à partir des recherches impulsées en début de cycle. Mais l'étude de cas à fort impact, concernant des recherches plus anciennes, nécessite de pouvoir mobiliser une mémoire ou des données, qui font parfois défaut, pour reconstituer sur une quinzaine d'années le cheminement des actions du département et la genèse au fil du temps des impacts socio-économiques.

⁵ Les études quantitatives de coût/bénéfice butent généralement sur le problème de l'attribution qui nécessite d'estimer la part de l'impact observé qui revient à une organisation spécifique. Comme nous l'avons vu plus haut, cette façon de procéder est contraire aux enseignements des études de l'innovation qui mettent en évidence les complémentarités entre acteurs, et les effets de synergie et les « interactions productives ». L'analyse de la contribution renonce à quantifier la part des différents acteurs. Elle vise à comprendre qualitativement de quelle façon un des acteurs impliqués a participé aux processus qui ont généré les impacts. Sur les enjeux et modalités de l'analyse de la contribution, voir : Spaepen & van Drooge 2011.

⁶ De nombreux organismes de recherche ont d'ailleurs recours aux études de cas, seules ou combinées avec d'autres méthodes, pour illustrer les impacts des recherches qu'ils conduisent ; c'est le cas notamment du BBSRC, de l'université de Wageningen, du CSIRO...

⁷ Par exemple les recherches identifiées dans la base des faits marquants de l'Institut (Encadré 2).

⁸ La base Zoom, maintenue par le département Communication de l'Inra, est composée des 3000 résultats de recherche marquants, distinctions des laboratoires et coupures de presse de l'Inra depuis 1996. Chaque fait marquant est résumé en une fiche décrivant l'innovation, les acteurs impliqués et les impacts potentiels.

⁹ Départements Écologie des Forêts, Prairies et Milieux Aquatiques (EFPA), Microbiologie et Chaîne Alimentaire (MICA), Caractérisation et Élaboration des Produits issus de l'Agriculture (CEPIA), Environnement et Agronomie (EA), Santé des Plantes et Environnement (SPE), Physiologie Animale et Système d'Élevage (PHASE).

• Les motivations stratégiques

Outre la question des moyens, une problématique centrale pour les départements est celle de la pertinence de l'analyse d'impact. Le manager se sent en effet peu concerné par l'objectif de reddition de comptes, qui concerne les retombées de travaux scientifiques relativement anciens, dont il n'a généralement pas eu la responsabilité. Les départements sont par contre très intéressés par l'utilisation des impacts socio-économiques pour l'illustration et le questionnement de leur stratégie actuelle et des choix effectués. Il est ainsi intéressant pour le département d'utiliser les études de cas pour analyser la pertinence de certains choix organisationnels actuels (par exemple en matière de transfert des résultats de recherche) ou la cohérence du dispositif de recherche (thématiques de recherche, investissements en infrastructures, stratégie partenariale).

Ainsi les départements ont généralement choisi des cas qui se situent dans la continuité de ce qu'ils produisent actuellement, et ont cherché à constituer un ensemble équilibré au regard de leurs thématiques de recherche, de la diversité de leur impact et de la valorisation de leurs produits, tout comme des dispositifs qu'ils souhaitent mettre en lumière. La proportion importante des cas dont l'intention de valorisation est politique reflète un biais de sélection des cas par des départements soucieux d'illustrer leur rôle d'éclairage des politiques publiques¹⁰. 16 cas ont ainsi été sélectionnés par les départements.

Les 30 études de cas finalement conduites dans le cadre du projet sont listées dans le tableau 1.

TABLEAU 1 LISTE DES ÉTUDES DE CAS

Titre de l'étude de cas	Titre court
Lutte génétique contre la maladie de la tremblante du mouton	Tremblante
La pomme Ariane	Pomme Ariane
Le bisphénol A	BPA
Stabilisation tartrique des vins par électrodialyse	STED
OGU-Inra : création d'hybrides de colza	OGU
Fertilisation azotée et outils d'aide à la décision	OAD Azofert
Détection, prévention et lutte contre les biofilms : la sonde FS	Sonde FS
Détection, prévention et lutte contre les biofilms : le détergent enzymatique Biorem	Biorem
La sélection génomique des bovins laitiers	Sél gén bovine
Naskéo : création d'une start-up sur la méthanisation des déchets	Naskéo
Fire Paradox : projet européen intégré sur la gestion de feux de forêts	Fire Paradox
La plateforme de recherche en technologies laitières de l'UMR STLO	Plateforme Lait
Expertise Scientifique Collective « Pesticides »	ESCo pesticides
Variétés rustiques et itinéraires techniques économes en intrants	ITK Bas intrants
Plateforme de modélisation de la croissance et des dynamiques forestières	Capsis
Amendement calcaire contre le dépérissement forestier	Amendement frt
Outils de diagnostic pour la certification sanitaire des plants de pomme de terre	Diagnostic PdT
Système d'information sur les sols de France	Infosol
Outils d'aide à la décision pour le secteur des emballages alimentaires	Emballages
Amélioration génétique du pin maritime	Pin maritime
Appui aux politiques de conservation du Saumon Atlantique : Taux Autorisés de Capture	TAC saumons
L'évaluation des effets de doses sublétales de pesticides sur les populations d'abeilles	Abeilles
Élaboration d'une nouvelle méthode d'inventaire des émissions agricoles de N ₂ O	N ₂ O agricole
Protection des arbres et des hommes contre les nuisances des processionnaires du pin	Processionnaires
Série de variétés de platane résistantes au chancre coloré	Platanor
Ecophyto : une politique pour réduire l'usage de pesticides	Ecophyto
Biocontrôle : cas du carpocapse de la pomme	Carpovirusine
Gestion de la pollution d'origine agricole en Bretagne	Nitrates
Facteurs Nod et Myc pour un gain de productivité des cultures	Fac Nod
Climator : impact du changement climatique sur l'agriculture	Climator

3.3 La méthode d'étude de cas standardisée

L'analyse de l'étude de cas se déroule selon un plan de rapport standardisé (voir annexe 2), et recourt à trois outils analytiques complémentaires :

- une chronologie, car il est essentiel de saisir les processus qui génèrent les impacts dans la durée, de repérer les ressources -souvent accumulées dans le temps long- qui sont essentielles pour la réalisation des impacts ;
- le chemin d'impact (« *impact pathway* »*) qui décrit le travail de recherche, le cheminement de la connaissance hors de la sphère académique, sa transformation et son utilisation par les acteurs socio-économiques. Cette analyse joue ici un rôle crucial pour déterminer dans ce processus la contribution spécifique de l'Inra au sein d'un réseau d'acteurs de diverses natures, et le rôle de facteurs contextuels. L'analyse permet également d'identifier les mécanismes critiques entre les différentes étapes ;
- le vecteur d'impact*, composé d'un tableau d'impact et d'un radar, qui permet de prendre en compte les différentes dimensions de l'impact et d'en faire des évaluations qualitatives ou quantitatives, selon l'information disponible.

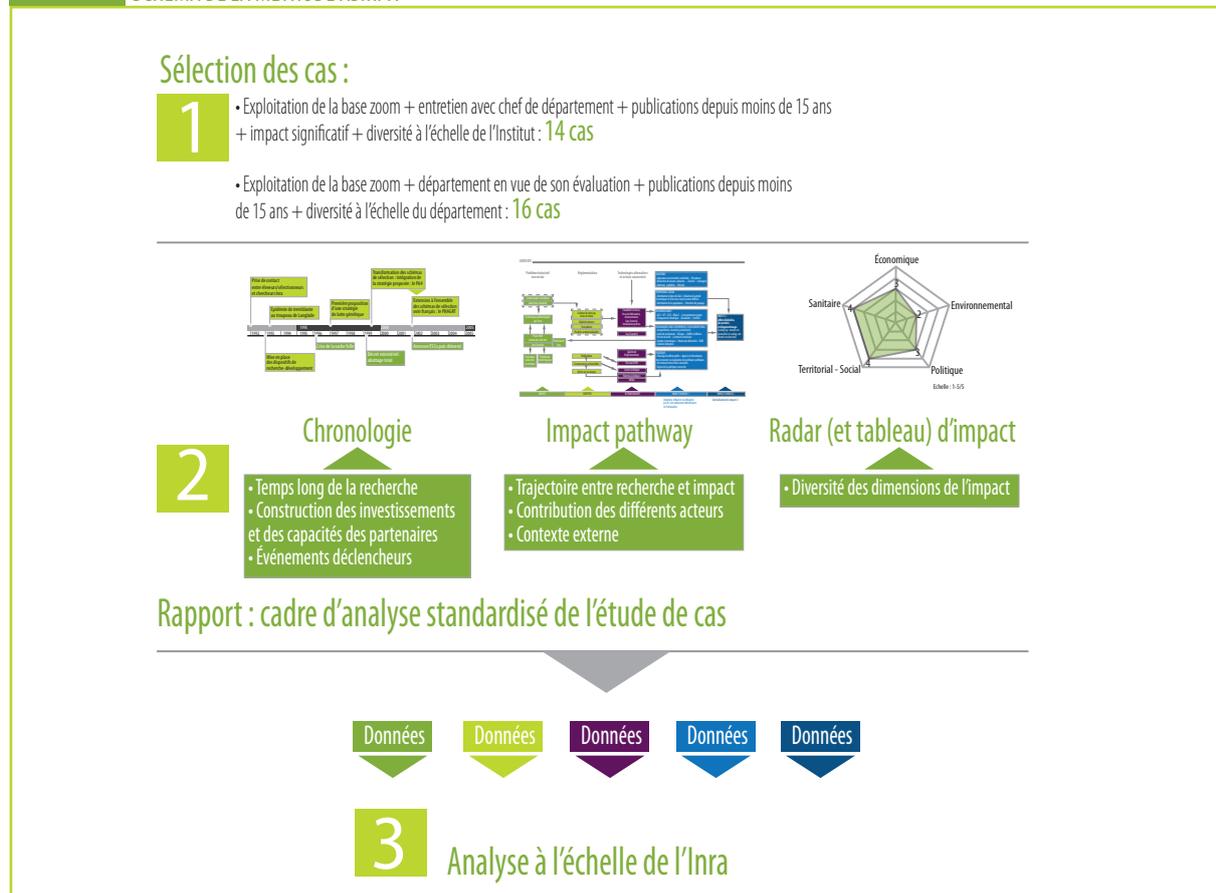
Les grandes étapes de la méthodologie Asirpa sont résumées dans la figure 1. Les chapitres suivants apportent plus de détails sur chacune des composantes de cette analyse.

Les trois outils analytiques que sont la chronologie, le chemin d'impact, et le vecteur d'impact donnent lieu à des visualisations qui ont deux propriétés complémentaires : (i) elles facilitent la communication des principaux résultats ; (ii) elles imposent de réduire la complexité des phénomènes, et d'en faire ressortir les principales composantes dans une schématisation standardisée.

Du fait de la standardisation de l'approche (des rapports et des visuels*), il est possible de relever, dans chacune des études de cas, certaines informations de façon systématique et de les coder. La base de données ainsi constituée permet de conduire des analyses transversales, afin d'une part, d'identifier les grandes caractéristiques de l'impact des recherches de l'Inra, et d'autre part, de produire une analyse typologique.

¹⁰ Le manque de données concernant les effets de certaines recherches environnementales, sociales, économiques, territoriales ou sanitaires (à cause de contraintes de temps, de confidentialité et de dispersion ou absence de données) peut également entraîner une surreprésentation des cas politiques.

FIGURE 1 SCHEMA DE LA METHODE ASIRPA



3-3-1 La chronologie

La chronologie* permet d'analyser la dimension temporelle de l'impact. Elle met en exergue :

- les événements et points d'inflexion*, les changements majeurs du contexte, du réseau d'acteurs ou du bassin de connaissances* (*turning points*) ;
- les engagements longs de collectifs de recherche (apports et retraits des acteurs) et la construction des compétences ;
- les principales étapes de la construction des connaissances et des produits ;
- le rôle des différentes compétences et infrastructures impliquées.

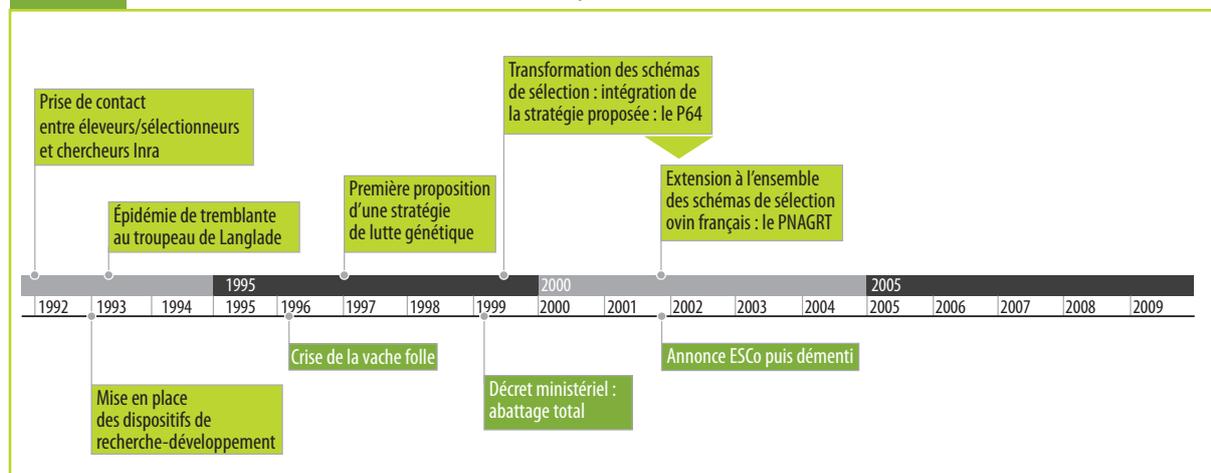
La chronologie, positionnant l'Inra dans le réseau d'acteurs, doit permettre de limiter le risque d'attribution d'un impact à un projet isolé (« project fallacy »), qui constitue, nous l'avons vu, un biais fréquent des exercices d'évaluation (Georghiou *et al.* 2002 ; Georghiou & Clarisse 2006). La chronologie permet de prendre en compte le temps long de la construction des compétences et des savoirs et d'intégrer ainsi dans l'analyse les infrastructures des connaissances (Nightingale 2004). Le choix des frontières (ce qu'on inclut ou pas pour définir l'activité qui a généré l'impact) n'est pas cadré au début de l'étude, et se construit au fil de l'analyse, et des informations apportées par les acteurs concernant les dates les plus importantes pour la compréhension du cas. La date de début de la chronologie peut ainsi correspondre aux premières recherches de l'Inra concernant le sujet de l'étude, ou à un événement contextuel (découverte scientifique, élément de contexte politique ou de préoccupation sociétale). L'exemple de la chronologie du cas Tremblante est présenté dans la figure 2.

La représentation visuelle utilise une légende comprenant deux codes couleurs :

Les événements dans lesquels l'Inra est directement impliqué
Ex : engagement ou désengagement de l'Inra, dépôt de brevet, création d'une cellule partenariats, outputs divers...

Les événements contextuels
Ex : agrément légal, politique réglementaire incitative, arrêté d'abattage, augmentation du prix du blé... 1^{ère} commercialisation par l'entreprise co-productrice de la technologie...

FIGURE 2 EXEMPLE DE LA CHRONOLOGIE DU CAS « LUTTE GÉNÉTIQUE CONTRE LA MALADIE DE LA TREMBLANTE DU MOUTON »



En 1999, dans le contexte de la crise de la vache folle, un arrêté ministériel impose l'abattage de tous les animaux susceptibles d'être atteints de la tremblante, une encéphalopathie spongiforme touchant les ovins et dans une moindre mesure les caprins. Cette maladie animale, connue depuis plusieurs siècles et non transmissible à l'homme, pourrait cacher une « ESB ovine » et faire courir des risques élevés pour la santé humaine. Pour préserver les races locales et leurs atouts socio-économiques, et éviter un abattage massif, les chercheurs de l'Inra et de l'ENVT proposent de mettre en place une stratégie de sélection génétique qui sera appelée Programme 64.

3-3-2 Le chemin d'impact (*Impact pathway*)

L'attribution* d'une part d'un impact observé à un acteur spécifique est l'opération la plus contestable des exercices d'évaluation. L'attribution est d'autant plus problématique que les réseaux socio-techniques qui produisent l'impact sont complexes et que les interactions entre les acteurs sont synergiques, car attribuer une part de l'impact à l'un d'entre eux suppose que leurs actions sont additives.

L'analyse du chemin d'impact (*Impact Pathway*)¹¹ adaptée par Asirpa permet de résoudre le problème en documentant de façon précise la contribution de l'Inra. Le choix qui est fait d'une analyse qualitative de la contribution* de l'Inra aux impacts (plutôt que la recherche de l'attribution d'une part quantifiée de l'impact) est un élément clé de la méthode proposée par Asirpa. La notion de contribution conduit à saisir les différents rôles de l'Inra et à analyser la façon dont ceux-ci contribuent aux mécanismes générateurs d'impact, soit en amont, dans les configurations de production de connaissances scientifiques, ou bien plus en aval, dans le chemin d'impact, pour la diffusion des outputs par exemple.

Par mécanismes générateurs d'impact, nous entendons les opérations de traduction des recherches en impact. Nous utilisons ici la notion de « traduction » au sens de la sociologie éponyme (Callon 1986). Cette notion met l'accent sur l'intéressement des acteurs au processus d'innovation, qui procède par une négociation conjointe de la technique et des intérêts des partenaires concernés. Les opérations de traduction sont nombreuses, aux différentes phases du chemin d'impact : dans les phases amont de l'innovation (par exemple rôle des partenaires extérieurs dans la problématisation et dans la co-production des connaissances) ou dans les étapes de transformation des produits de la recherche en impacts.

La schématisation du chemin d'impact retenue par Asirpa est composée de 5 phases placées dans un contexte global : les inputs ou apports des divers acteurs et la situation productive* ; les outputs ou produits de la recherche* ; les acteurs et dispositifs intermédiaires* qui contribuent à la circulation des outputs ; les impacts 1* sur la première sphère d'utilisateurs ; les impacts 2* issus de la généralisation de l'utilisation des outputs à une échelle spatiale ou une population plus grande.

• Les inputs (intrants) et la situation productive

Les inputs sont les investissements de toute nature consentis par l'ensemble des acteurs impliqués dans les processus de recherche collaboratifs. La démarche Asirpa conduit une analyse très riche des apports des acteurs et prend en compte l'ensemble des compétences, infrastructures, partenariats, réputations, arrangements institutionnels, mobilisés pour la production des connaissances scientifiques et techniques. Aux flux de l'analyse classique s'ajoutent les investissements, les partenariats construits au fil du temps mais aussi la position des recherches par rapport au bassin mondial de connaissances, les formes d'organisation et les interactions entre les différents acteurs impliqués : la « situation productive ». L'analyse de la situation productive permet de comprendre la contribution spécifique de l'Inra, les apports des autres partenaires, et les synergies à l'œuvre.

• Les outputs ou produits de la recherche

Les connaissances produites par la recherche sont incorporées dans des produits, ou outputs, qui peuvent être de diverses natures : académiques (publications, colloques...), techniques (incorporés dans des logiciels, des produits commercialisables... ou intangibles comme des procédés, savoir-faire, formation, expertise...), organisationnelles (base de données, collections). Les outputs peuvent faire l'objet (ou non) d'une protection intellectuelle comme le dépôt de brevet, de savoir-faire, de marque ou de logiciel.

• Les intermédiaires

La circulation des outputs de la recherche, en particulier hors de la sphère académique, réclame des investissements importants qui se situent la plupart du temps en dehors des « activités de recherche » proprement dites et nécessitent l'intervention active d'intermédiaires. Les intermédiaires peuvent être des dispositifs techniques, des structures professionnelles, de conseil, de formation ou de médiation, des systèmes de licences ou de contractualisation, des ressources humaines, des centres techniques, des incubateurs, des administrations ou des médias... Le rôle de l'Inra s'arrête rarement à la production de nouvelles connaissances. L'engagement des chercheurs de l'Institut hors de la sphère académique est parfois important et doit être envisagé comme une contribution supplémentaire de l'Institut aux impacts générés (participation aux processus de normalisation, d'expertise pour faire évoluer les réglementations, de marketing auprès de futurs utilisateurs...).

• Les impacts 1 (généralement appelés outcomes dans la littérature internationale)

Les impacts 1 concernent les effets sur les premiers utilisateurs de l'innovation. La démarche distingue cinq dimensions d'impact : économique, sociale et territoriale, politique, environnementale, sanitaire. Voir en annexe 3 la caractérisation des différentes dimensions d'impacts.

• Les impacts 2

Les impacts 2 sont liés à une adoption généralisée de l'innovation et intègrent les changements économiques, environnementaux, sanitaires, politiques et territoriaux-sociaux qui sont l'ambition ultime du cas. La distinction des impacts d'ordre 1 ou d'ordre 2 correspond surtout à un changement d'échelle. La notion d'impact 2 permet de

capturer les notions d'un déploiement initial de l'innovation autour d'un noyau d'acteurs fortement impliqués, puis d'une diffusion plus large dans un second temps, en sachant que pour passer de l'une à l'autre de ces étapes, il faut que l'innovation se généralise à une large part de l'espace ou de la population visée. Les notions d'impact de niveau 1 et 2 sont également utiles pour tracer les impacts dans la durée. La notion de généralisation qui fait sortir l'innovation du premier cercle des producteurs et des utilisateurs « pionniers » est essentielle pour apprécier les effets sur le long terme. Les impacts 2 s'apprécient sur les cinq mêmes dimensions que les impacts 1.

• Le contexte

Enfin, la démarche Asirpa reconnaît que le contexte dans lequel la recherche et le réseau d'innovation se déploient influent fortement sur sa dynamique. L'évolution du contexte économique (comme le prix du blé), politique (l'influence de lois comme le Grenelle de l'environnement), les normes ou les standards (effet des règlements européens comme REACH), peuvent remettre en cause les anticipations des acteurs et conduire à des redéfinitions fortes du devenir des innovations. L'encadré 3 illustre les étapes du chemin d'impact à travers le cas de la Tremblante.

ENCADRÉ 3

LE CHEMIN D'IMPACT DU CAS « LUTTE GÉNÉTIQUE CONTRE LA MALADIE DE LA TREMBLANTE DU MOUTON »

Inputs : Dans le cas de la tremblante du mouton, la situation productive se caractérise par : (i) une équipe de recherche de l'Inra très reconnue en génétique quantitative, très liée aux organisations d'élevage ovin et à une équipe de pathologie animale de l'École Vétérinaire de Toulouse ; (ii) un travail en partenariat de longue date avec les dispositifs locaux de R&D (notamment le Centre Départemental d'Élevage Ovin (CDEO) des Pyrénées-Atlantiques) ; (iii) un troupeau ovin d'effectif important, unique au monde, qui a permis de produire des résultats robustes sur le polymorphisme génétique de la tremblante.

Outputs : Dans le cas de la tremblante, l'output principal est la stratégie de sélection génétique visant l'augmentation des béliers résistants à la tremblante, conçue et intégrée au sein du programme départemental 64.

Intermédiaires : Dans le cas de la tremblante, le CDEO, maître d'œuvre du schéma de sélection des 3 races locales ainsi que le ministère de l'agriculture dont l'arrêté octroie le statut expérimental aux troupeaux atteints enrôlés dans le P64 sont des intermédiaires majeurs.

Impacts 1 : Dans le cas de la tremblante, l'augmentation (de 20 à 50 %) de la fréquence des allèles de résistance à la tremblante dans le cheptel de Manech à Tête Rousse, évitant un abattage massif des troupeaux, ou encore le maintien des activités économiques et du tissu social dans une zone de montagne ont contribué à 52,6 M€ de pertes évitées (abattage des bêtes, emplois...) entre 2000 et 2020.

Impacts 2 : Dans le cas de la tremblante, l'extension du plan de sélection génétique au niveau national à l'ensemble des races ovines françaises et l'augmentation de la fréquence de l'allèle de résistance chez les béliers d'insémination artificielle d'une part, et la réduction de l'extrême sensibilité à la tremblante dans l'ensemble des races françaises d'autre part, sont des effets liés à la généralisation du P64 à l'échelle nationale.

Contexte : Dans le cas de la tremblante, un élément de contexte principal est la crise de la vache folle en 1999 et la preuve de la transmissibilité de l'ESB aux ovins. La tremblante pourrait cacher l'« ESB ovine ».

¹¹ La méthode est basée sur le modèle d'*impact pathway* du CGIAR Douthwaite *et al.* 2003; Walker *et al.* 2008). Elle est enrichie par une vision itérative des processus d'innovation, c'est-à-dire la possibilité de processus multidirectionnels entre les phases et d'itérations multiples au sein de chaque phase comme entre phases.

Pour chaque phase du chemin d'impact, on identifie les processus de traduction de la connaissance qui sont à l'œuvre et les acteurs qui y contribuent. Cette identification des contributions concerne bien évidemment l'Inra dont le rôle peut être crucial aux différentes phases du chemin d'impact (et pas seulement dans la phase initiale de production de connaissances scientifiques). L'analyse processuelle et contextuelle du chemin d'impact fonde l'analyse qualitative de la contribution de l'Inra à l'impact dans une situation donnée. Conformément aux développements actuels de l'évaluation d'impact, elle permet de substituer l'analyse de la contribution à celle de l'attribution (Spaapen & van Drooge 2011).

L'analyse du chemin d'impact permet en outre d'identifier les mécanismes (ou chaînes d'opérations de traduction) qui génèrent des impacts et de repérer les mécanismes qui sont critiques ou déterminants dans une situation donnée. Les éléments recueillis dans chaque étude de cas peuvent nourrir par la suite des objectifs d'apprentissage par une analyse transversale à l'échelle de l'Institut.

La figure 3 représente la visualisation d'un chemin d'impact fictif composé des éléments récurrents identifiés dans les études de cas (la liste n'est pas exhaustive). Les titres des différentes phases sont stylisés, chaque événement est décrit dans un encadré montrant en général le rôle d'un acteur ou les effets pour un bénéficiaire. Les événements sont liés par des flèches ou des pointillés.

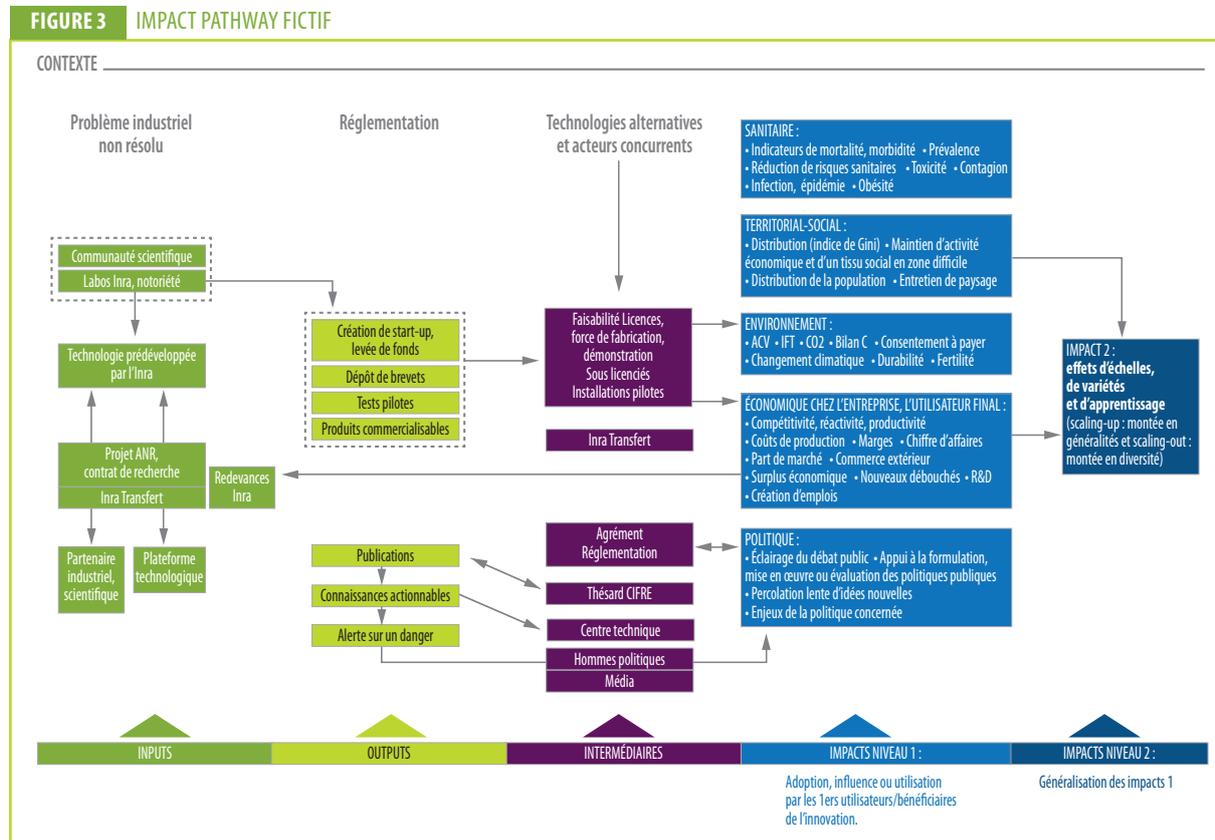
3-3-3 Valuation et évaluation : le vecteur d'impact

La plupart des activités de recherche génèrent plusieurs types d'impact. L'outil vecteur d'impact de la méthodologie permet d'identifier la variété des impacts générés par les activités retenues dans l'analyse du chemin d'impact, de caractériser la manière dont ils s'articulent, et d'établir une hiérarchie et un jugement (quantification).

Pour établir les dimensions d'impact de notre vecteur, nous nous sommes inspirés des pratiques d'autres institutions. Certains axes d'analyse reviennent dans de nombreux référentiels d'évaluations. Qu'il s'agisse du cadre national mis en place pour l'évaluation de la recherche universitaire britannique (le REF) ou des évaluations de programmes de recherche en Australie (notamment le CSIRO, 2010), on retrouve ainsi les mêmes catégories d'impacts non académiques : économiques, sociaux, politiques et environnementaux. Outre ces dimensions thématiques largement partagées dans la sphère internationale, nous avons intégré dans notre vecteur deux autres « attentes sociétales » qui se sont progressivement imposées à l'Inra : la santé et les dimensions territoriales.

Notre vecteur d'impact, composé d'une table descriptive et d'un radar, décrit les impacts générés dans cinq dimensions : économique, politique, environnementale, sanitaire, territoriale-sociale.

Dans une première étape, la table descriptive spécifie pour chaque cas les dimensions d'impact affectées parmi les cinq que nous avons



retenues. Cette table est renseignée à partir des informations documentaires et des entretiens avec les acteurs concernés. Les impacts forts conduisent souvent les acteurs à identifier voire à développer un indicateur de succès : le tableau relève, quand il existe, l'indicateur que les acteurs ont mobilisé pour traduire et mesurer les impacts qu'ils considèrent les plus importants (voir tableau 2). Dans une deuxième étape, l'importance des différentes dimensions d'impacts du cas est exprimée par une échelle ordinale comprenant 5 niveaux : 1 qualifie des impacts très faibles et 5 des impacts très forts. Seuls les impacts initialement considérés comme pouvant être notés au-dessus de 4/5 sont analysés plus finement avec l'objectif de les quantifier, afin de produire une mesure plus robuste.

Une fois la table descriptive renseignée, les impacts sont visualisés sur un radar à cinq branches (voir figures 4 et 5), reprenant l'échelle ordinale définie ci-dessus pour chacune des dimensions. Des impacts potentiels (non observés au moment de l'étude de cas mais anticipés pour le futur, éventuellement si un changement de contexte intervient) peuvent être représentés en transparence sur le radar. La série des radars ainsi constitués pour les divers cas étudiés rend immédiatement perceptible la variété des vecteurs d'impact des différentes activités au sein de l'Inra. La visualisation doit toutefois être utilisée avec précaution, dans la mesure où la surface des différentes branches n'est pas proportionnelle au niveau de l'échelle ordinale.

TABLEAU 2 VECTEUR D'IMPACT : LE CAS DE LA LUTTE GÉNÉTIQUE CONTRE LA TREMBLANTE DU MOUTON

Dimension d'impact	Importance	
Économique	3/5	Maintien de la compétitivité économique des exploitations par évitement de l'abattage de troupeaux. Impact économique fort sur le territoire concerné mais faible au niveau national
Environnementale	2/5	Entretien des paysages et des écosystèmes par le maintien de systèmes d'élevage agro-pastoraux associés à la race Manech à Tête Rousse adaptée localement
Politique	3/5	Assurance pour les politiques publiques : les recherches de l'Inra et de l'ENVT ont permis de proposer des solutions dans une situation de crise, consolidées par la crédibilité scientifique des deux Instituts
Territoriale – Sociale	4/5	Maintien d'activité économique et d'un tissu social en zone fragile. Pertes évitées (abattage des bêtes, emplois directs et indirects) : 52,6 millions d'euros entre 2000 et 2020
Sanitaire	4/5	Augmentation des béliers d'insémination artificielle porteurs des 2 allèles de résistance à la tremblante du gène PrP et diminution des allèles de sensibilité dans l'ensemble du cheptel ovin français

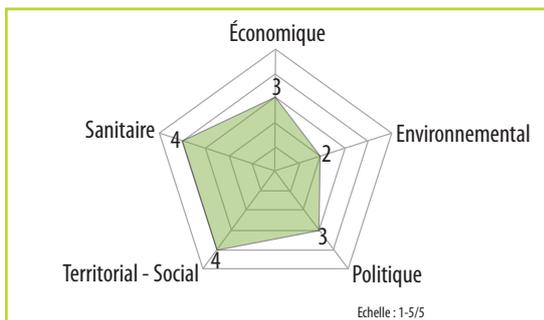


FIGURE 4

RADAR D'IMPACT DU CAS DE LA LUTTE GÉNÉTIQUE CONTRE LA TREMBLANTE DU MOUTON

FIGURE 5 ILLUSTRATION DE LA DIVERSITÉ DES VECTEURS D'IMPACT SUR LA BASE DE 6 ÉTUDES DE CAS



La notation des différentes dimensions s'est faite dans une première étape du projet par consultation des chercheurs et des utilisateurs. Au fil de la réalisation des études de cas, le travail méthodologique concernant les différentes dimensions de l'impact a été affiné. L'objectif est de parvenir pour chaque dimension à une métrologie générique qui permette autant que possible d'objectiver la mesure des impacts. En 2013, le travail a porté sur l'impact économique et sur l'impact politique (Voir annexes 4 et 5).

Pour l'impact économique, nous adoptons une méthode classique basée sur l'évaluation des surplus économiques* et pour laquelle nous spécifions les paramètres à utiliser pour une telle analyse. Le passage de l'évaluation quantitative à la notation se fait en utilisant un barème lié à la dimension de l'effort de recherche de l'Inra.

Pour l'impact politique, nous proposons une procédure de notation basée sur l'analyse des mécanismes qui génèrent l'impact d'une part, et l'importance relative des politiques concernées d'autre part. Il n'existe pas dans la littérature de méthodologie robuste permettant d'objectiver l'importance de l'impact de la recherche sur les politiques publiques (Cozzens & Snoek 2010), ni de métrique générique ou barème permettant de noter les cas sur une échelle de 1 à 5 comme nous nous proposons de le faire pour construire le vecteur d'impact. C'est pourquoi l'appréciation de l'ampleur de l'impact politique a fait l'objet d'un investissement méthodologique (voir la note méthodologique en annexe 4).

Comme le recommande la littérature (Ruegg & Feller 2003) et suivant les préconisations du Conseil scientifique d'Asirpa, ce barème a été établi à partir des avis donnés par un panel d'experts concernant les premiers cas réalisés dans la phase pilote (2011-2012). Ce barème est construit autour de deux axes d'analyse auxquels nous avons souhaité donner le même poids :

- la contribution de la connaissance aux politiques publiques, décomposée en 3 dimensions qui permettent de caractériser la circulation et la mobilisation des connaissances produites : mobilisation dans le débat public ; utilisation dans les politiques publiques ; impact à moyen terme dans la diffusion des idées ;
- l'ampleur de l'enjeu des politiques concernées.

Le barème propose un ensemble de faits observables qui permettent d'attribuer une note en fonction des caractéristiques du cas. La note globale d'impact est obtenue en faisant la moyenne des notes obtenues sur les deux axes d'analyse. Le barème ainsi produit a été utilisé avec succès pour l'autoévaluation par les départements de la dimension politique des cas produits en 2014. Il a conduit à un enrichissement de la réflexion autour de l'analyse de cette dimension d'impact.

La procédure suivie pour l'impact politique semble prometteuse, mais suppose de disposer d'une diversité de cas pour s'assurer de la robustesse, du pouvoir discriminant, et de la signification du barème par rapport à la population de cas concernée. La méthodologie pour la métrologie de l'impact environnemental sera développée en 2014. Le nombre d'études de cas réalisées présentant un impact territorial ou dans le domaine de la santé est réduit et ne permet pas encore d'utiliser cette méthodologie pour ces deux dimensions.

3.4 Des études de cas aux méta-cas

Dans l'approche Asirpa, les cas étudiés ont une unité d'action et un cadre logique : ils ont un début, une fin, mobilisent un ensemble de moyens autour d'un objectif ou d'un problème et ils comprennent différentes phases. Il est alors possible de reconstruire ces différentes phases et d'identifier l'ensemble des acteurs impliqués. L'intérêt d'une telle analyse, basée sur les récits des acteurs et sur l'analyse des traces écrites, est d'établir de façon crédible la contribution spécifique de l'Inra. L'utilisation des outils standardisés de description d'un processus (chronologie, chemin d'impact) dans le contexte spécifique des études de cas est assez évidente. L'analyse se situant à une échelle relativement précise, l'approche Asirpa conduit à identifier et analyser un assez grand nombre de cas, ce qui est un avantage du point de vue de la compréhension des mécanismes qui génèrent l'impact, et de l'illustration de la diversité des impacts.

Néanmoins, ce niveau d'analyse, justement parce qu'il multiplie les cas, peut nuire à la bonne lisibilité globale de l'impact des recherches de l'Inra concernant un domaine d'application particulier. Afin de dépasser cette limite, nous proposons d'introduire la notion de méta-cas*, défini comme un cas qui regroupe un ensemble de cas. La faisabilité de cette analyse a été testée avec l'exemple du méta-cas fertilisation minérale, réalisé en collaboration avec le département Environnement et Agriculture dans le cadre de son évaluation.

Dans le cadre de la phase pilote du projet, nous avons examiné les retombées d'un Outil d'Aide à la Décision (OAD) pour la fertilisation azotée, Azofert. Une approche de méta-cas nous a conduit à changer d'échelle et aborder l'impact de l'Inra sur la fertilisation minérale en France, non seulement pour l'azote mais aussi pour le phosphore et pour la potasse. Cette expérience nous a enseignés qu'il est possible, au prix de quelques modifications¹², d'utiliser la démarche et les outils d'analyse d'Asirpa pour les méta-cas, notamment la chronologie et le chemin d'impact. Le passage des cas aux méta-cas offre des avantages mais présente des inconvénients :

- en se situant à un niveau agrégé, la démarche méta-cas offre une plus grande opportunité d'utilisation de données maintenues à l'échelle nationale, et permet de dépasser l'absence, ou le caractère confidentiel de données concernant des entreprises ou des échelles plus fines. Ainsi dans le méta-cas fertilisation, nous avons pu utiliser l'évolution de l'utilisation des engrais pour l'ensemble de l'agriculture française, et avons eu aisément accès aux données sur l'impact économique car la question est bien documentée par les acteurs (notamment le ministère de l'agriculture et l'association des industries des engrais – Unifa). S'agissant de l'impact environnemental, nous avons pu nous appuyer sur des études existantes concernant les émissions de gaz à effet de serre, mais avons dû renoncer, faute d'avoir trouvé les éléments, à une réflexion concernant les effets sur la qualité des eaux.
- en revanche l'évaluation de la contribution de l'Inra pour ce qui concerne un méta-cas est plus difficile que dans les études de cas conventionnelles, car on ne dispose pas du même niveau de détail et de la même densité de traces écrites¹³. Cependant, l'analyse au grain d'un méta-cas permet d'aborder des aspects de la valorisation qui ne sont pas accessibles aux échelles plus fines, et d'enrichir l'analyse : ainsi dans le cadre du méta-cas, nous avons pu suivre dans le temps

la valorisation diffuse des connaissances et des concepts produits par l'Inra concernant la fertilisation, dont nous ne disposons pas dans l'étude OAD.

- le phénomène de généralisation des impacts (passage de impact 1 à impact 2) n'est appréhendé que grossièrement dans la mesure où les impacts 2 sont les changements observés au niveau de la France et que leur relation avec les impacts 1 (utilisation directe des outputs auxquels l'Inra a contribué par une variété d'acteurs dans des « niches » différentes) n'est pas toujours directe ;
- même s'il est possible d'utiliser les outils d'analyse d'Asirpa, l'hétérogénéité des processus impliqués dans un méta-cas et le niveau d'information ne permettent pas de disposer de la finesse des données nécessaires pour l'intégrer dans l'analyse transversale.

L'approche par les méta-cas est donc complémentaire de celle développée à partir des cas. Elle apporte une vision plus claire des impacts en se focalisant sur des cibles d'importance, significatives sur le plan politique, mais elle est moins riche d'un point de vue analytique. Compte tenu de leur complémentarité, les deux approches peuvent donc être utilisées en routine par l'Inra.

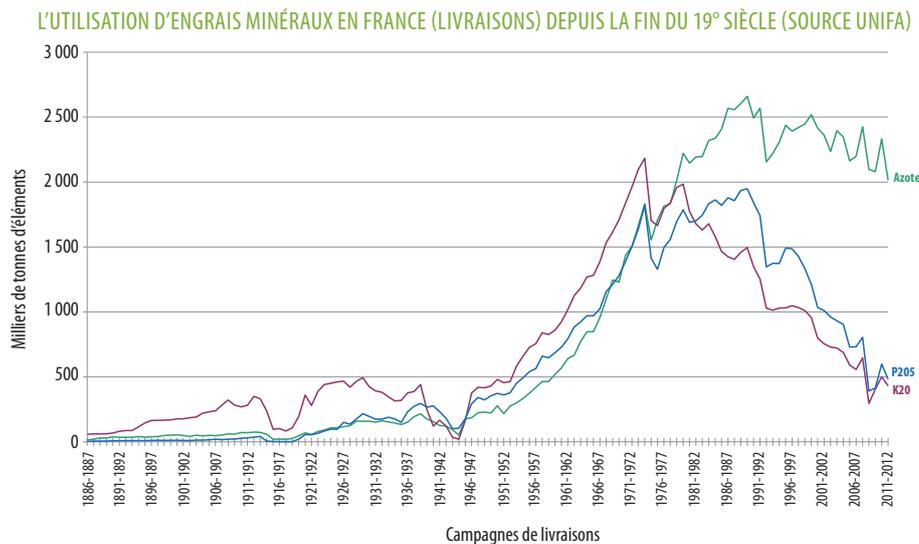
¹² Le méta-cas fertilisation minérale est finalement décrit par deux chronologies et deux impacts pathways distincts pour la fertilisation N d'une part et P-K d'autre part.

¹³ Dans le méta-cas fertilisation, nous ne disposons que d'un cas réalisé (OAD Azofert) et il n'était pas possible de recueillir, dans le cadre temporel que nous nous étions fixé pour la réalisation de l'étude, la même quantité d'information pour le phosphore ou la potasse. Il serait donc en principe possible de corriger cette limite.

ENCADRÉ 4

LE MÉTA-CAS FERTILISATION MINÉRALE EN FRANCE (RÉSUMÉ. VOIR L'ANNEXE 6 POUR DES DÉTAILS)

La fertilisation minérale a été l'un des piliers de la modernisation de l'agriculture depuis la Seconde Guerre mondiale. L'utilisation d'engrais a conditionné une augmentation des rendements sans précédent. Mais celle-ci a un coût relativement élevé (la fertilisation représente 15 % des charges des grandes cultures) et surtout elle a des conséquences environnementales négatives : pollution des eaux de surface, contribution à l'émission de gaz à effet de serre, épuisement d'une ressource naturelle limitée (le phosphore).



Depuis les années 1970 pour le phosphore et la potasse, 1990 pour l'azote, on observe une inversion de la tendance. La réduction de l'utilisation de phosphore et de potasse est très importante (respectivement 66 et 73 % depuis 1988/89), celle de l'azote significative (18 %). Ces baisses tiennent à un ensemble de facteurs, notamment les facteurs économiques (prix relatif des engrais par rapport à celui des produits agricoles), mais elles ont été conditionnées par des connaissances, des outils de diagnostic et des préconisations qui ont accompagné les changements de pratiques. L'Inra a été un acteur majeur de ces changements et continue de jouer un rôle essentiel en partenariat étroit avec les instituts techniques dans le cadre du Réseau Mixte Technologique « Fertilisation et Environnement » qu'il anime.

L'impact économique de cette réduction se chiffre en milliards € si on cumule les économies au cours des 25 dernières années (respectivement 4 milliards pour l'azote, 3 pour le phosphore et 13 pour la potasse). L'impact environnemental, difficilement quantifiable est lui aussi très fort.

La caractérisation et la mesure des impacts est plus facile dans le cas du méta-cas car on peut prendre en compte les changements au niveau de la France, bien documentés par le ministère de l'agriculture et par certains acteurs (par exemple producteurs d'engrais). La question est alors de savoir quelle est la contribution de l'Inra à de tels changements. Pour ce faire, nous avons utilisé les outils d'analyse d'Asirpa (chronologie et chemin d'impact) en distinguant N, d'une part, et P et K, d'autre part. Dans ces deux cas, l'Inra contribue en produisant des connaissances de base, des références techniques, des concepts, mais aussi des outils d'aide à la décision (surtout pour N) qui permettent de réaliser des preuves de concept et qui jouent un rôle essentiel pour le changement des pratiques des acteurs. L'Inra contribue aussi par un rôle très actif d'expertise auprès des pouvoirs publics, au niveau régional, national et européen, à la fois dans la conception des politiques et dans leur mise en œuvre.

3.5 Méthode d'analyse transversale

L'objectif de l'analyse transversale est de mettre en évidence les mécanismes qui expliquent la génération des impacts par l'Inra. Les 30 études de cas représentent chacune une situation spécifique de la diversité des situations dans lesquelles l'Inra opère (technologies, missions, domaines, milieux d'application). On ne peut pas s'en tenir au constat de cette grande richesse de situations. Le but de l'analyse transversale est alors de parvenir, sur la base des connaissances générées dans les études de cas, à une typologie spécifiant un nombre réduit de chemins d'impact types caractérisés chacun par des mécanismes propres. Cette analyse transversale a été réalisée selon la méthodologie suivante.

Dans un premier temps, nous avons codifié les principales données produites dans 29 études de cas¹⁴ dans une base. Ces données portent sur les différentes étapes du chemin d'impact : la situation productive et les inputs, les outputs de la recherche, les intermédiaires, les divers impacts. Chaque étape est détaillée par un ensemble de variables caractérisant plus finement le rôle des acteurs et les produits intermédiaires. Cette démarche de codification a été suggérée par les membres du conseil scientifique et a également été utilisée dans d'autres travaux de conception de typologies d'innovation (Kingsley *et al.* 1996).

Dans un second temps, nous avons réalisé une analyse en coupe* et testé un certain nombre d'hypothèses issues de la littérature en économie de l'innovation. Cette analyse en coupe a pour objectif de caractériser certaines variables des étapes du chemin d'impact et d'en dégager des grandes tendances. Les items analysés portent sur le délai entre une recherche et son impact, le degré d'interdisciplinarité des recherches, la contribution des acteurs (chercheurs Inra et acteurs extérieurs) à la production de connaissances et à la structuration des réseaux d'innovation, la configuration des réseaux de production des connaissances et de diffusion de l'innovation, la diversité des impacts, l'implication de l'Inra dans le processus de maturation* des technologies.

Ce travail a été complété par une revue de la littérature portant d'une part, sur les liens science-industrie et d'autre part, sur le rôle des intermédiaires dans la structuration des réseaux d'innovation (cf. annexe 6). Le premier pan de littérature met en évidence des types de relations entre les deux mondes (science et industrie) caractérisés par des degrés d'implication variés des partenaires extérieurs et produisant des outputs bien spécifiques (brevet, co-production d'une innovation, etc). La littérature sur les intermédiaires souligne la capacité de ces acteurs à surmonter des barrières à l'innovation (réglementaires, accès à un marché...) et à structurer des réseaux. Ces intermédiaires sont variés (Organismes publics de recherche, PME, grandes entreprises, centres techniques) et leur collaboration demeure un point central de la réussite d'un réseau de traduction.

À partir de cette revue de littérature, nous avons réalisé une analyse typologique. Les cas où la recherche impacte principalement les politiques publiques répondent à des logiques spécifiques et sont d'emblée regroupés et analysés dans un type particulier. Pour les autres cas, la typologie est établie en croisant deux axes. L'axe horizontal, « Co-production des connaissances » distingue les cas selon le degré de participation des partenaires non académiques dans la phase de recherche. L'axe vertical mesure le degré de transformation des milieux d'utilisation. Chaque cas est synthétisé par deux notes, ce qui permet de le positionner dans la typologie. Nous obtenons ainsi quatre classes, plus celle incluant les cas politiques. ■

¹⁴ L'analyse transversale concerne 29 des 30 cas complétés à ce jour.

Le cas de la plateforme lait, du fait de son caractère très composite, n'est en effet pas codifiable dans la grille d'analyse transversale que nous présenterons plus tard.

4

Caractérisation et mesure des impacts des recherches de l'Inra

Les trente études de cas réalisées au moment de la finalisation de ce rapport (au 31/05/2014¹⁵) permettent tout d'abord de caractériser et de mesurer les impacts des recherches de l'Inra. C'est l'objet de cette section. Nous proposons ici une présentation des résultats selon les trois grands domaines thématiques de finalisation des recherches de l'Institut: i) la productivité durable de l'agriculture et de la forêt; ii) l'alimentation, les industries agroalimentaires, et la valorisation non alimentaire; iii) l'environnement et la gestion durable des ressources. Les cas où les recherches de l'Inra visent à appuyer les politiques publiques sont regroupés dans un quatrième paragraphe.

Pour chaque grand domaine d'impact, nous résumons les cas étudiés par rapport aux activités de l'Inra et nous présentons l'intensité des

impacts dans les différentes dimensions considérées. Nous résumons ensuite les études de cas afin de restituer la très grande diversité des activités, des mécanismes de génération d'impact et des milieux d'application de l'Institut.

Parmi les cas étudiés, l'impact économique est la dimension où de forts impacts (notes de 4 et 5) sont les plus fréquents, suivie par l'impact environnemental et politique (tableau 3). Les impacts sociaux-territoriaux et sanitaires sont moins représentés, ce qui reflète sans doute la réalité plutôt qu'un biais d'échantillonnage.

Quelques cas constituent la plus grande partie de l'impact économique, notamment le cas de la sélection génomique bovine ou celui

des recherches sur la fertilisation minérale. Dans ces deux cas, l'impact économique cumulé sur une vingtaine d'années est de plusieurs milliards d'euros et la contribution de l'Inra est considérable. On trouve ici une illustration de la forte asymétrie de la distribution des impacts économiques (quelques cas génèrent une grande partie des impacts), également signalée dans la littérature scientifique et les évaluations d'impact conduites dans des organismes de recherche agronomiques (voir Embrapa 2013, ou Maredia & Raitzer 2010 pour le CGIAR), ou dans d'autres domaines d'application.

TABLEAU 3 RÉPARTITION DES NOTES DES CAS SUR CHAQUE DIMENSION D'IMPACT¹⁶

Note /5	Économique	Environnement	Sanitaire	Politique	Territorial-Social
1	13	10	22	14	23
2	4	7	3	5	3
3	6	8	3	6	2
4	3	4	1	3	2
5	4	1	1	2	0
Total cas	30	30	30	30	30

4.1 Productivité et durabilité de l'agriculture et de la forêt

La contribution de l'Inra à la production agricole constitue le cœur historique de l'Institut. Les recherches en génétique y ont occupé une place essentielle et elles ont joué un rôle décisif dans la modernisation des productions végétales et animales. Il n'est donc pas surprenant que

TABLEAU 4 LES IMPACTS DES CAS LIÉS À LA PRODUCTIVITÉ DURABLE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT

Impacts 1 échelle de 1 à 5	Économique	Environnement	Sanitaire	Politique	Territorial-Social
<i>Fac Nod</i>	5	2	1	1	1
Sélection génétique bovine	5	1	1	1	1
<i>Diagnostics PdT</i>	4	1	2	2	1
OGU	4	1	1	1	1
Tremblante	3	2	4	3	4
<i>Pin maritime</i>	3	3	1	1	3
<i>Amendements forestiers</i>	2	4	2	1	1

l'on retrouve dans cette thématique plusieurs cas qui ont des impacts économiques très forts. Mais on trouve aussi des cas qui correspondent à des besoins essentiels pour le maintien d'activités dans des niches spécifiques ou le maintien de la qualité (voir tableau 4¹⁷).

Les cas à très fort impacts (sélection génomique bovin lait, hybrides de colza, facteurs Nod, diagnostics sanitaires des plants de pomme de terre et dans une moindre mesure pin maritime) relèvent principalement de la recherche génétique. L'importance des impacts économiques tient au fait que l'innovation est incorporée dans des « produits » (une variété, une dose d'insémination artificielle, une molécule) ou des outils (tests moléculaires de détection des parasites), qu'elle offre une solution standardisée et qu'elle s'insère facilement dans les ensembles socio-techniques pré-existants.

L'identification, la purification et l'optimisation de la production des facteurs Nod, molécules synthétisées par les légumineuses et contrôlant la nodulation des micro-organismes, a permis l'amélioration de la fixation de l'azote. L'impact économique très fort (5/5) est récent puisque les facteurs Nod, brevetés en 1993 n'ont trouvé de partenaire industriel qu'en 2000. Les facteurs Nod ont permis d'importants gains de rendements (3 à 5 %) sur 3 millions d'hectares de soja américain, ce qui représente un bénéfice cumulé de plus de 1,3 milliard d'euros entre 2004 et 2020. Les facteurs Myc, favorisant la mycorhization, brevetés en 2010, permettront d'améliorer le rendement des non-légumineuses (notamment les céréales), sans apport supplémentaire d'engrais azoté : un impact environnemental important est donc attendu. L'intéressement d'acteurs intermédiaires susceptibles de développer et diffuser largement les applications des facteurs Nod et Myc dans des domaines diversifiés est un mécanisme critique et confère dans ce cas un rôle central à la gestion de la propriété intellectuelle. L'adaptation du cadre réglementaire est également essentielle ; une directive européenne concernant les procédures d'homologation des biostimulants est attendue pour 2015.

La sélection génomique (impact économique 5/5)¹⁸ est une véritable révolution pour les productions animales. Elle se caractérise par une vitesse de diffusion inédite et par une très grande ampleur des impacts directs (remplacement des taureaux testés par descendance par des taureaux évalués par des méthodes génomiques) et indirects (introduction de nouveaux objectifs et critères de sélection, utilisation de nouvelles familles de taureaux, sélection par la voie femelle...). L'importance et la rapidité des transformations des milieux utilisateurs tiennent aux structures partenariales qui s'inscrivent dans une histoire

¹⁵ Le nombre de cas est incrémenté régulièrement compte tenu de l'utilisation de l'approche Asirpa pour l'évaluation de certains départements.

¹⁶ La proportion importante de notes 1 tient à ce que cette note regroupe trois situations différentes : impact très faible, domaine d'impact non pertinent dans le cas étudié ou (principalement dans les cas agroalimentaires) problème d'accès aux données pour documenter l'impact.

¹⁷ En italiques, cas produits par les départements de recherche, disponibles uniquement en anglais. Cette norme est valable pour les tableaux 2, 3, 4 et 5.

¹⁸ Nous utilisons ici le barème proposé dans la méthodologie d'analyse de l'impact économique (annexe 2) : note 5 (>300 M€), note 4 (100-300M€), note 3 (30-100M€), note 2 (10-30M€), note 1 (<10M€).

longue et qui permettent de réaliser de nombreuses opérations de traduction (problématisation, mise en place de plateformes techniques et de structures de valorisation, adaptation de la réglementation...). Selon les hypothèses sur le progrès génétique (+50 % à +100 %), la valeur actuelle nette de la sélection génomique pour les seuls bovins lait est de 1 à 2 milliards € pour la France. Des travaux analogues sont en cours sur les bovins viande ainsi que sur d'autres espèces animales où la sélection génomique n'est pas encore mise en œuvre concrètement.

La technologie de stérilité mâle cytoplasmique (impact économique 4/5) inventée par l'Inra dans les années 1980 a permis de mettre au point des variétés de **colza hybrides** qui ont été largement diffusées dans les années 1990. Le surcoût lié au prix des semences est largement compensé par l'augmentation de rendement compte tenu du très fort taux de multiplication pour cette espèce (1 graine en produit 1 000 en moyenne). La non-concurrence de semences fermières et l'augmentation de la marge sur la vente de semences a attiré des entreprises (semenciers et distributeurs) et provoqué une augmentation de l'investissement privé en recherche. Les mécanismes critiques ayant déterminé le succès d'OGU-Inra sont liés à la production de connaissances interdisciplinaires (biologie moléculaire et cellulaire, génétique végétale), à la fois fondamentales et appliquées, mais aussi à l'intéressement des acteurs intermédiaires déterminant pour la déclinaison de la plateforme technologique en une offre de variétés hybrides diffusables. En effet, la constitution d'un GIE de semenciers partenaires a largement contribué au financement et à l'orientation des recherches ainsi qu'à la diffusion des variétés hybrides. L'effort de structuration de l'offre technologique qui s'est manifesté par la constitution d'un pool de brevets a aussi contribué à l'élargissement du cercle des utilisateurs. Cette innovation génère un surplus économique cumulé en France de 120 à 150 M€ sur la période 1996-2021.

Le cas de la **sélection génétique contre la tremblante du mouton** génère à la fois des impacts politiques, économiques, sanitaires et environnementaux. Cependant, il prend véritablement son sens si l'on considère son caractère territorial. La capacité de l'Inra et de ses partenaires à apporter très rapidement une réponse qui permet d'éviter un abattage massif de troupeaux et la mise en péril de l'équilibre économique d'un territoire fragile, est l'élément fondamental. Le succès relève de la conjugaison de mécanismes liés à la démonstration de la pertinence de connaissances fondamentales sur le déterminisme génétique de la tremblante, à l'incorporation de ces connaissances dans un schéma de sélection, à l'enrôlement d'un partenaire décisif dans la diffusion (le Centre Départemental Ovin des Pyrénées Atlantiques), à la crédibilité scientifique de l'Inra qui a permis d'obtenir le statut d'« élevage expérimental », à la participation des chercheurs dans les agences et instances réglementaires, ce qui a permis de généraliser la solution d'abord mise au point pour la race Manech Tête Rousse. Les pertes évitées liées à l'abattage des bêtes et la disparition d'emplois locaux ont été chiffrées à plus de 50M€ entre 2000 et 2020.

La sélection des variétés de pin maritime (impact économique 3/5) concerne l'essence la plus plantée en France. Un des mécanismes critiques se situe au niveau des recherches, les expérimentations forestières nécessitant des investissements sur le très long terme. Au fil

des trois générations de pin mises au point avec le concours de l'Institut, le partage des rôles entre acteurs privés et publics a évolué, au profit d'un partenariat de plus en plus diversifié. Les nouvelles générations de pin sélectionnées par l'Inra apportent des gains de rendement compris entre 15 et 30 %. L'impact de ces variétés a été d'autant plus fort que la tempête Klaus de 2009 a conduit à des reboisements massifs dans les Landes avec les dernières générations variétales disponibles. Le surplus économique généré par le renouvellement entre 2002 et 2020 -près d'un sixième de la surface actuellement en plantation, soit 500 000 ha- avec des variétés plus productives de 2^e ou 3^e génération est estimé à 100M€ (valeur actualisée des récoltes réalisées 40 ans après la plantation).

La série d'outils de diagnostic et de détection des parasites, de qualité et de quarantaine des plants de pomme de terre a été développée en forte collaboration avec la filière (FN3PT), partie prenante déterminante de la situation productive depuis les années 80. Le mécanisme critique à l'origine des impacts de ce cas est lié à l'intéressement renouvelé du partenaire dans la durée, source de stabilité et de continuité des recherches. Considérant que la qualité sanitaire conférée par les diagnostics Inra et l'action de ses partenaires aux plants français contribue à 50 % des exportations, le surplus économique généré sur 20 ans environne 140M€, soit un fort impact économique (4/5). D'autre part, l'environnement sanitaire national plus exigeant que dans les autres pays européens en général, a accru l'attractivité de la France pour l'implantation de grandes sociétés productrices de plants et a permis d'éviter les crises sanitaires majeures subies par d'autres pays européens, représentant par exemple 5M€/an de pertes aux Pays-Bas entre 1995 et 2000. Par ailleurs, l'expertise française appuie l'élaboration de politiques sanitaires internationales (CEE-ONU, Union européenne/DG-SANCO).

Le dernier cas concerne les amendements calcaires contre le dépérissement forestier. Les amendements calcaires permettent de restaurer une croissance satisfaisante des arbres (+20 % à 30 % de rendement sur des forêts en déficit nutritionnel sévère), et d'éviter les dommages posés par l'acidification des sols à la biodiversité et au caractère récréatif de la forêt. Le cas illustre l'utilisation de données collectées depuis 37 ans sur des dispositifs expérimentaux, pour la remédiation du dépérissement forestier constaté dans le massif des Vosges. Les analyses de sols conduites avec l'expertise de l'Institut ont concerné 30 000 hectares de forêt du domaine public, pour lesquels un amendement a été recommandé dans 50 % des cas.

4-2 Environnement-Gestion durable des ressources

L'émergence d'enjeux de durabilité de la production agricole a stimulé les recherches portées sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles. Le développement de techniques de production agricole durable, compatibles avec un environnement en bonne santé, constitue un enjeu sociétal majeur et un des grands objectifs des recherches de l'Inra. Dans notre échantillon, 8 cas sur 30 correspondent

à cette grande finalité (voir tableau 5). Il s'agit de cas où l'Inra contribue à la mise au point de techniques, et/ou à des changements de pratiques favorables à l'environnement. Il faut aussi noter que l'Institut contribue également beaucoup à l'élaboration de politiques publiques de protection de l'environnement, ce que nous aborderons dans la section suivante (Cf. infra politiques publiques).

TABLEAU 5 LES IMPACTS DES CAS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT ET LA GESTION DURABLE DES RESSOURCES

Impacts 1 Échelle de 1 à 5	Économique	Environnement	Santitaire	Politique	Territorial-Social
OAD Azofert	5	5	1	1	1
Capsis	3	4	1	2	1
Carpovirusine	2	4	1	1	1
Pomme Ariane	2	3	1	1	2
Naskéo	3	3	1	1	1
Processionnaires	1	3	5	1	1
ITK bas intrants	1	1	1	3	2
Platanor	3	1	1	2	1

Le premier cas, l'Outil d'Aide à la Décision (OAD) **Azofert**, concerne la maîtrise de la fertilisation azotée, un enjeu essentiel, à la fois sur le plan économique et environnemental. Les recherches de l'Inra sur cette thématique majeure datent des années 1960. Depuis la fin des années 1980, l'Inra a proposé différents OAD : des outils prévisionnels qui permettent de raisonner la fertilisation en début de campagne ; des outils de pilotage en cours de cycle végétatif qui permettent d'ajuster cette stratégie en cours de campagne. L'OAD Azofert a été créé en 2004 et il intègre de nouvelles connaissances concernant la dynamique de minéralisation de l'azote et de nouveaux concepts, comme le concept de Jours Normalisés. Conçu et développé en collaboration avec le Laboratoire Départemental d'Analyse et de Recherche (LDAR) de Laon et l'Institut Technique de la Betterave (ITB), ce logiciel est utilisé sur 80 % des surfaces de betterave à sucre où il a contribué à une réduction de 45 % de la dose d'azote, d'où un effet sur l'environnement de 5/5. Il est aussi utilisé sur d'autres cultures (par exemple 8 % pour le blé). Le mécanisme critique du succès de ces OAD tient à un partenariat long qui permet d'associer des acteurs clés à la problématisation, à la production de données techniques et à l'utilisation des résultats de la recherche. Globalement, son impact économique, noté 5/5 (plus de 300M€), a été permis par des économies d'engrais sans baisse de rendement.¹⁹

Quatre autres cas concernant l'agriculture et l'environnement sont intéressants car ils illustrent à nouveau l'importance d'éléments contextuels pour la généralisation de l'innovation.

Dans le cas de la **pomme Ariane**, la tolérance génétique à la tavelure permet de diviser par deux les traitements fongicides, ce qui correspond aux objectifs du Grenelle de l'Environnement. La diffusion de la pomme Ariane est totalement déléguée au groupement de pépiniéristes Novadi ainsi qu'au club développé autour de la société Pomalia et rassemblant les producteurs et les distributeurs. La convention de partenariat limite la diffusion en contraignant les possibilités d'intéressement d'autres acteurs intermédiaires. Cultivée sur 500 ha depuis 2007, la pomme Ariane représente 1 % de part du marché. Compte tenu de l'organisation des marchés des pommes, la généralisation supposerait qu'il soit possible de transférer ce caractère à d'autres variétés, ce qui poserait un problème de gestion de la durabilité de la tolérance si celle-ci était massivement diffusée.

Les **variétés à bas intrants** illustrent la situation d'une solution technique complète issue de recherches interdisciplinaires (génétique, agronomique), intéressante du point de vue de la protection de l'environnement, mais dont l'intérêt économique est mis en cause par un prix des céréales élevé, ce qui explique une très faible diffusion. Ainsi, l'enrôlement d'acteurs de la diffusion est limité par un défaut d'intérêt conjoncturel.

Le cas de la **carpovirusine** illustre au contraire une innovation environnementale adoptée plus largement que l'agriculture biologique à laquelle elle était initialement destinée. Produit de lutte biologique contre le carpocapse de la pomme notamment, la carpovirusine, commercialisée par une PME spécialisée dans le contrôle biologique, a une efficacité et un prix comparables aux traitements chimiques. Mais les avantages qu'elle confère en termes de respect de la réglementation sur les résidus avant récolte et de préservation de l'environnement ont intéressé les agriculteurs conventionnels. L'essor des solutions de biocontrôle est conditionné par l'adaptation de la procédure française d'homologation des produits de protection des plantes, mécanisme critique que les recherches de l'Inra et de l'Institut Pasteur tentent d'activer.

Le cas de **Naskéo** concerne une start-up créée en 2004 pour développer une technologie de l'Inra destinée initialement à un marché de niche, et dont la généralisation dépend d'une évolution du contexte réglementaire. Le procédé de méthanisation des effluents Provéo, créé par des chercheurs Inra en 1995, a été ensuite adapté pour obtenir un procédé de méthanisation des déchets solides mélangés, Ergénium. Le développement de Naskéo, sa levée de fonds et son partenariat réussi avec une entreprise allemande sont concomitants avec l'évolution du contexte réglementaire français : la tarification incitative de l'électricité issue

¹⁹ En complément de l'étude de cas OAD Azofert et en vue de mieux rendre compte de la contribution de l'Inra à un impact bien documenté à l'échelle nationale (voir les avantages de la méthode d'étude de méta-cas dans la section 3.5), l'équipe Asirpa a réalisé un méta-cas sur l'évolution de la **fertilisation minérale**. Cette étude de cas concerne l'ensemble des engrais minéraux : l'azote, le phosphore et la potasse. Elle est détaillée dans l'annexe 6 qui complète le cas OAD Azofert.

du biogaz en 2006, l'interdiction progressive de mise en décharge de déchets organiques et les objectifs de production d'énergie renouvelable du Grenelle de l'environnement. L'enrôlement de partenaires industriels ayant la capacité de développer la technologie, l'adaptation du contexte réglementaire et la gestion adéquate de la propriété intellectuelle constituent les mécanismes critiques de la diffusion des technologies de méthanisation. Naskéo a créé 40 emplois depuis 2004, et réalise en 2013 près de 10 % des ventes françaises d'installations de méthanisation en termes de puissance électrique installée.

Enfin, trois cas illustrent des problématiques environnementales dans le domaine de la forêt.

La **plateforme de modélisation des dynamiques forestières Capsis**, développée et maintenue par l'Inra, héberge des modèles, des outils, et des connaissances développés par la communauté scientifique mondiale. Capsis permet de simuler et de comparer des scénarios de production forestière. En France, l'ONF incorpore les résultats de Capsis dans des guides de gestion pour la conduite de la forêt domaniale, qui couvre 16,3 millions d'hectares, soit près de 30 % du territoire français. Capsis est utilisée depuis 2009 par les autorités du Québec pour l'élaboration des plans de coupe des 45 millions d'hectares de forêt publique, limitant ainsi leur surexploitation : les prélèvements par les concessionnaires privés ont ainsi été réduits de 42 millions de m³/an à 31 millions de m³/an. Les mécanismes critiques qui ont fait le succès de ce cas tiennent à l'architecture des connaissances existantes issues de nombreux acteurs, intéressés en amont par l'établissement d'une licence libre (GPL) et coordonnés par des règles de réciprocité.

Le cas du développement de pièges et de stratégies de lutte contre la **proceSSIONNAIRE DU PIN** illustre une solution technique à un risque sanitaire lié à une invasion biologique. Avec le changement climatique, ces chenilles, très allergènes, remontent vers le Nord de la France et se développent dans les villes. Grâce à ses connaissances accumulées de longue date sur le cycle biologique des processionnaires, l'Inra a répondu au problème soulevé par deux petites entreprises grâce à une solution de lutte biologique alternative aux pesticides. Ces technologies, brevetées et licenciées aux deux start-up, ont été utilisées sur plus de 50 000 ha depuis 1992. Elles contribuent à l'effort national de réduction des pesticides en accord avec les préconisations d'Ecophyto R&D puisque la part des traitements chimiques dans les stratégies de lutte contre les processionnaires a diminué de 8 % entre 2009 et 2012.

Platanor, variété de platane résistante au chancre coloré, est un arbre d'ornement, planté en bord de route, de canal et en ville. La variété est l'aboutissement d'un long programme de recherche qui apporte aujourd'hui une solution pour faire face à la diffusion de cette maladie. Platanor peut ainsi être utilisé pour remplacer des platanes affectés par le chancre, préservant ainsi le paysage urbain et le canal du Midi, site classé à l'Unesco. Des barrières économiques liées aux difficultés financières du pépiniériste codétenteur de la variété freinent pour l'instant la diffusion : le mécanisme critique de la génération des impacts est ainsi lié à la transformation du réseau de partenaires de l'Inra entre les inputs et les intermédiaires, le recrutement d'intermédiaires compétents étant limité dès les inputs par les accords concernant la propriété intellectuelle. Mais pour le seul canal du Midi, environ 40 000 platanes pourraient être remplacés par du Platanor.

Les retombées économiques du tourisme sur le canal du Midi ont été évaluées en 2000 à 122M€/an.

4-3 Alimentation, industries agroalimentaires, et transformation non agricole

Avec 820 000²⁰ emplois répartis sur l'ensemble des territoires urbains et ruraux, la filière alimentaire (hors filière de la distribution) est absolument stratégique pour l'emploi en France. Alors que, depuis 1980 l'emploi industriel français a été amputé de 40 %, l'emploi des industries agroalimentaires fait exception en restant stable et représente actuellement 19 % de l'emploi industriel total.

La recherche et le développement ainsi que l'innovation sont identifiés comme les principaux leviers de compétitivité des entreprises alimentaires²¹. Cependant, l'investissement industriel dans la R&D est faible : en 2009, le secteur des industries agroalimentaires (IAA) a consacré 1,8 % de sa valeur ajoutée à la R&D, un chiffre faible comparé aux autres secteurs industriels. Les principales raisons sont les faibles marges dégagées par les IAA, l'essoufflement des gains de productivité (Bontemps *et al.* 2010) et la petite taille des entreprises.

Le rôle de l'Inra s'avère donc essentiel comme source de connaissances dans différents domaines : amélioration des performances de la production et ingénierie de la qualité, rapports entre santé et alimentation, innovation produit, connaissance des comportements des consommateurs.

Relativement peu de cas ont été actuellement analysés concernant cette dimension. Seuls quatre cas parmi les 30 analysés concernent l'agroalimentaire²² (voir tableau 6).

Dans un cas (Plateforme lait) l'impact économique est de 5/5 alors qu'il est de seulement 3 ou 1/5 pour les trois autres cas. Ce résultat est lié à la diversité des cibles (industries agroalimentaires ou non) et la difficulté de généralisation des résultats au-delà des premiers utilisateurs visés. Il reflète aussi un problème d'accès à des données souvent confidentielles et donc de mesure d'impact.

TABLEAU 6

LES IMPACTS DES CAS LIÉS À L'ALIMENTATION, AUX INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES, ET À LA TRANSFORMATION NON AGRICOLE

Impacts 1 Échelle de 1 à 5	Économique	Environnement	Sanitaire	Politique	Territorial - Social
Plate-forme lait	5	3	3	1	3
STED	3	2	1	1	1
Biorem	1	2	1	1	1
Sonde FS	1	2	2	1	1

La plateforme de recherche en technologies laitières est à l'origine de gains de productivité, de création d'emplois, d'amélioration de la qualité des produits et de la nutrition infantile à travers sa collaboration avec l'industrie laitière française, seconde industrie alimentaire française en termes de chiffre d'affaires en 2012. La plateforme lait, structure de partenariat de l'UMR STLO, est implantée au sein du « Grand Ouest », premier bassin laitier français. Grâce à son équipe propre, sa halle technologique et son plateau analytique pour la caractérisation des produits laitiers, elle est un soutien essentiel pour de très nombreux partenaires industriels ; on compte 121 partenaires différents entre 1993 et 2012, dont 70 % des entreprises -PME et grands groupes- ainsi que des centres techniques interprofessionnels. Pour ces partenaires, elle est à la fois la source de connaissances scientifiques et de dispositifs expérimentaux. De très nombreuses innovations ont été développées sur la plateforme lait depuis sa création et ont contribué à de forts impacts économiques, environnementaux et sanitaires, localement et internationalement : des innovations incorporées dans des objets techniques comme les logiciels de prédiction des équilibres minéraux (Milk Salt) ou des paramètres de séchage des poudres (SD2P) ou le milieu de conservation du sperme équin Inra 96 ; des innovations de procédés non incorporées dans des objets techniques comme l'ultrafiltration de babeurre à l'origine de nouveaux fromages, la maîtrise des bactéries propioniques pour la modification de l'arôme des fromages ou la formulation de laits infantiles à partir du perméat de microfiltration. Hormis l'excellent niveau de recherche qui attire les partenaires, les efforts réalisés par l'équipe plateforme pour la circulation des connaissances et la diffusion sont souvent importants : formation de capital humain (formations initiales ou continues, internes ou des cellules hébergées pour l'utilisation des nouveaux pilotes de la plateforme, thèses CIFRE), promotion commerciale, production temporaire d'un composant...

Un autre cas concerne la **technologie de stabilisation tartrique** pour la production de vin sans tartre. L'évolution de la réglementation en faveur de l'admission des technologies membranaires a été un mécanisme critique de la diffusion de la STED pour lequel l'expertise de l'Inra auprès de l'Organisme International de la Vigne et du Vin a été déterminante. La génération de l'impact passe par l'intéressement d'une entreprise compétente existante et la création d'une filiale dédiée aux activités viticoles. L'impact économique est fort (3/5) (surplus économique total de la filière viticole de 100M€ sur la période 1996-2021) bien que l'innovation concerne une niche étroite. La généralisation de l'impact, qui passerait par une application du procédé à d'autres cibles (par exemple vin sans alcool) ou l'internationalisation, dépend d'éléments de contexte (notamment réglementaire) largement hors de portée de l'Inra.

Les deux autres cas étudiés dans Asirpa illustrent le développement de nouvelles technologies qui sont valorisées par des PME.

Les biofilms bactériens sont responsables de 40 % des toxi-infections alimentaires et de 60 % des infections nosocomiales en France, et causent également des pertes de qualité et de productivité importantes dans les industries agroalimentaires notamment. Le cocktail enzymatique Biorem, breveté en 2009 et commercialisé par la PME Realco, a apporté une solution de nettoyage des conduits agroalimentaires spécifique, efficace, et biodégradable, alternative aux détergents

chimiques en cours d'interdiction. Il sera prochainement adapté pour le nettoyage des appareils médicaux et des coques de bateau. La **sonde FS**, capable de détecter les encrassements, y compris les biofilms, permet d'optimiser les opérations de nettoyage. Brevetée et transférée à la start-up Neosens, la sonde trouve des applications dans les industries du traitement de l'eau. Compte tenu du petit réseau d'acteurs impliqué dans ces innovations, les mécanismes d'intéressement, et particulièrement le choix d'un partenaire compétent et partageant des intérêts communs pour la valorisation sont déterminants. Ces solutions composites ont potentiellement des impacts économiques et sanitaires très importants mais difficilement mesurables du fait des enjeux de confidentialité et des incertitudes qui pèsent encore sur la diffusion à large échelle.

4.4 Politiques publiques

Dans notre échantillon, 11 cas (36 %) concernent spécifiquement les politiques publiques et permettent d'illustrer cette autre dimension essentielle de la recherche de l'Inra (voir tableau 7).²³

Deux remarques s'imposent concernant les frontières de cette catégorie de cas. Premièrement, l'impact politique de l'Inra ne se limite pas à ces cas. Dans de nombreux autres cas, la mise au point d'une nouvelle solution technique a été accompagnée par un rôle d'expertise auprès des pouvoirs publics. Ce rôle s'avère souvent essentiel pour définir les normes techniques associées, les conditions d'autorisation de la nouvelle technique, son adéquation au cadre réglementaire (etc.) : sélection génomique bovine, OGU, OAD Azofert, tremblante, diagnostics pomme de terre, carpovirusine... Deuxièmement, les recherches qui impactent les politiques publiques peuvent également contribuer aux impacts environnementaux, sanitaires, économiques de ces politiques. Par exemple, dans notre échantillon, 8 cas sur 10 concernent des politiques environnementales. Toutefois la contribution de la recherche, parmi les multiples facteurs qui influencent l'impact de la politique elle-même, est particulièrement difficile à établir. Ces remarques appellent deux précisions :

- les cas qui entrent dans cette catégorie « politiques publiques » se distinguent des autres dans la mesure où l'aide à la décision publique est le premier objectif ;
- dans l'appréciation de l'ampleur de l'impact politique, nous prenons en compte, comme nous l'avons vu, la contribution de la connaissance à la politique publique, et l'ampleur de l'enjeu des politiques concernées. Les effets de la politique elle-même, lorsque l'influence de la

²⁰ Source : ministère de l'agriculture, Contrat de la Filière alimentaire, 2013 (www.agroalimentaire.gouv.fr).

²¹ Ministère de l'agriculture, Contrat de la Filière alimentaire, 2013.

²² Liste de cas à laquelle on peut ajouter les deux cas concernant la sécurité sanitaire et les emballages (voir impact politique).

²³ La proportion importante des cas dont l'intention de valorisation est politique reflète un biais de sélection des cas par des départements soucieux d'illustrer leur rôle d'éclairage des politiques publiques.

recherche est assez importante pour revendiquer une contribution sur les retombées de sa mise en œuvre, sont notés dans la dimension (économique, environnementale, sanitaire etc.) considérée.

TABLEAU 7 LES IMPACTS LIÉS AUX POLITIQUES PUBLIQUES

Impacts 1 Échelle de 1 à 5	Économique	Environnement	Sanitaire	Politique	Territorial-Social
<i>Ecophyto</i>	1	3	1	5	1
ESCo pesticides	1	1	1	5	1
<i>Infosol</i>	1	3	1	4	4
BPA	1	1	3	4	1
<i>Abeilles</i>	4	1	1	4	1
<i>N₂O agricole</i>	1	4	1	3	1
<i>Nitrates</i>	2	3	1	3	2
Emballages	1	2	3	3	1
<i>Climator</i>	1	1	1	3	1
Fire Paradox	1	1	1	2	1
TAC saumons	1	2	1	2	1

La question de l'utilisation des pesticides constitue entre 2003 et 2010 à la fois un problème de société important (*problem stream*), un enjeu en termes de politique sectorielle (*policy stream*) et une problématique importante pour l'environnement, sujet qui se trouve placé au cœur d'un débat national stimulé par la tenue du Grenelle de l'Environnement (*political stream*). Dans ce contexte, l'étude **Ecophyto R&D**, réalisée par l'Inra, a identifié les marges de manœuvre de réduction de pesticides dans différentes filières de production végétale. Appuyé sur une plateforme d'expérimentation, de démonstration et d'acquisition de références (DEPHY EXPE) et sur un réseau d'agriculteurs (DEPHY FERME), Ecophyto R&D trouve des prolongements dans des actions qui appuient la mise en œuvre du plan Ecophyto. L'**Expertise Collective Pesticides** commanditée par le ministère de l'Agriculture et de l'Environnement à l'Inra et à l'IRSTEA, a contribué à la conception de politiques publiques (PIRPP, plan Ecophyto 2018...), à leur mise en œuvre à travers la définition de l'Indice de Fréquence des Traitements (IFT) et l'identification de mesures agro-environnementales et à l'éclairage du débat public sur ces questions.

L'unité **Infosol** créée en 2001 par le GIS Sol a élaboré un système d'information sur les sols de France (qualité, présence d'éléments traces métalliques...). Ce système assure la centralisation et la capitalisation pérenne de toutes les données sur les sols de France, et offre un guichet centralisé d'accès aux données (30 000 échantillons). Une grande

diversité de politiques publiques bénéficie de ces données et 21 % des demandes émanent de bureaux d'étude pour lesquels les données sur le sol sont un support d'activité. Les données sols ont notamment été mobilisées pour le zonage des zones défavorisées, influençant l'allocation des aides PAC ; pour l'élaboration de politiques d'aménagement local (SCOT) ; dans le cadre de la gestion de la nappe de la Beauce, ou la mise en œuvre de politiques environnementales (biodiversité Plan National Santé-Environnement PNSE2).

Le cas sur les **abeilles** concerne l'évolution des réglementations européennes sur les procédures d'homologation des pesticides. La mise en évidence du rôle des faibles doses d'insecticide dans l'affaiblissement des essaims a conduit au retrait de molécules initialement homologuées pour l'enrobage des semences. Le test sur larves « Aupinel » pour l'évaluation de la toxicité des produits lors de leur phase d'homologation a été approuvé par l'OCDE. Les impacts autres que politiques de ces résultats, potentiellement multiples - économique, environnemental - sont difficilement objectivables car les pesticides ne sont qu'une des causes affectant les colonies d'abeilles.

Dans un contexte de changement climatique global, la France s'est engagée dans la mise au point d'une méthode de mesure des émissions de gaz à effet de serre (GES), et notamment de **N₂O agricole**. Il s'agit d'une méthode qualifiée de niveau 2 par le GIEC. Cette méthode a été conçue par l'Inra en partenariat avec des centres techniques spécialistes des grandes cultures. La centralisation et l'enrichissement de bases de données hétérogènes a été un élément important de la situation productive. La méthode ainsi produite a été mobilisée par le CITEPA pour la réalisation de ses inventaires de GES. Ainsi, le système français d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre gagne en robustesse et en crédibilité et rejoint le Canada dans le club des pays capables d'appliquer une méthodologie de niveau 2. L'application de cette méthode plus précise de calcul pourrait réduire le poids de l'agriculture dans le « budget » total d'émissions français. Elle pourrait, par ailleurs, fournir un cadre incitatif pour des leviers d'action visant la réduction des émissions de N₂O, que la méthodologie précédente ne permettait pas de prendre en compte.

Sur la base de modèles agro-hydrologiques appliqués à la Bretagne, l'Inra a appuyé la définition et la mise en œuvre de mesures politiques de gestion de la qualité des eaux afin de respecter la directive européenne relative à la réduction des **nitrates**. Les modèles de l'Inra ont également été mobilisés à l'occasion de l'évaluation de plans de résorption des algues vertes. La production d'un rapport scientifique de l'Inra et du BRGM sur ces questions a permis, en éclairant la Commission, l'évitement d'une amende annuelle de 900M€. D'autre part, les divers plans d'action proposés pourraient conduire à une évolution majeure de l'agriculture bretonne vers un modèle plus soutenable.

L'**ANR Climator** a été un moteur de l'élaboration de stratégies d'adaptation, contribuant notamment à la formulation de la prospective nationale AFClm conduite par le Centre d'Études et de Prospective du ministère de l'agriculture. Les acteurs agricoles ont été sensibilisés aux effets concrets du changement climatique localement et pour diverses filières. Des observatoires mis en place par certaines régions, l'État et l'Ademe mobilisent les enseignements de Climator pour la mise en œuvre de stratégies d'adaptation régionalisées.

Le projet européen Fire Paradox a développé une approche innovante pour la gestion intégrée des feux de forêt grâce à une utilisation raisonnée du feu. Fire Paradox a produit des outils logiciels notamment utilisés pour la conception des plans de prévention des risques contre les incendies (PPRIF) intégrant la prise en compte de l'interface habitat-forêt. D'autre part un projet de directive européenne a été déposé par les partenaires du projet et circule actuellement dans les sphères politiques. Ce projet de directive ne s'inscrit cependant pas dans un agenda européen (il n'y a donc pas de fenêtre d'utilisation favorable, ce qui freine le mécanisme d'intéressement des intermédiaires, essentiel ici pour la génération d'impacts), et se heurte à l'éparpillement de la thématique au sein de la gouvernance actuelle des institutions européennes, qui ne favorise pas un traitement systématique de la gestion des incendies de forêts.

La définition de **Taux Autorisés de Capture** en Bretagne a outillé les mesures de police de pêche en faveur de la protection d'une espèce patrimoniale, le saumon atlantique, répondant ainsi à un engagement international de la France dans le cadre des négociations concernant la biodiversité. Les capacités de suivi de long terme déployées par l'Inra sur les observatoires de recherche en environnement ont été déterminantes pour la définition et l'adaptation locale et temporelle des TAC.

Deux cas décrivent principalement des impacts concernant des politiques sanitaires :

Diverses équipes de l'Inra et leurs partenaires ont évalué les dangers du **bisphénol A**, présent dans les emballages alimentaires et concernant des organes jusqu'alors peu étudiés. Elles ont mis en évidence que l'appareil digestif du rat est très sensible aux faibles doses de BPA considérées jusqu'alors comme inoffensives, que de faibles doses de BPA affectent le stockage des graisses dans le foie, et que la peau constitue probablement une autre porte d'entrée du BPA dans l'organisme. Ces recherches apportent un éclairage complémentaire aux travaux sur ce sujet, conduits par l'Inserm et la communauté scientifique internationale. Sous la pression médiatique et grâce au relais de députés, la législation française puis européenne concernant l'utilisation du BPA dans les emballages alimentaires a été modifiée. Les travaux de l'Institut ont également contribué à l'alerte scientifique internationale concernant la robustesse, dans certaines situations, des méthodologies d'évaluation des agences sanitaires selon un modèle dose/réponse.

Les enjeux de gestion des déchets et de conservation des produits dans l'industrie agroalimentaire ont conduit à une très grande diversification des **emballages**. Une directive européenne a été établie pour 2 700 matériaux thermoplastiques, mais ignore les encres, adhésifs, papiers, utilisés pour la fabrication d'emballages complexes. Les outils d'aides à la décision développés par l'Inra conjointement avec le centre technique LNE et leurs partenaires industriels sur la toxicité

des emballages alimentaires fait écho à la polémique concernant les effets du BPA. Les bases de données et modèles prédictifs de migration, alimentés grâce à la base européenne des coefficients de diffusion des composants d'emballage, sont hébergés sur le portail SafeFoodPack (SFPP). SFPP est accessible aux industriels et constitue une solution technique pour contrôler l'innocuité de leurs emballages ou assister le développement de nouveaux emballages. L'utilisation du portail par l'EFSA et l'AFSSA a contribué à la modification de la réglementation d'évaluation de l'innocuité des emballages alimentaires à l'échelle française et européenne.

Le tableau 8 présente les notes obtenues pour l'ensemble des cas présentant un impact politique. ■

TABLEAU 8 DÉTAIL DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT POLITIQUE DES RECHERCHES DE L'INRA

	Contribution de la connaissance aux politiques publiques	Enjeu des politiques concernées	Note générale (/5)
Ecophyto	4	5	5
Esco Pesticides	4	5	5
Abeilles	5	4	4
BPA	4	4	4
Infosol	4	4	4
Nitrates	4	3	3
Tremblante	3	3	3
N ₂ O agricole	3	3	3
Climator	3	4	3
Emballages	4	3	3
Fire Paradox	2	2	2
TAC saumons	3	2	2
Diagnostics PdT	2	2	2
Platanor	2	2	2

5

Analyse des mécanismes qui génèrent les impacts de la recherche

L'un des objectifs de l'approche Asirpa est d'utiliser les connaissances générées dans les études de cas afin de caractériser les mécanismes qui génèrent les impacts et leur diversité. Comme indiqué précédemment, la méthode d'étude de cas standardisée permet de réaliser une analyse transversale qui emprunte deux voies complémentaires :

- **une analyse en coupe qui permet de formuler des propositions** portant par exemple sur le délai entre une recherche et son impact, le rôle de certains dispositifs organisationnels en termes de genèse de l'impact, etc. Néanmoins, compte tenu du trop faible nombre d'études de cas, il ne sera pas possible de développer des tests statistiques.
- **la construction d'une typologie** qui vise à identifier, dans chaque classe qui sera ainsi générée, les différentes étapes du chemin d'impact dans une perspective d'apprentissage, i.e., le repérage des configurations favorables à la production des impacts et les mécanismes critiques à l'œuvre qui conditionnent les impacts.

5-1 Analyse en coupe

L'analyse permet de dégager un ensemble de caractéristiques des recherches et des activités qui génèrent des impacts et de faire des mesures tout à fait nouvelles.

Dans cette analyse, le terme de partenaire est réservé aux acteurs extérieurs impliqués au stade des inputs. Les acteurs extérieurs impliqués dans la diffusion des outputs sont appelés intermédiaires. Les résultats de l'analyse, détaillés en annexe 7, peuvent se résumer aux huit propositions suivantes.²⁴

LA PRODUCTION D'IMPACTS S'INSCRIT DANS DES ÉCHELLES DE TEMPS TRÈS LONGUES

Nous définissons deux délais :

- le délai de production des outputs (connaissances actionnables*, produits de la recherche) à partir des premières recherches (D1) est de 14 ans en moyenne (écart-type = 11,9 ans) ; Cette forte disparité est liée à la nature des objets de recherche : la durée moyenne de production d'outputs pour les cas impliquant des arbres (dont le cycle biologique est long : Pomme Ariane, Pin maritime, Capsis, Platanor et Amendement forestier) est de 29,8 ans.
- dans les cas étudiés, le délai moyen de génération d'impacts à partir des outputs produits (D2) est de 5,9 ans. Parmi les cas dont le délai de génération d'impacts est le plus court (inférieur à 2 ans), on retrouve des cas où la recherche est orientée vers la résolution de problèmes, par

exemple : le détergent enzymatique anti-biofilms Biorem, les pièges à processionnaires du pin ou la variété de platane résistante au chancre Platanor. Par ailleurs, les cas dont l'impact est principalement politique (ESCo pesticides, Fire Paradox, BPA, TAC saumons, Emballages, Ecophyto, Nitrates, Infosol, N₂O agricole, Climator et Abeilles) génèrent des impacts beaucoup plus rapidement à partir des outputs (2,4 ans en moyenne, avec un minimum de 0 an et un maximum de 6 ans). Une exception notable est le cas diagnostics pommes de terre dont la recherche accompagne les évolutions réglementaires sur le long terme.

Dans les cas étudiés, la durée totale de génération des premiers impacts à partir de l'initiation des recherches est en moyenne de 19,4 ans.

L'IMPACT DE L'INRA REPOSE SUR DES RECHERCHES QUI FONT APPEL À PLUSIEURS DISCIPLINES ET QUI S'APPUIENT SUR DES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE CONSTRUITES DANS LE TEMPS LONG

À l'exception d'un seul²⁵, tous les cas étudiés ont mobilisé plusieurs disciplines scientifiques²⁶. Une analyse plus fine permettrait de distinguer différents degrés d'interdisciplinarité en étudiant leur distance relative. Ce premier résultat confirme la littérature : les recherches orientées vers la résolution de problèmes appliqués sont très généralement interdisciplinaires (Gibbons *et al.* 1994).

La mobilisation d'infrastructures physiques ou biologiques au cours des recherches est quasiment systématique : dans 93 % des cas étudiés, l'Inra a mobilisé une infrastructure interne. Dans 37 % des cas l'Inra mobilise à la fois une infrastructure physique et une infrastructure biologique ou bio-informatique propre.

L'IMPACT DE L'INRA RÉSULTE D'UN ENSEMBLE DIVERSIFIÉ DE CONTRIBUTIONS : PRODUCTION DE CONNAISSANCES, STRUCTURATION, COORDINATION, INTERMÉDIATION

Dans les cas étudiés, les chercheurs de l'Inra produisent régulièrement des connaissances originales (93 % des cas) et développent des outils technologiques (80 %) au service de leurs recherches. L'excellence de ces recherches se reflète au niveau des publications dans des revues à comité de lecture à fort indice de citation qui sont fréquentes (63 % des cas). Mais la contribution ne se limite pas à la production de connaissances fondamentales :

- les cas générant les impacts de forte intensité (note de 4 ou 5) requièrent aussi des recherches plus finalisées, produisant des connaissances « actionnables », sous une forme plus directement mobilisable par les acteurs socio-économiques : dans 73 % des cas étudiés, les connaissances sont incorporées dans des objets techniques, des modèles, des

bases des données... 43 % des cas étudiés ont donné lieu à l'obtention d'un Certificat d'Obtention Végétale (COV) ou d'un brevet.

- les chercheurs Inra jouent également des rôles structurants dans la configuration productive, en assemblant des connaissances extérieures (57 % des cas ; ex : connaissances japonaises sur le radis OGURA mobilisées pour la création d'hybrides de colza) ou en coordonnant directement un réseau de partenaires (57 % des cas ; ex : création d'un RMT, d'un Observatoire de Recherche en Environnement -ORE-...).
- dans la majorité des cas (87 %) la contribution de l'Inra concerne aussi la diffusion des connaissances et l'élaboration des conditions de leur utilisation : adaptation de la réglementation (40 %), coordination* du réseau d'acteurs aval (en mettant en œuvre des chartes d'utilisation, en organisant des sites de démonstration, en mettant en relation des utilisateurs divers, en organisant des formations...) (50 %), formation des utilisateurs (53 % des cas) et expertise technique liée à l'accompagnement des intermédiaires, au service après-vente et à l'aide à la décision technique (50 % des cas).
- la contribution dans les phases aval du chemin d'impact implique les structures de valorisation de l'Inra (Inra Transfert, Agri-Obtentions, cellule partenariat d'un département, ApisGene...) dans 50 % des cas. Cette structure ne joue un rôle dans la recherche d'acteurs intermédiaires ou d'utilisateurs finaux que dans 20 % des cas.

Dans la très grande majorité des cas, les chercheurs ayant produit les inputs sont investis également dans leur diffusion, ne laissant pas ce rôle uniquement aux acteurs extérieurs. L'Inra contribue donc de façon essentielle à la production des impacts de niveau 1 en jouant un rôle très actif de structuration, coordination et intermédiation.

LES ACTEURS EXTÉRIEURS SONT GÉNÉRALEMENT ENGAGÉS DANS LA COPRODUCTION DE CONNAISSANCES...

Dans 86 % des cas, au moins un partenaire coproduit les connaissances avec l'Inra. Dans 77 % des cas, un partenaire a mis à disposition des infrastructures physiques ou biologiques complémentaires de celles de l'Inra, ce qui révèle l'importance des interactions partenariales dans la phase de recherche (inputs). Plus de 60 % des partenaires impliqués dans la coproduction des connaissances sont des acteurs socio-économiques : 20 % sont des grandes et petites entreprises, 46 % sont des Instituts techniques, associations ou organismes publics agricoles (OPA). Néanmoins, dans plus de la moitié des cas, l'Inra est le seul initiateur des recherches.

... MAIS LE RÉSEAU DE DIFFUSION N'EST PAS NÉCESSAIREMENT LE MÊME QUE CELUI DE LA PRODUCTION DE CONNAISSANCES

Sur l'ensemble des 29 cas étudiés, 77 acteurs intermédiaires (dont 69 non académiques) sont investis au côté des chercheurs et des structures de valorisation internes (soit une moyenne de 2,6 intermédiaires par cas). Les acteurs intermédiaires sont majoritairement des PME ou grandes entreprises (36 %) et des Instituts techniques/associations/OPA (39 %).

La majorité des cas étudiés (71 %) reflète un partenariat stable et durable où les partenaires impliqués au côté de l'Inra dans la production des

outputs poursuivent la collaboration jusqu'à leur diffusion. Néanmoins, près des ¾ des intermédiaires non académiques (72 %) n'interviennent qu'à l'aval de la publication des travaux des chercheurs. Ainsi les acteurs non académiques (particulièrement des PME, Grandes Entreprises et les organisations professionnelles) sont surtout présents dans le rôle d'intermédiation (69 acteurs intermédiaires non académiques) et contribuent moins souvent dans la fourniture d'inputs pour la recherche (49 partenaires non académiques). Les partenaires qui sont les plus aptes à participer dans la phase de recherche ne sont pas forcément les meilleurs dans les autres phases du chemin d'impact. La transformation du réseau d'acteurs au cours du chemin d'impact est donc un aspect critique des mécanismes qui génèrent les impacts, car les acteurs intermédiaires sont des acteurs qui n'ont majoritairement (60 %) pas participé aux recherches.

LE TRANSFERT EST D'AUTANT PLUS RAPIDE QUE LE RÉSEAU DE PARTENARIAT EST STABLE

La structuration du réseau d'acteurs dès les inputs est un élément déterminant de la rapidité du transfert de technologie. En effet, plus grande est la proportion de partenaires des inputs qui collaborent également dans les intermédiaires, plus le délai de diffusion des outputs (D2) est court (coefficient de corrélation de -0,4).

Cette proposition pourrait donner à penser qu'il convient d'impliquer les intermédiaires en amont afin d'accélérer le transfert. Néanmoins, il est possible que la proposition précédente (transformation du réseau d'acteurs au cours du chemin d'impact) tienne à des propriétés structurelles (par exemple formes de spécialisation, capacités de recherche, disponibilités en ressource...) qui, dans certains cas, s'opposent à une telle implication amont. Nous revenons sur ce point dans l'analyse transversale.

L'INRA INTERVIENT DANS LE PROCESSUS DE MATURATION À DES DEGRÉS DIFFÉRENTS SELON LES PARTENARIATS ÉTABLIS

En utilisant une version adaptée de l'échelle des *Technology Readiness Level* établie par la NASA, les données concernant les rôles de l'Inra dans les inputs et les intermédiaires permettent de noter chaque cas pour le niveau de maturité technologique atteint grâce à l'Inra²⁷. La technologie est évaluée à l'issue de la dernière intervention de l'Inra (des acteurs extérieurs peuvent être intervenus en amont, nous résonnons toujours en terme de contribution) sur une échelle de 7 niveaux (volontairement discontinus pour garder une notation comparable à celle de la NASA). Le barème retenu est le suivant (voir tableau 9) :

²⁴ Étant donné que le cas plateforme lait ne se prête pas à une analyse transversale, l'analyse en coupe porte sur 29 cas.

²⁵ Le cas qui fait exception, émissions de N₂O, ne peut pas être pris en compte car la liste des disciplines que nous avons utilisée (note 26) n'est pas adaptée aux recherches transversales sur les effets du changement climatique.

²⁶ Nous avons choisi de prendre la liste des disciplines utilisée par l'Inra.

²⁷ Nous n'avons pas intégré les « cas politiques » dans cette analyse.

TABLEAU 9 BARÈME DE TRL RETENU PAR ASIRPA D'APRÈS CELUI DE LA NASA

TRL	TRL original (NASA, ESA, DoD)	Description
1	Basic principles observed and reported	Recherche fondamentale. Pas au-delà de la publication.
2	Technology concept and/or application formulated (=TRL2). A analytical and experimental critical function and/or characteristic proof-of concept (=TRL3)	Recherche finalisée, appliquée : applications testées en laboratoire. Identification d'applications possibles. Traduction des résultats de recherche en applications.
4	Component and/or breadboard validation in laboratory environment	Validation en laboratoire. Tests des composants et du système complet en conditions de laboratoires, preuve de concept. En partenariat avec Instituts techniques.
5	Component and/or breadboard validation in relevant environment (=TRL5) System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment (ground or space) (=TRL6)	Tests en stations expérimentales, UE, observatoires, placettes... sur produit isolé. Démonstrateurs.
7	System prototype demonstration in a space environment	Validation en contexte réel, dans l'entreprise, chez l'utilisateur, en prenant en compte les aléas du terrain. Prototype.
8	Actual system completed and "flight qualified" through test and demonstration (ground or space)	Contribution à l'évolution de la réglementation en faveur de l'accès au marché de l'innovation, levée d'obstacles d'accès au marché, démonstration... Fin du « développement ».
9	Actual system "flight proven" through successful mission operations	Lancement, changement d'échelle, commercialisation, « bug-fixing » et améliorations...

L'application de ce barème à nos dix-huit cas « non politiques » révèle que l'Inra est intervenu jusqu'à un TRL de 4 au minimum, 9 au maximum et en moyenne de 6,2. Ces valeurs de TRL élevées confirment que les cas à succès résultent d'une intervention de l'Institut en aval de la production des outputs, voire d'une coordination du partenariat par l'Inra. Il faut également noter que les TRL les plus élevés correspondent souvent à des investissements partagés entre l'Institut de recherche et les partenaires industriels.

LES IMPACTS DE LA RECHERCHE SONT MULTIDIMENSIONNELS

Les études de cas considérées reflètent le caractère pluridimensionnel des impacts générés. En effet, 79 % des cas affectent plus d'une dimension d'impact, chaque cas affectant en moyenne 2,2 dimensions d'impact.

53 % des cas ont un impact économique, 63 % des cas ont un impact environnemental et 53 % un impact politique. Les impacts sanitaires et territoriaux-sociaux sont moins représentés. L'analyse de l'association des dimensions d'impacts suggère que les cas ayant un fort impact environnemental ont plus systématiquement (67 % des cas) un impact économique que l'ensemble des cas (53 % des cas). De même, les cas ayant un impact d'ordre économique ont nettement moins d'impact politique (38 %) que la moyenne des cas (53 %). Ce second résultat suggère que les cas destinés à des applications marchandes ont peu de conséquences directes sur les politiques mais aussi que les cas politiques ont un impact économique plus diffus et moins facilement caractérisable.

Ces résultats peuvent être complétés par une étude de l'indice de concentration des dimensions d'impact pour chacun des cas en calculant l'indice de Herfindahl (voir tableau 10).

L'indice de Herfindahl est compris entre 0,2 (répartition équitable des intensités d'impact du cas sur les 5 dimensions) et 1 (l'impact du cas se manifeste sur une unique dimension). Le tableau 10 indique que peu de cas (6 cas sur 29) sont unidimensionnels. Au contraire 21 cas ont un indice de Herfindahl inférieur à 0,60, ce qui confirme la pertinence de notre analyse d'un vecteur d'impact incluant plusieurs dimensions. Seuls 2 cas ont un indice de Herfindahl inférieur à 0,3, suggérant que la majorité des cas ne génèrent pas pour autant des impacts de manière égale dans les 5 dimensions envisagées. Enfin, cette analyse signale que les cas présentant les impacts les plus forts sur une dimension donnée (l'intensité maximale la plus forte) ont des indices de concentration intermédiaires (compris entre 0,44 et 0,68) : il semble donc que la génération de forts impacts sur une dimension ait une influence positive sur d'autres dimensions et que la diversité ne soit pas synonyme de dilution des impacts.

Par ailleurs, la diversité des impacts reflète la diversité des acteurs intermédiaires qui se saisissent des résultats de recherche de l'Inra. En effet, il existe une corrélation entre la diversité des utilisateurs finaux et la diversité des impacts 1 générés (coefficient de corrélation 0,5).

D'autre part, il semble que la généralisation des impacts 1 (production d'impacts 2) s'accompagne de leur diversification : les impacts 2 sont en moyenne plus divers que les impacts 1 (2,9 dimensions affectées par cas contre 2,2). La dimension d'impact 2 la plus fréquente est économique (63 % des cas), suivie par la dimension environnementale (53 % des cas) puis politique (47 % des cas).

Enfin, nos résultats sur la diversité des impacts confirment la temporalité longue de la génération d'impacts : en effet, il semble que plus le délai de génération des premiers impacts à partir des outputs est long (D2), plus les impacts 1 sont divers (coefficient de corrélation 0,4).

TABEAU 10 INDICE DE CONCENTRATION (HERFINDAHL) DES IMPACTS 1 SUR LES DIFFÉRENTES DIMENSIONS

	Intensité totale impacts 1 ²⁸	Max Intensité (/4)	Variété totale impacts 1	Indice Herfindahl	Moyenne (écart-type) de Max Intensité
Tremblante	11	3	5	0,22	2,5
Nitrates	6	2	4	0,28	(0,71)
Pin maritime	6	2	3	0,33	2,4
Infosol	8	3	3	0,34	(0,55)
Emballages	5	2	3	0,36	
Pomme Ariane	4	2	3	0,38	
Capsis	6	3	3	0,39	
Amendement forestier	5	3	3	0,44	3
Diagnostic PdT	5	3	3	0,44	(0,00)
OAD azofert	8	4	2	0,50	2,6
Sonde FS	2	1	2	0,50	(1,08)
Naskéo	4	2	2	0,50	
TAC saumons	2	1	2	0,50	
Abeilles	6	3	2	0,50	
BPA	5	3	2	0,52	
N ₂ O agricole	5	3	2	0,52	
STED	3	2	2	0,56	
Processionnaires	6	4	2	0,56	
Platanor	3	2	2	0,56	
ITK Bas intrants	3	2	2	0,56	
Ecophyto	6	4	2	0,56	
Carpovirusine	4	3	2	0,63	3,5
Fac Nod	5	4	2	0,68	(0,71)
OGU	3	3	1	1,00	2,5
Biorem	1	1	1	1,00	(1,38)
Sél gen bovine	4	4	1	1,00	
ESCO pesticides	4	4	1	1,00	
Fire paradox	1	1	1	1,00	
Climator	2	2	1	1,00	

²⁸ Afin de calculer l'indice de Herfindahl, le barème des intensités d'impacts, initialement établi entre 1 et 5/5, a été modifié en un barème de 0 à 4/4. Ainsi le cas OGU qui n'a pas d'impact politique aura selon ce barème une note de 0/4 sur cette dimension (et non plus 1/5). L'intensité totale correspond alors à la somme des intensités d'un cas sur l'ensemble des dimensions affectées.

5-2 Analyse typologique

L'analyse typologique est basée sur le chemin d'impact et vise à regrouper les cas similaires afin de tirer des leçons générales sur les mécanismes qui génèrent les impacts, sur leurs dimensions critiques et sur les facteurs de succès. Compte tenu des enseignements de l'analyse en coupe et de la revue de la littérature (cf. annexe 6), nous retenons deux grands axes de différenciation des cas :

- les cas se distinguent tout d'abord selon le degré de participation des acteurs non académiques dans la phase de recherche. Cet axe « Co-production des connaissances » constitue l'axe horizontal de la figure 6. Il est gradué de 0 à 12 et construit à partir de variables représentant la présence de partenaires non académiques, leur délai d'implication dans les étapes de recherche, leur rôle dans la coproduction des connaissances et les moyens qu'ils apportent aux projets (financiers, humains ou physiques) ;

- le second axe de différenciation concerne le degré de transformation des milieux d'utilisation associés à la diffusion des outputs de la recherche. La transformation peut concerner les différentes étapes du chemin d'impact : création/adaptation de structures intermédiaires pour valoriser les outputs ; création de nouveaux marchés et/ou de nouveaux usages ; formation des utilisateurs ; adaptation du cadre réglementaire... Cet axe « Transformation des milieux d'utilisation » constitue l'axe vertical de la figure 6. Il est gradué de 0 à 11²⁹ et construit à partir de variables représentant les rôles de l'Inra (sur 5 points) et ceux des intermédiaires extérieurs (sur 6 points).

Le croisement de ces deux axes conduit à distinguer 4 grands types de chemins d'impact qui concernent dix-huit études de cas. En effet, compte tenu des caractéristiques du chemin d'impact évoquées précédemment (Cf. section 4), les 11 cas politiques sont regroupés dans un seul type (type 5).

TYPE 1 FORTE STRUCTURATION DU PARTENARIAT DEPUIS LA RECHERCHE JUSQU'À L'IMPACT

Les cas de cette classe sont : la création d'hybrides de colza OGU-Inra, le développement d'outils d'aide à la décision pour la fertilisation azotée, la production d'index génomiques pour la sélection bovine, la lutte génétique contre la tremblante du mouton, le développement de produits de lutte biologique contre le carpocapse de la pomme et les méthodes de diagnostic sanitaire des plants de pomme de terre.

Ces cas se caractérisent par des défis scientifiques lourds et l'importance des efforts de structuration des milieux d'utilisation (marchés, filières, réglementation). Il s'agit donc de cas complexes développés en collaboration étroite et durable avec de nombreux acteurs extérieurs académiques et socio-économiques qui coproduisent les connaissances. L'Inra contribue fortement à la structuration des milieux d'utilisation de la technique, aux côtés des parties prenantes.

Les impacts de ces cas sont forts (impact sur la dimension principale d'intensité comprise entre 3 et 5/5 et valeur cumulée sur l'ensemble des dimensions supérieure à la moyenne des 29 cas), notamment l'impact économique, qui est assorti d'un impact sanitaire, environnemental ou territorial également assez fort. Malgré les obstacles à la diffusion* que rencontrent régulièrement ces cas, les impacts sont générés rapidement après la production des outputs (délai court et homogène³⁰ : 4,6 ans en moyenne). Les intermédiaires extérieurs sont nombreux (3,5 intermédiaires extérieurs en moyenne) et étaient souvent impliqués dès le début des recherches : le réseau était préparé en amont à l'épreuve de la diffusion. Ces intermédiaires collaborent souvent avec l'Inra pour lever les freins* réglementaires, économiques, marketing... qui sans cette action entraveraient l'introduction de l'innovation sur le marché. Ces freins sont liés à la structuration du milieu socio-économique en aval des recherches ; ils relèvent de la difficulté d'accès au

FIGURE 6 TYPOLOGIE STRATÉGIQUE DES MÉCANISMES DE GÉNÉRATION DES IMPACTS DE LA RECHERCHE



marché ou de contraintes réglementaires. Dans tous les cas de cette catégorie, au moins une barrière* critique (marché ou réglementation) fait initialement obstacle à la diffusion (2 dans 50 % des cas). Ainsi, les mécanismes d'intéressement des acteurs intermédiaires sont particulièrement critiques pour structurer le milieu de diffusion et assurer la génération d'impacts. Ces mécanismes prennent des formes variées : enrôlement et coordination des partenaires et des utilisateurs finaux, organisation de la propriété intellectuelle, adaptation de la réglementation... Par ailleurs le TRL moyen des cas de cette classe est élevé (6,7), témoignant de la forte intervention averse de l'Inra dans la structuration du partenariat pour la diffusion des innovations, face aux obstacles réglementaires et économiques présents.

La majorité des partenaires de l'Inra dans les inputs (66 %) joue également un rôle important dans la diffusion des outputs. La durabilité des relations partenariales de l'Inra semble être un facteur de succès de cette catégorie de cas. Du point de vue des inputs, ces cas se caractérisent par l'implication systématique et précoce de nombreux partenaires non académiques dans les recherches, et particulièrement des centres techniques (LDAR, UNCEIA, CDEO, Plantes et Cité). Ces organisations professionnelles représentent en moyenne 50 % des partenaires de ces cas, tandis que les acteurs privés sont rarement partenaires (11 % des cas). Dans chacun de ces cas, au moins 2 partenaires non académiques sont impliqués aux côtés de l'Inra et jouent un rôle structurant dans les inputs. Cette forte participation est assurée par des mécanismes d'intéressement liés à des activités de coproduction des connaissances et leur incorporation dans des dispositifs de diffusion déterminants (comme les allèles de résistance à la tremblante intégrés dans les béliers du troupeau expérimental du CDEO). Ces partenaires apportent systématiquement des moyens aux recherches (particulièrement à travers la mise à disposition d'infrastructures physiques et biologiques). Les outputs sont donc réellement co-produits et la forte participation des acteurs de la filière semble accélérer le processus (le délai de production des outputs est homogène sur ces cas et il est réduit à 6 ans en moyenne, contre 13 ans sur l'ensemble des cas). Ces cas sollicitent fortement l'Inra scientifiquement (la capacité d'expertise individuelle des chercheurs Inra, leur aptitude à mobiliser des connaissances extérieures pré-existantes et des disciplines variées à l'Inra) et « socialement » puisque l'Inra s'investit dans la coordination de ses nombreux partenaires.

Les outputs sont de nature variée, avec notamment des innovations incorporées dans des objets techniques et des savoir-faire et méthodes. Les publications internationales dans des revues à comité de lecture sont systématiques, ce qui traduit l'excellence de la base scientifique des cas de cette classe. Dans les cas de cette classe, le recours aux droits de propriété intellectuelle est plutôt faible ; il y a peu de brevets, COV et logiciels par rapport à la moyenne des cas et les outputs sont rarement valorisés par le biais d'un système de licences.

Cette catégorie rassemble donc des cas où la structuration du milieu tant scientifique que socio-économique est un élément critique de la génération d'impacts. L'Inra interagit avec un grand nombre d'acteurs socio-économiques (et académiques) extérieurs à la fois pour la production de connaissances et pour la transformation des milieux d'utilisation.

TYPE 2 FORTES COLLABORATIONS DANS DE LONGUES RECHERCHES

Les cas de cette classe sont : le procédé de stabilisation tannique du vin par électrodialyse, les diagnostics pour l'amendement forestier, la plateforme logicielle de gestion forestière Capsis, les pièges à processionnaires du pin et les protocoles de leur mise en œuvre, les variétés améliorées de pin maritime.

L'étape critique de ces cas réside dans la phase de recherche (inputs), dans laquelle des mécanismes d'intéressement variés sont en jeu : mobilisation de connaissances accumulées de longue date en interne ou extérieures, contribution des partenaires à la problématisation, utilisation de plateformes collaboratives, systèmes de réciprocité des investissements... Il s'agit de cas où l'Inra joue un rôle déterminant dans des recherches souvent longues (>15 ans pour pin maritime, Capsis et amendement forestier) et pointues, où ses infrastructures physiques propres (réseau de placettes expérimentales, halle pilote, vergers...), centralisées et suivies de longue date sont déterminantes. Les chercheurs mobilisent systématiquement de nombreuses disciplines scientifiques ainsi que des connaissances issues de la communauté scientifique internationale. Dans tous les cas, l'Inra s'associe avec au moins un partenaire académique extérieur complémentaire au cours des recherches, avec qui il coproduit les connaissances. Dans tous les cas, les partenaires socio-économiques (non académiques), souvent des Instituts techniques et OPA, contribuent également à la production de connaissances, en plus de mettre à profit leurs infrastructures propres. Mais la majorité de ces partenariats sont établis après que l'Inra a initié les recherches. Il y a réellement une co-production de connaissances importante, consommatrice de moyens physiques importants, et dans laquelle l'Inra joue une place scientifique prépondérante. Cette co-production est rendue possible par une forte structuration des inputs, auxquels les acteurs extérieurs participent. La durée des recherches, orchestrées par l'Inra, la nécessité d'infrastructures maintenues et parfois (Capsis, processionnaires, amendements forestiers) le caractère systémique des innovations nécessitent une forte implication de l'Inra dans les étapes d'expérimentation, de démonstration, d'initiation à l'utilisation : ainsi le TRL moyen des cas de cette classe est élevé (6,8).

Les intermédiaires sont davantage issus du secteur privé (PME/GE), bien que des Instituts techniques et des OPA contribuent aussi mineurairement à la diffusion. Étant donné que la diffusion des innovations ne requiert pas une transformation substantielle des milieux utilisateurs, les phases aval du chemin d'impact comprennent peu de mécanismes critiques. Les marchés auxquels se destinent les outputs sont en général déjà bien structurés et la production d'impacts 1 ne nécessite pas d'adaptations réglementaires significatives. Le transfert s'effectue sans trop de problème compte tenu de l'implication des acteurs dans les phases de recherche et donc de la grande stabilité du réseau partenarial.

Les impacts de ces cas peuvent se révéler très forts et divers, mais l'impact principal* est dans notre échantillon moins systématiquement économique, plutôt environnemental ou sanitaire.

²⁹ Mais le score maximal atteint est 9, d'où le recentrage de l'axe.

³⁰ À l'exception du cas diagnostic pomme de terre dont les recherches sont difficiles à dater du fait de leur caractère très progressif.

TYPE 3 MARCHÉ DE TECHNOLOGIES

Les cas de cette classe sont : la sonde de détection des encrassements agroalimentaires (dont les biofilms), la pomme Ariane résistante à la tavelure, le détergent enzymatique anti-biofilms Biorem, les procédés de méthanisation à l'origine de la création de la start-up Naskéo, les facteurs Nod améliorant le rendement des légumineuses et la variété de platane résistante au chancre « Platanor ».

Il s'agit de cas dans lesquels l'Inra mène seul les recherches qui génèrent des outputs et les acteurs extérieurs n'interviennent que plus tard dans le chemin d'impact pour s'approprier les outputs et les transférer.

Au niveau des inputs, l'Inra produit moins de connaissances originales et mobilise très peu de connaissances extérieures préexistantes. Il y a d'ailleurs relativement peu de partenaires académiques dans ces cas³¹ et les partenaires extérieurs, peu nombreux, n'interviennent que tardivement après le début des recherches. Les partenaires des inputs sont en grande majorité des entreprises, qui par ailleurs sont également les acteurs intermédiaires. Ils apportent peu d'infrastructures physiques, biologiques ou bio-informatiques aux recherches. Les inputs étant le rôle quasi-exclusif de l'Inra, la structuration à cette étape est nécessairement faible.

Les résultats sont systématiquement protégés par des droits de propriété intellectuelle (brevets ou COV) et diffusés par l'intermédiaire d'un système de licence exclusif à l'un des acteurs intermédiaires. Ainsi le mécanisme critique de ces cas relève de la négociation de licences exclusives précoces avec les partenaires des inputs, le risque étant le verrouillage de la diffusion des outputs en limitant l'enrôlement d'autres acteurs intermédiaires. Le bref délai entre la production des outputs et les impacts (3 ans en moyenne)³² est probablement lié à ce mécanisme de « circuit court » : ces innovations sont produites au sein d'un petit réseau d'acteurs auquel elles bénéficient. Le délai tient aussi à ce que les filières aval sont déjà structurées et qu'il n'y a pas d'obstacles réglementaires à la diffusion des outputs. La principale fonction structurante des acteurs intermédiaires dans ces cas est la création de nouveaux marchés dans lesquels ils peuvent intervenir. Ainsi le TRL des cas de cette classe est plus faible que celui des autres classes (4,8 en moyenne) : l'Inra accompagne les technologies moins loin dans leur maturation, étant donné que les acteurs intermédiaires prennent le relais de l'Inra dans la transformation de la connaissance scientifique.

En termes d'impact, ces cas génèrent des impacts économiques et environnementaux, mais de faible intensité dans un premier temps (impacts I d'intensité moyenne 1,6 sur toutes les dimensions, avec un seul cas atteignant l'intensité de 5/5 : l'impact économique des facteurs Nod). L'ampleur de l'impact est très dépendante de la bonne santé économique de l'acteur en charge de la diffusion, et de facteurs contextuels relatifs au secteur industriel.

Les cas relevant du type « Marchés de technologie » peuvent être considérés dans un cadre plus large. Par rapport aux cas des types 1 et 2, certains des cas du type 3 permettent d'explorer de nouvelles relations partenariales. Si l'on prend une focale plus large, ces cas permettent non seulement de mettre au point de nouvelles techniques, mais aussi de créer de nouveaux réseaux de partenariat à partir d'une

expérience d'apprentissage relationnel (Joly & Mangematin 1996). Les cas du type 3 pourraient alors préfigurer des cas de type 2 ou 1. Prendre explicitement en compte cette dynamique d'apprentissage pourrait conduire à une plus grande vigilance concernant les implications des relations avec les partenaires et notamment les accords sur les droits de propriété intellectuelle.

TYPE 4 ANTICIPATION DE LA DEMANDE SOCIÉTALE DANS UN CONTEXTE DÉFAVORABLE À LA DIFFUSION

Un seul cas d'innovation (les itinéraires et variétés de blés bas intrants) a été recensé dans cette catégorie où la diffusion des innovations nécessite une transformation importante des milieux utilisateurs alors que les partenaires sont peu impliqués dans l'amont des recherches.

Concernant le cas observé, les impacts sont potentiellement forts mais l'innovation est très peu utilisée, bien qu'elle soit prête à l'emploi. La faible utilisation s'explique par la combinaison de phénomènes conjoncturels (augmentation du prix du blé) et structurels (adaptation du comportement et des pratiques des agriculteurs). Le cas ITK bas intrants est caractérisé par un TRL très fort : 8. En effet, l'Inra a multiplié les efforts pour intéresser les utilisateurs : développement d'essais en stations expérimentales et sur les parcelles d'un réseau d'agriculteurs en collaboration avec les centres techniques, les sélectionneurs... ; démonstration à travers des expérimentations à la demande des chambres d'agriculture pour une adaptation locale des itinéraires...

Il n'est évidemment pas possible de tirer des enseignements sur cette catégorie à partir d'un seul cas. Le faible nombre de cas dans cette catégorie tient à deux raisons : la méthode de sélection qui a privilégié ce que les chercheurs considéraient comme des succès ; la possibilité que ces cas soient peu fréquents, les chercheurs anticipant la difficulté de ces situations. En tout état de cause, il faut se garder d'en déduire que l'Inra devrait systématiquement éviter cette catégorie. Il est en effet dans les missions de la recherche publique d'accroître la diversité des options disponibles, ce qui peut la conduire à s'engager dans des recherches à finalité appliquée sans la collaboration des utilisateurs (et parfois contre leur avis). Néanmoins, de tels engagements sont très risqués et nécessitent des modalités de gestion des projets qui permettent de limiter les risques liés à la non-utilisation, par exemple en privilégiant la production de connaissances à caractère générique qui peuvent servir dans d'autres projets. C'est partiellement la situation étudiée dans le cas ITK bas intrants car les variétés multirésistantes sont à présent utilisées dans les itinéraires conventionnels.

TYPE 5 LES CAS QUI SE TRADUISENT PAR UN IMPACT POLITIQUE

Les 11 cas dont l'impact principal est politique répondent à des logiques différentes concernant les contributions de l'Inra et des acteurs non académiques dans le chemin d'impact. Ainsi, ils constituent une classe à part de la typologie.

Trois étapes critiques, soulignées dans la littérature, interviennent dans le chemin d'impact politique (voir annexe 4 pour une revue) : les fenêtres d'utilisation favorables permises par le contexte externe, la circulation des connaissances aux échelles pertinentes pour la

politique, et la préservation de l'intégrité des messages scientifiques. S'agissant de ces étapes critiques, une distinction doit être faite entre les situations où les recherches de l'Institut (ou les expertises qui en découlent) répondent à une commande publique sectorielle, et celles qui s'inscrivent hors de ce cadre.

LES RECHERCHES QUI RÉPONDENT À UNE COMMANDE PUBLIQUE SECTORIELLE

Il s'agit des cas concernant des recherches initiées en relation étroite avec des utilisateurs publics, visant à répondre à des besoins identifiés par ces derniers, avec à l'esprit un objet et un calendrier d'utilisation. Les demandes sont exprimées en général par un ministère technique (agriculture, environnement) ou une administration régionale. Les acteurs publics participent souvent au cofinancement des recherches ou subventionnent la réalisation d'un état de la connaissance à des fins d'utilisation politique (expertise collective ou étude). Entrent dans cette catégorie de cas l'expertise collective pesticides, l'étude Ecophyto R&D, les travaux concernant les effets subtils des pesticides sur les abeilles, les travaux concernant les emballages alimentaires, le développement d'une méthode de niveau 2 pour l'inventaire des émissions de N₂O agricole, Climator, la création d'un système d'information sur les sols de France.

• Les fenêtres d'utilisation

La plupart des recherches ont été conçues en relation avec l'agenda et les préoccupations des politiques sectorielles les concernant (ESCo pesticides, Ecophyto R&D, TAC saumons, Emballages) et trouvent dans cette fenêtre d'opportunité une première utilisation. S'agissant du contexte, les cas qui présentent les plus forts impacts (ESCo pesticides, Abeilles, Ecophyto, Infosol) correspondent à une préoccupation sociétale forte et nationale sur des enjeux souvent systémiques. Parmi les autres cas, certains répondent à des préoccupations sociétales moindres parce qu'ils concernent une aire de répartition régionale (TAC saumons). Enfin, les cas liés aux enjeux de changement climatique répondent à une problématique sociétale réelle mais concernent une crise latente dont les conséquences sont encore très incertaines, et ont des impacts politiques encore faibles (ex : inventaire des émissions de N₂O et Climator). Dans l'ensemble des cas étudiés pour lesquels l'aide aux politiques publiques était l'objet principal des travaux scientifiques (ESCo pesticides, Ecophyto, BPA, TAC saumons, Emballages, Climator, N₂O et Abeilles) la genèse des impacts intervient rapidement à partir des outputs (3,2 ans en moyenne, avec un minimum de 0 ans et un maximum de 5 ans). D'autres cas, comme Infosol, relèvent d'une amélioration plus continue de politiques très diverses, où la contribution de la recherche à la genèse des impacts, est difficile à cerner avec précision tant ceux-ci sont de nature qualitative et dispersée.

• Circulation des connaissances et cycle politique

La pertinence de la circulation des connaissances, tout comme du rôle d'intermédiation des chercheurs, aux échelles territoriales où se situent les débats, les décisions et les mises en œuvre de la politique sont une deuxième étape critique du chemin d'impact. Les cas concernent

généralement des thématiques de recherche dans lesquelles l'implication de l'Inra est de longue durée (14 ans en moyenne), et la crédibilité scientifique de l'Institut et de ses chercheurs auprès des parties prenantes est bien établie. Le rôle de l'Inra et de ses travaux peut se situer temporellement dans la mise sur agenda de nouvelles questions (BPA, Abeilles, N₂O agricole, Climator), le débat politique (ESCo pesticides), la prise de décision ou la mise en œuvre de la politique (TAC saumons, emballages, Infosol, Ecophyto). Les chercheurs sont dans la totalité de ces cas engagés dans l'intermédiation de la connaissance, sur tout ou partie du cycle politique, et à différentes échelles territoriales. Les autres acteurs intermédiaires faisant circuler la connaissance sont de natures diverses : médias (dans les cas impliquant une controverse sociétale), agences sanitaires, ministères ou administrations régionales, hommes politiques, Instituts techniques (très rarement des entreprises privées). Ces intermédiaires n'ont, dans la majorité des cas, pas participé aux recherches, sauf, pour ce qui concerne les administrations publiques qui versent des crédits incitatifs aux chercheurs.

• La préservation de l'intégrité des messages scientifiques

À l'étape de l'intermédiation, préserver l'intégrité des messages scientifiques est un enjeu important. Certains éléments de la recherche peuvent en effet être occultés, mal interprétés, ou diversement mobilisés par les acteurs dans le débat public ou la mise en œuvre de la politique. Cette préservation joue également un rôle important dans la percolation des idées, par laquelle des acteurs intègrent progressivement la connaissance scientifique, et font évoluer au fil du temps leurs positions de négociation. La notoriété scientifique de l'Institut joue un rôle important à cette étape, en crédibilisant les connaissances produites et les solutions techniques proposées (ESCo pesticides, TAC saumons, Abeilles), d'autant plus lorsque l'Institut peut se prévaloir d'une mission de service public. La notoriété de l'Institut, tout comme la préservation sur le long terme de l'intégrité des messages scientifiques, est facilitée par la durée de l'investissement sur les thématiques de recherche.

LES CAS QUI TROUVENT UNE FENÊTRE D'APPLICATION HORS D'UNE COMMANDE PUBLIQUE SECTORIELLE EXPLICITE

Les recherches de ces cas ne s'inscrivent pas dans un calendrier d'utilisation précis défini par les politiques sectorielles concernées, et doivent intéresser des intermédiaires pour leur traduction en impact politique. Il s'agit des retombées du projet européen Fire Paradox, l'éclairage des politiques publiques de réduction des nitrates et des travaux sur le BPA, mais aussi des cas pour lesquels l'impact politique n'était pas la finalité première, et qui se situent dans une autre classe de notre typologie (Tremblante ou Diagnostic PdT).

³¹ Les exceptions constatées, Naskéo et facteurs Nod, présentent des partenariats académiques mais ceux-ci se nouent relativement tardivement dans l'histoire des cas.

³² Sans compter le cas facteur Nod, qui présente une diffusion tardive car l'industriel, qui n'était pas partenaire des inputs, n'a été identifié que très tard.

• Les fenêtres d'utilisation

Dans la majorité des cas de cette sous-catégorie (BPA, Tremblante, Nitrates), la connaissance scientifique préexistante est mobilisée du fait de la modification du contexte externe. Dans ce cas de figure, la durée entre outputs et impacts, en moyenne plus longue (6 ans) est bien plus variable. Le cas qui présente le plus fort impact, BPA, s'inscrit dans un sujet de controverse sociétale qui attire l'attention des hommes politiques. L'attention politique ouvre une fenêtre d'utilisation au Parlement, en dehors de l'agenda du ministère sectoriel. S'agissant des situations où l'impact politique est secondaire, la fenêtre d'utilisation de la recherche est ouverte par la nécessité de prévention d'une crise (tremblante masquant une ESB ovine, diagnostic sanitaire pomme de terre éradiquant les risques de mise en quarantaine des plants, annonce d'une amende par la Commission dans le cas nitrates), à laquelle la connaissance scientifique accumulée permet de trouver une solution rapide et adaptée (caractère assurantiel de la connaissance disponible).

• Circulation des connaissances et cycle politique

La pertinence de la circulation des connaissances, tout comme du rôle d'intermédiation des chercheurs, aux échelles territoriales où se situent les débats, les décisions et les mises en œuvre de la politique sont une deuxième étape critique du chemin d'impact. Les cas de cette sous-catégorie concernent des situations pour lesquelles l'influence nationale de l'Inra est assez faible (s'agissant du BPA et de Fire Paradox, le rôle de référent principal est dévolu respectivement à l'Inserm et à l'IRSTEA). Les relations et la notoriété individuelle de ses chercheurs auprès de certaines parties prenantes facilitent la visibilité des résultats de recherche (BPA).

Le rôle de l'Inra et de ses travaux peut se situer temporellement dans la mise sur agenda de nouvelles questions (BPA, Fire Paradox), le débat politique (BPA, Nitrates), la prise de décision ou la mise en œuvre de la politique (Tremblante). Les chercheurs sont moins impliqués dans l'intermédiation de la connaissance que dans les cas issus d'une commande publique, connaissent moins bien les conditions d'application des recherches et le milieu de diffusion, et les recherches ne sont pas toujours bien adaptées à une utilisation politique optimale (BPA, Fire Paradox). Les médias sont particulièrement présents dans la circulation de la connaissance, les autres intermédiaires sont de diverses natures : agences sanitaires, ONG, ministères ou administrations régionales, hommes politiques, Instituts techniques (très rarement des entreprises privées). Ces intermédiaires n'ont dans la majorité des cas pas participé aux recherches.

• La préservation de l'intégrité des messages scientifiques

À l'exception des cas où l'impact politique est secondaire, et correspond à l'utilisation à une étape politique critique d'une connaissance scientifique et d'une expertise accumulée dans un objectif d'appui aux filières (tremblante, diagnostic PdT), les thématiques ne correspondent pas à un domaine d'intervention majeur de l'Inra, et le maintien dans la durée de l'intégrité du message scientifique peut être de ce fait fragilisé par une moindre durée de l'investissement sur les thématiques de recherche.

CONCLUSION DE LA TYPOLOGIE

Cette analyse typologique permet de représenter de façon simple et synthétique la diversité des situations et des modalités de coopération entre l'Inra et ses partenaires aux différentes étapes du chemin d'impact. Une synthèse des mécanismes générateurs d'impacts critiques et des caractéristiques des chemins d'impact, pour les 5 types de cas identifiés, est proposée dans le tableau 11.

Le type 3 correspond au cas de transfert de technologie le plus classique où l'Inra fait la recherche et où des partenaires prennent en charge la valorisation économique. Dans notre échantillon (6 cas sur 18) les impacts générés dans cette classe sont généralement faibles. L'Inra réalise les recherches seul (ou dans des partenariats dont le rôle est marginal) et le mécanisme critique réside dans l'intéressement d'un acteur qui valorisera la nouvelle technique. Le réseau d'acteurs est en général petit et parfois verrouillé avant la production des outputs à travers un système de licences exclusif. L'enjeu important de ces cas réside dans la définition commune à l'Inra et à ses « clients » d'objectifs pour la valorisation des innovations.

Les types 1 et 2, marqués par une forte co-production des connaissances, sont représentés par 11 cas sur 18. Ils concentrent les cas dans lesquels on observe les impacts les plus forts sur le plan économique, environnemental et social. S'appuyer sur des réseaux pré-existants et sur des partenariats durables constitue donc un atout important pour la production d'impact.

Les cas à impact économique 4 ou 5/5 sont fortement concentrés dans le type 1, où l'Inra joue non seulement son rôle de production de connaissances mais contribue également au développement en incorporant ces connaissances dans des objets techniques et structure fortement le milieu d'utilisation des nouvelles techniques. Les mécanismes qui génèrent les impacts consistent en une chaîne de traduction complexe et longue. Les mécanismes critiques générateurs d'impacts sont distribués tout au long du chemin d'impact, de la recherche aux contextes d'utilisation, compte tenu de l'importance des transformations nécessaires. Dans les cas analysés, la bonne réalisation de ces opérations de traduction tient au fait que les acteurs ont l'habitude de collaborer, partagent des objectifs, un langage commun et qu'ils se font confiance. La diffusion large et rapide tient à l'existence de structures et de formes de coordination fortement associées à la recherche. Ces structures ont une capacité d'adaptation qui permet de réaliser les transformations nécessaires (objets techniques, standards, réglementation, comportement des utilisateurs...) dans des délais très rapides. Cette capacité d'adaptation du partenariat traditionnel constitue une dimension critique des mécanismes d'impact.

Dans les cas de type 2, les recherches requièrent le maintien d'actifs sur le long terme et le partage d'infrastructures et de connaissances. Mais le réseau d'acteurs est petit et le choix des partenaires qui joueront le rôle d'intermédiaires se fait relativement en amont des outputs. Compte tenu que, dans ces cas, les transformations du milieu d'utilisation sont limitées, les mécanismes critiques qui génèrent les impacts sont concentrés dans la phase de recherche & développement. Les activités de formation, démonstration, expertise technique de l'Inra dans l'étape d'intermédiation contribuent à maintenir la participation des acteurs au-delà des outputs.

Le type 4 représente des cas nécessitant un investissement en recherche de l'Inra important et dont les obstacles de diffusion sont anticipés. Les efforts de l'Inra et des acteurs intermédiaires ne suffiront pas nécessairement à lever les barrières importantes de marché ou de réglementation attendues. Comme dans les cas de type 3, l'Inra réalise les recherches dans des partenariats dont le rôle est marginal, mais une difficulté supplémentaire s'ajoute : l'importance des transformations nécessaires pour adapter le milieu d'utilisation. Dans le seul cas correspondant à ce type, on observe une réelle difficulté à intéresser des acteurs, ce qui explique la très faible diffusion de l'innovation. Davantage de cas dans ce type nous permettrait de le caractériser plus finement.

Dans le type 5 représenté par les 11 cas restants dont l'ambition de valorisation était politique, l'Inra joue un rôle dans la genèse de l'impact politique par une implication durable sur la thématique de recherche, en structurant le débat, en facilitant la diffusion des idées, et en préservant l'identité de messages scientifiques qui se révèlent tout à la fois originaux par rapport aux positions dominantes des parties prenantes en présence, et pertinents par rapport aux enjeux considérés. L'Institut appuie également par sa notoriété la crédibilité des connaissances scientifiques produites par ses chercheurs. Les mécanismes

critiques d'intéressement sont variables selon que le cas correspond à une commande publique ou résulte de recherches indépendantes qui trouvent une application *a posteriori*. De manière générale les étapes critiques de la traduction des connaissances interviennent au stade des intermédiaires, lorsque la diffusion se confronte aux agendas politiques, aux échelles territoriales auxquelles s'organise la politique, et à la déformation des messages scientifiques par les parties en présence. Les cas qui résultent d'une commande publique sont produits sous une forme finalisée et actionnable pour les politiques concernées et trouvent assez facilement leur impact ; ce peut aussi être le cas de travaux publiés dans des revues scientifiques prestigieuses lorsqu'elles correspondent à une préoccupation sociétale forte.

La typologie produite ici n'a pas vocation à déterminer une classe idéale. Le fait de se trouver dans une classe ou dans l'autre n'est pas seulement lié aux stratégies de l'Inra mais peut dépendre des caractéristiques de l'environnement socio-économique. La typologie peut être utilisée pour analyser et suivre ce que l'on pourrait appeler le « portefeuille de l'impact de l'Inra ». Elle doit alors permettre de mieux saisir les mécanismes critiques associés à chacune des classes et les conditions favorables à la production d'impact. ■

TABLEAU 11 SYNTHÈSE DES MÉCANISMES GÉNÉRATEURS D'IMPACTS ET CARACTÉRISTIQUES EN JEU DANS LES 5 TYPES

	TYPE 1 Forte structuration du partenariat depuis la recherche jusqu'aux impacts	TYPE 2 Fortes collaborations dans de longues recherches	TYPE 3 Marché de technologies	TYPE 4 Anticipation de nouveaux usages	TYPE 5 Impact politique
Études de cas	Sélection Génomique, OGU, Tremblante, Carpovirusine, OAD Azofert, Diagnostic PdT	Capsis, STED, Professionnaires, Amendement forestier, Pin Maritime	Pomme Ariane, Sonde FS, Biorem, Platanor, Fac. Nod, Naskéo	ITK bas intrants	TAC Saumons, Fire Paradox, ESCo pesticides, BPA, Abeilles, Emballages, N ₂ O agricole, Infosol, Ecophyto, Climator, Nitrates
Caractéristiques du chemin d'impact	Partenariat stable. Nombreux acteurs, notamment non académiques, impliqués dans les inputs et les intermédiaires, jouant des rôles structurants et coproduisant les connaissances. Impacts forts (notamment économiques) et rapides	Recherches longues, consommatrices de moyens physiques. Coproduction des connaissances avec les acteurs agricoles (OPA et centres techniques). Rôle important de l'Inra dans l'expérimentation, la formation. Marchés structurés ou petits. Impacts forts et divers, environnementaux ou sanitaires	L'Inra produit seul les outputs. Transfert délégué à un petit réseau d'acteurs privés (=intermédiaires) contre une licence exclusive. Difficultés d'intéressement limitent les impacts économiques et environnementaux	Production d'outputs techniquement performants mais diffusion bloquée. Impacts potentiels importants	Présence dans le contexte externe de fenêtres favorables à une utilisation par les intermédiaires. Circulation des connaissances aux échelles pertinentes pour la politique. Certains cas résultent d'une commande publique, d'autres trouvent une utilisation politique après coup
Aspects critiques des mécanismes	Les mécanismes critiques en jeu sont nombreux et variés le long du chemin d'impact : - Dans les inputs : coproduction des connaissances (tous les cas), preuve de la pertinence des connaissances (Tremblante, OGU), incorporation des connaissances dans des objets techniques ou des dispositifs de diffusion (Tremblante, OGU, OAD) - Dans les intermédiaires : coordination des partenaires par l'Inra ou un acteur extérieur (tous sauf Carpo), ouverture du réseau d'acteurs (tous sauf Tremblante), organisation ouverte de la PI (OGU), enrôlement du partenaire-diffuseur décisif (Selgen, Tremblante, OAD, Pdt), délégation de la diffusion à des partenaires recrutés à dessein (Selgen) - Contexte : réponse à une réglementation existante (Carpo, OAD, pdt), mobilisation de la crédibilité/connaissance scientifique de l'Inra pour adapter la réglementation (Tremblante, pdt), enrôlement des utilisateurs (Carpo, OGU, OAD, Selgen)	Les mécanismes critiques en jeu sont principalement en amont de la production des outputs : - Dans les inputs : mobilisation de connaissances accumulées de longue date en interne ou extérieures (tous les cas), rôle des partenaires dans la problématisation (Professionnaires, STED), incorporation des connaissances dans des objets techniques ou des dispositifs de diffusion (Capsis), recrutement de partenaire de R&D apte à diffuser l'innovation (STED, Professionnaires), création ou utilisation de plateformes collaboratives (Capsis, STED), licence open source avec obligation d'amélioration des modèles (Capsis), mobilisation de la crédibilité/connaissance scientifique de l'Inra pour adapter la réglementation (STED)	Le mécanisme critique en jeu est lié au recrutement d'intermédiaires pour l'utilisation des outputs. - Dans les intermédiaires : négociation de licences exclusives qui peuvent verrouiller la diffusion (tous les cas)	Le mécanisme critique en jeu est l'intéressement des acteurs à l'aval (intermédiaires), d'autant plus nécessaire que les transformations des contextes d'utilisation sont importantes	Les mécanismes critiques des cas « politiques » sont à l'œuvre à l'étape des intermédiaires et correspondent à des logiques d'intéressement des acteurs pertinents et compétents au moment opportun. La préservation de l'intégrité des messages scientifiques lors de l'utilisation dans les politiques publiques est déterminante

6

Conclusion, prolongements et recommandations

Pour conclure, nous souhaitons revenir sur l'approche et les principaux résultats du projet Asirpa et montrer que le travail réalisé permet de dépasser certaines limites des méthodes d'évaluation des impacts socio-économiques de la recherche identifiées dans la littérature.

6.1 L'analyse de l'horizon temporel

L'importance des décalages temporels entre recherche et impact constitue une caractéristique essentielle du phénomène étudié. Cette donnée est bien établie dans la littérature, le décalage estimé étant généralement d'une trentaine d'années (Alston *et al.* 2009). Dans ce rapport, nous avons évalué précisément ce décalage dans un ensemble très contrasté de situations : même si l'on se limite aux premiers impacts (impacts de niveau 1 ou *outcomes*), le décalage moyen entre initiation des recherches et impacts est d'une vingtaine d'années en moyenne (19,4), la part la plus importante étant liée à la phase de recherche (14 ans en moyenne). Si l'on peut assez aisément surmonter les difficultés méthodologiques liées à ces décalages temporels, les implications du point de vue des politiques et de la gestion de la recherche sont redoutables. Ainsi, on peut évaluer aujourd'hui les impacts de recherches généralement initiées dans les années 1980/1990 mais on ne peut rien dire des initiatives prises ces 5 dernières années. Il n'est pas possible de faire, en toute rigueur, dans le cadre des exercices quinquennaux d'évaluation des organismes de recherche, une évaluation des impacts des recherches financées en début d'exercice.

On pourrait alors penser que l'analyse des impacts doit se limiter à un exercice de nature académique, qu'elle doit être déconnectée des exercices de nature évaluative et gestionnaire, parce que les recherches sont intrinsèquement risquées et les mécanismes qui génèrent les impacts complexes. Dans cette conclusion, nous allons au contraire montrer que l'analyse des impacts peut jouer un rôle essentiel, et que les connaissances produites dans ce cadre peuvent, dans certaines conditions, éclairer les politiques et la gestion de la recherche.

6.2 Les enseignements d'une approche centrée sur les chemins d'impact, l'analyse de la contribution de l'Inra et des synergies entre acteurs

Comment s'établissent des liens entre des connaissances fondamentales sur les génomes, sur le dialogue moléculaire entre plantes et micro-organismes, sur les dynamiques de minéralisation de l'azote,

sur les mécanismes d'absorption cutanée d'une molécule... et des changements de pratiques de centaines de milliers d'agriculteurs, la mise sur le marché de nouvelles pommes, la mise en œuvre de réglementations... ? Nous avons choisi d'analyser les mécanismes qui génèrent les impacts comme des chaînes de traduction qui mettent en relation les mondes de la recherche et ceux des milieux utilisateurs. L'analyse des chemins d'impact permet alors de mettre en évidence les différents acteurs impliqués, leur rôle aux différentes étapes de ces chemins, les formes d'intéressement qui permettent d'élargir les réseaux de partenariat, s'agissant des contributions spécifiques de l'Inra, on peut retenir de notre analyse quatre résultats généraux :

- la production d'impact se fait dans des domaines où l'Inra a accumulé des compétences sur une longue période et où il dispose d'infrastructures de recherche essentielles : collections biologiques ou génétiques, réseaux d'essais, troupeaux, dispositifs expérimentaux... Ces recherches mobilisent le plus souvent plusieurs disciplines et différents types de connaissances, notamment des savoirs et savoir-faire techniques. Même si les recherches identifiées dans les différentes études de cas sont longues (14 ans en moyenne), elles s'appuient sur des compétences et des infrastructures plus anciennes encore ;
- les chercheurs de l'Inra ont des contributions de nature variée ; afin de les analyser, nous avons identifié les mécanismes critiques du chemin d'impact : dépassement de verrous scientifiques, interaction entre recherche fondamentale et ingénierie, incorporation des connaissances dans des objets techniques, enrôlement d'acteurs intermédiaires décisifs, création de marchés, adaptation de la réglementation... La contribution de l'Inra, au-delà de la production de connaissances fondamentales, est corroborée par un TRL moyen élevé (>6), ce qui est cohérent avec le caractère finalisé des recherches de l'Institut. Les cas à forts impacts sont généralement ceux où l'Inra accompagne le développement de ses inventions jusqu'aux stades de démonstration et validation en contexte réel ;
- si l'on observe dans la plupart des cas des partenariats engagés à la fois dans la recherche (*inputs*) et dans les phases ultérieures, il est essentiel de distinguer différents chemins d'impact mobilisant des mécanismes critiques différents. Les situations où l'Inra vise à appuyer les politiques publiques se distinguent nettement des autres du fait de la nature des produits de la recherche et de leurs logiques de mobilisation. Pour le reste, les cas à forts impacts sont en général ceux pour lesquels le partenariat en amont est important. Cela ne signifie pas forcément que les partenaires sont à l'origine des recherches. Mais cela tient surtout à ce que l'Inra intervient alors dans un milieu très structuré, en relation avec des partenaires traditionnels ; les mécanismes générateurs d'impact sont en place et permettent d'intéresser les acteurs nécessaires dans la recherche, mais aussi de maintenir ou transformer le réseau d'intermédiaires en enrôlant des acteurs déterminants pour

atteindre de larges milieux d'utilisation (coordination des recherches, réglementation, standards, métrologies...). Les processus de généralisation permettent une diffusion rapide de la nouveauté dont l'ampleur est liée à l'importance économique des milieux utilisateurs. En l'absence de partenariat amont, l'impact est plus problématique. Pour les marchés technologiques, on trouve peu de diffusion à large échelle, celle-ci étant souvent contrainte par la taille modeste des entreprises partenaires. Les cas où l'Inra initie des recherches dans des domaines où la diffusion nécessite des ajustements importants sont très rares et l'expérience montre que c'est une configuration très risquée. Il s'agit pourtant d'une dimension essentielle de la recherche publique dans la mesure où l'un de ses rôles est d'élargir la gamme des options socio-techniques disponibles ;

- l'analyse des chemins d'impact met en évidence une transformation du réseau d'acteurs au cours de la diffusion. Ce phénomène, directement lié aux différentes formes d'intéressement mises en œuvre, n'est pas pointé dans la littérature alors qu'il constitue un élément dont les implications sont cruciales. Accorder des droits exclusifs dans les phases amont peut par exemple limiter considérablement le potentiel de diffusion à l'aval. Ce phénomène mérite de plus amples analyses qui devraient permettre de mieux comprendre le rôle des interactions entre l'Inra et les autres acteurs, certaines étant productives, d'autres pouvant s'avérer trop contraignantes. L'Inra devrait être systématiquement attentif à la construction des conditions de généralisation des impacts de ses travaux.

6.3 La diversité des situations et dimensions d'impact

Dans la très grande majorité des cas étudiés, les recherches de l'Inra ont des impacts dans plusieurs dimensions. L'impact environnemental est la dimension d'impact la plus fréquente, suivie de près par l'impact économique et politique. Les impacts sociaux-territoriaux et sanitaires sont moins représentés. Cette répartition des impacts est cohérente avec la prise en compte progressive des questions environnementales dans les recherches de l'Institut, dont la vocation historique initiale était l'augmentation de la productivité agricole. Parmi les cas étudiés, l'impact économique est la dimension où de forts impacts (notes de 4 et 5) sont les plus fréquents : quelques cas constituent la plus grande partie de l'impact économique, notamment le cas de la sélection génomique, celui des OAD pour la fertilisation azotée (Azofert – ou plus encore le méta-cas sur la fertilisation minérale) ou bien encore celui sur la plateforme de recherche sur les technologies laitières. Dans ces trois cas, l'impact économique cumulé sur une vingtaine d'années est de quelques milliards € et la contribution de l'Inra est considérable. Il est néanmoins nécessaire de dépasser une appréhension de l'impact de l'Inra par ces cas emblématiques, malgré leur importance, parce que les missions de l'Inra ne concernent pas uniquement l'économie : l'Inra a des responsabilités à l'égard d'activités et d'acteurs variés. L'étude Asirpa montre l'importance de l'impact de l'Inra sur les politiques publiques : 11 études de cas sont ciblées sur cette dimension et l'on voit qu'elle est présente dans plusieurs autres. Il en est de

même pour l'impact sur l'environnement où l'Inra génère des impacts d'intensité $\geq 3/5$ dans 13 des cas étudiés. Par ailleurs, des cas où les impacts de la recherche sont plus modestes peuvent tout de même être importants, soit parce qu'ils sont très nombreux et constituent ainsi une famille dont l'impact conjugué est important (par exemple des cas liés à l'industrie et affectant la consommation de ressources non renouvelables), soit parce qu'ils contribuent à résoudre des problèmes majeurs du point de vue des milieux affectés qui, sans l'intervention de la recherche publique, seraient laissés orphelins : c'est le cas, par exemple, des recherches sur le chancre du platane ou sur l'éradication du gène de sensibilité à la tremblante du mouton. Mais il est nécessaire de considérer les principes de généralisation des effets des recherches de l'Inra en développant des approches transversales. La présente étude a démontré la faisabilité de telles approches et les premiers résultats concernant les mécanismes d'impact (cf paragraphe 6.2). Le travail de typologie fondé sur le codage des études de cas, tente de réconcilier les travaux académiques de caractérisation des mécanismes d'impact et les pratiques d'évaluation. Asirpa constitue donc un pont entre recherche et gestion opérationnelle.

6.4 L'analyse de l'impact comme éclairage de la politique de recherche

Si l'analyse de l'impact passé ne peut servir à prédire la distribution future des impacts socio-économiques, les études ex-post peuvent toutefois favoriser la capacité d'un organisme finalisé à produire des retombées non académiques. Notre argument tient en trois points. Tout d'abord, l'analyse de la trentaine de cas met en évidence une diversité de propriétés structurelles -les mécanismes qui génèrent les impacts- nécessitant une attention des chercheurs ou des managers. Une telle connaissance est essentielle dans les organismes de recherche finalisée. En second lieu, les cas présentés dans le cadre de cette étude, sélectionnés parce qu'ils sont considérés comme des succès, représentent une grande diversité de situations d'impact, tant pour ce qui concerne leur ampleur, que la distribution ou les bénéficiaires des innovations. La déclinaison de ces différents mécanismes dans une diversité de situations fournit une typologie pour l'analyse transversale des études de cas et permet d'éviter de ne porter une attention qu'aux impacts les plus emblématiques. L'approche permet par ailleurs de faire des analyses à différentes échelles : cas, méta-cas, département de recherche, organisme. Ces différents éléments permettent une utilisation de l'évaluation ex post des impacts dans les stratégies et la gestion de la recherche. Enfin, le travail réalisé dans le cadre d'Asirpa permet de contribuer à l'enjeu d'une culture partagée de l'impact au sein de l'Institut. La connaissance produite par les études de cas est un élément important. Mais l'essentiel réside dans la méthode proposée dès lors que l'organisation Inra peut se l'approprier. L'expérience de transfert aux départements montre qu'une telle appropriation est possible. La méthodologie standardisée d'études de cas apporte une série d'outils qui permet de réaliser des cas d'une qualité convenable dans des délais raisonnables. Elle a l'intérêt d'utiliser un ensemble

riche de données, qualitatives et quantitatives, qui permettent de comprendre les mécanismes qui génèrent les impacts et d'en rendre compte. La démarche permet aux départements de mieux connaître l'impact de leurs propres recherches, et de favoriser les échanges avec les chercheurs et les partenaires autour de ces questions. Utilisant des outils et un langage commun, leurs analyses contribuent à l'appréhension de l'impact de l'Inra dans son ensemble. L'approche Asirpa peut ainsi contribuer à enclencher des boucles vertueuses d'apprentissage qui enrichissent la culture de l'impact.

Le travail réalisé dans le cadre du projet Asirpa établit la preuve de concept d'une approche originale qui a trouvé ses premiers utilisateurs : les départements dans le cadre de leur auto-évaluation. La diffusion plus large de la démarche, quoique liée à des éléments de contexte, est possible, car l'approche est facilement utilisable et peut répondre aux besoins d'autres organismes de recherche. ■

7 Glossaire

Agenda politique : ensemble des problèmes/priorités faisant l'objet d'un traitement par les autorités publiques, susceptibles de faire l'objet de décisions.

Analyse en coupe : analyse quantitative d'une variable de l'impact pathway sur l'ensemble des cas considérés. Elle permet de monter en généralités sur les caractéristiques de la génération d'impact de l'Institut et de sélectionner les variables afin de construire les axes de l'analyse typologique.

Analyse transversale : analyse « horizontale » des variables de l'impact pathway sur l'ensemble des cas étudiés afin de généraliser les mécanismes en jeu dans les situations spécifiques des cas. L'analyse transversale que nous proposons procède en deux étapes : une analyse en coupe des variables et une analyse typologique des chemins d'impact.

Apprentissage (interne) : un des objectifs de l'évaluation de l'impact d'un organisme. L'apprentissage interne consiste en la diffusion de connaissances concernant les mécanismes qui génèrent l'impact et la modification des pratiques de conception des programmes de recherche ou des dispositifs visant à produire un impact spécifique.

Attribution : estimation de la mesure selon laquelle les impacts observés consécutivement à la mise en œuvre d'une intervention lui sont attribuables.

Barrière, obstacle, frein à la diffusion : les barrières sont inhérentes au processus d'innovation et font obstacle à la production et la diffusion des outputs. Des mécanismes de traduction peuvent permettre de les surmonter. Ces barrières peuvent relever de difficultés lors de la transaction (liées aux règles internes des parties, à la négociation de la PI...) ou de l'orientation des recherches (Bruneel *et al.* 2010), être liées à la nature des connaissances échangées, aux ressources partagées ou à des difficultés de coopération (Fichter 2009).

Bassin de connaissances : la communauté épistémique internationale des disciplines scientifiques mobilisées dans le cas étudié.

Chronologie : frise graphique résumant les événements déterminants de l'étude de cas (« turning points »), qu'ils soient directement liés à l'intervention de l'Inra ou pas.

Cibles d'impact : bénéficiaires présumés ou visés des impacts générés. Contrairement à une utilisation classique dans la littérature de l'évaluation, le mot « cible » ne fait pas ici référence aux objectifs précis et mesurés des recherches ou à une situation insatisfaisante à laquelle la recherche devrait remédier. Voir l'annexe 3 pour des exemples de cibles spécifiques à chaque dimension d'impact.

Connaissances actionnables : ce sont des connaissances que les acteurs peuvent mettre en œuvre pour atteindre leurs buts. Des connaissances fondamentales ne deviennent actionnables que lorsqu'elles sont incorporées dans des objets techniques, lorsqu'elles sont complétées par un ensemble de données techniques qui permettent leur adaptation aux contextes d'action et/ou lorsqu'elles bénéficient d'une forte crédibilité.

Contribution : analyse des rôles des différents acteurs et institutions ayant participé à une ou plusieurs étapes de la fabrication de l'impact (inputs ou intermédiaires).

Coordination : orchestration, animation, du réseau d'innovation, du partenariat, des utilisateurs, des activités de recherche, de la diffusion des outputs, d'un dispositif intermédiaire (sites de démonstration, organisation de l'accès à la PI...). Les actions de coordination peuvent être le fait de l'Inra ou d'un acteur extérieur.

Dimension d'impact : grands domaines d'impact parmi les 5 retenus dans le cadre du projet Asirpa : économique, environnemental, politique, sanitaire, territorial-social.

Étude de cas standardisée : modèle d'analyse de cas d'innovation fondé sur l'élaboration de concepts, de méthodes et d'un jeu de descripteurs communs. Les principaux éléments standards de l'approche Asirpa sont l'étude de cas par entretiens des acteurs impliqués et recherche bibliographique, le plan du rapport d'étude de cas et les 3 visuels développés par l'équipe (Impact Pathway, chronologie et vecteur d'impact).

Évaluation ex post : évaluation menée au terme d'un projet, programme, d'une intervention... Elle permet d'analyser les facteurs d'échec et de succès, d'apprécier les impacts générés, éventuellement de les comparer aux objectifs. Elle est souvent opposée à l'évaluation *ex ante*, menée avant la mise en œuvre d'un projet, programme, d'une intervention... Et permettant l'analyse de ses effets anticipés. Cette dernière vise à améliorer la conception des interventions, évaluer la solidité des fondements économiques et sociaux des objectifs établis, appuyer les recommandations en matière d'utilisation des ressources et planifier le recueil d'informations requises pour le suivi de la mise en œuvre.

Impact : au sens propre, le terme impact désigne le choc d'un projectile à l'endroit de sa chute. Par extension, ce terme a été utilisé dans la langue anglaise pour désigner les effets ou conséquences d'un événement, d'une activité, d'un processus ou d'une infrastructure sur l'économie, l'environnement, la santé, etc. Par « impact de la recherche », on entend donc les effets directs et indirects des différentes composantes de cette activité (production de connaissances, de compétences, d'expertise, de savoir-faire, d'infrastructures) sur l'économie, l'environnement, la santé, etc. À la différence de ce que sous-tend la sémantique de l'impact (un choc immédiat fortement localisé dans le temps et dans l'espace), les impacts de la recherche sont générés par des processus longs et ils peuvent se propager dans des espaces très étendus. D'où l'importance de la notion de « mécanismes générateurs d'impact ».

Impact socio-économique : désigne l'impact sur les 5 dimensions retenues dans le cadre du projet Asirpa, à savoir : économique, politique, environnementale, sanitaire, territoriale-sociale.

Impacts 1 : impacts observés sur les utilisateurs directs des outputs auxquels l'Inra a contribué, souvent des pionniers, parfois les producteurs des outputs eux-mêmes. Ils se manifestent sur les 5 dimensions d'impact considérées.

Impacts 2 : impacts liés à une adoption généralisée de l'innovation à une large part de l'espace ou de la population visée, au-delà de la sphère des utilisateurs initiaux (impacts 1). La distinction entre impact 1 et 2 repose sur un changement d'échelle.

Impact Pathway : ou chemin d'impact. Adapté du CGIAR, cette représentation graphique des étapes de génération des impacts décrit le travail de recherche, le cheminement de la connaissance hors de la sphère académique, sa transformation et son utilisation par les acteurs socio-économiques. Chaque cas est ainsi résumé par son contexte, les inputs investis, les outputs produits, les intermédiaires impliqués et les impacts 1 et 2 générés. L'IP est un instrument clé pour déterminer la contribution spécifique de l'Inra au sein d'un réseau d'acteurs de diverses natures, le rôle de facteurs contextuels, et identifier les mécanismes critiques.

Impact principal : terme employé pour désigner la dimension d'impact la plus intensément affectée dans un cas donné.

Inputs et situation productive : (parfois résumé inputs dans le cadre du projet). Ensemble des compétences, infrastructures, financements, partenariats, réputations, arrangements institutionnels, bassin de connaissances international de l'Inra et du réseau d'acteurs mobilisés pour la production des connaissances scientifiques et techniques. L'analyse de la situation productive permet de comprendre la contribution spécifique de l'Inra, les apports des autres partenaires, et les synergies à l'œuvre.

Intermédiaires : les acteurs et dispositifs jouant un rôle dans la transformation, la diffusion, l'adaptation de la réglementation, la coordination des acteurs... Il peut s'agir de dispositifs techniques, de structures professionnelles, de conseil, de formation ou de médiation, des systèmes de licences ou de contractualisation, des ressources humaines, des centres techniques, des incubateurs, des administrations ou des médias...

Maturation technologique : différentes étapes d'expérimentation, de validation, de démonstration et de qualification des résultats de recherche afin de les rendre utilisables par la sphère socio-économique.

Mécanisme générateur d'impact : chaîne d'opérations de traduction des recherches en impact. Nous utilisons ici la notion de « traduction » au sens de la sociologie de la traduction (Callon 1986). Sans exclure les dimensions cognitives et techniques (par exemple, incorporation de connaissances génériques dans un objet technique expérimental, adaptation d'un pilote à des conditions d'utilisation réelles, etc.) la notion de traduction met l'accent sur les « dispositifs d'intéressement ». Un dispositif d'intéressement assure la participation de partenaires dans le processus d'innovation ; il procède par une négociation conjointe de la technique et des intérêts des partenaires concernés. Les opérations de traduction sont nombreuses, aux différentes phases du chemin d'impact : dans la situation productive (rôle des partenaires extérieurs dans la problématisation et dans la

co-production des connaissances dans les phases amont de l'innovation) ou dans les phases de transformation des outputs en impacts 1 et des impacts 1 en impacts 2. L'identification des opérations de traduction qui jouent, dans un contexte donné, un rôle critique, est alors un objectif analytique essentiel.

Méta-cas : cas regroupant un ensemble de cas. Ainsi le méta-cas Fertilisation minérale regroupe la fertilisation azotée, potassique et phosphorée. Les méta-cas permettent d'appréhender de plus gros impacts et contribuent à une meilleure lisibilité de l'impact des recherches de l'Inra.

Outputs : produits des recherches. Ils peuvent être académiques, techniques (incorporés dans des objets techniques ou méthodologiques), organisationnels. Ce sont essentiellement des connaissances actionnables.

Point d'inflexion ou turning point : événement daté lié au comportement des parties prenantes ou au contexte externe qui influence fortement l'impact pathway d'un cas.

Project Fallacy : tendance/difficulté/ pratique d'évaluation qui consiste à attribuer à tort des effets observés (outputs ou impacts) aux seuls inputs du projet évalué, niant les contributions d'organismes extérieurs ou projets antérieurs.

Structure de coordination : output relatif aux recherches qui aboutissent ou concourent à la création : i. de dispositifs pérennes ou d'infrastructures de recherche en partenariat ou non dédiés notamment à la mise en œuvre des solutions proposées par les outputs ; ii. d'institutions ou d'organisations de coordination ou de concertation ; iii. de réseau socio-professionnel ; iv. d'entreprises, de filiales.

Structuration : de la chaîne de valeur des résultats de recherche. Il peut s'agir du milieu scientifique ou socio-économique, des réseaux d'innovation, du partenariat. Aux étapes de la diffusion, de la traduction des recherches. Il s'agit de lier des utilisateurs et des producteurs de connaissance, de combler des trous structurels et d'aider les innovateurs à surmonter les barrières inhérentes au processus d'innovation.

Surplus économiques : gain économique généré à l'échelle de l'ensemble de la société par la production et la consommation de certains biens. L'innovation génère une variation de surplus économique grâce à une baisse des coûts de production et/ou à une amélioration de la qualité des biens qui sont produits. Les analyses de surplus ne prennent pas en compte les coûts qui correspondent à des transferts entre acteurs économiques. Par exemple, si une innovation permet à un acteur d'augmenter sa marge en vendant son produit plus cher, le supplément de prix lié à l'augmentation de marge est un transfert monétaire entre ces deux acteurs qui n'affecte pas le surplus économique global.

Vecteur d'impact : composé de la table d'impact et du radar, il décrit la diversité des impacts générés par les activités retenues dans l'analyse (liste des différentes dimensions affectées) et leur intensité (hiérarchie des dimensions et quantification sur une échelle nominale de 1 à 5/5).

Visuels : représentations graphiques de la chronologie, de l'impact pathway et du vecteur d'impact de chaque cas. ■

8 Liste des abréviations

- AERES** : Agence d'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur
AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, devenu ANSES
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ASIRPA : Analyse Socio-Économique des Impacts de la Recherche Publique Agronomique
CA : Chiffre d'Affaires
CGIAR : Consultative Group on International Agricultural
CIFRE : Conventions Industrielles de Formation par la REcherche
CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
CSIRO : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
EFSA : European Food Safety Authority
EMBRAPA : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESCO : Expertise Scientifique Collective
ETP : Équivalent Temps Plein
GE : Grande Entreprise
GIS : Groupement d'Intérêt Scientifique
IFRIS : Institut Francilien Recherche Innovation Société
IP : Impact Pathway
IRSTEA : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
ITK : Itinéraires Techniques
OAD : Outils d'Aide à la Décision
OPA : Organisme Public Agricole
ORE : Observatoire de Recherche en Environnement
PI : Propriété Intellectuelle
PME : Petites et Moyennes Entreprises
REACH : Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals
REF : Research Evaluation Framework
TRL : Technology Readiness Level
UMR : Unité Mixte de Recherche
UMT : Unité Mixte Technologique

9 Références

- Acil Tasman Pty Ltd, 2010. *Assessment of CSIRO impact and value*, Melbourne: CSIRO.
- Alston, J.M. *et al.*, 2009. The Economics of Agricultural R&D. *Annual Review of Resource Economics*, 1, p.537-65.
- Alston, J.M., Norton, G. & Pradey, P., 1995. *Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*, Cornell University Press, Ithaca/NY (USA).
- Avila, A.F., Rodrigues, G.S. & Vedovoto, G.L., 2008. *Avilacao dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa*, Brasilia: Embrapa.
- Batterink, M.H. *et al.*, 2010. Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship & Regional Development*, 22(1), p.47-76.
- Bontemps, C., Maigné, E. & Réquillart, V., 2010. *La productivité de l'agroalimentaire français de 1996 à 2006*, Institut d'Économie Industrielle (IDEI), Toulouse. Available at: <http://neeo.univ-tlse1.fr/2589/1/10-143.pdf> [Consulté le mai 13, 2014].
- Bozeman, B. & Gaughan, M., 2007. Impacts of grants and contracts on academic researchers' interactions with industry. *Research Policy*, 36(5), p.694-707.
- Bruneel, J., D'Este, P. & Salter, A., 2010. Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry collaboration. *Research Policy*, 39(7), p.858-868.
- Burt, R., 2004. Structural Holes and Good Ideas. *American Journal of Sociology*, 110(2), p.349-399.
- Callon, M., 1986. The sociology of an actor-network. In *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. London: M. Callon, J. Law, and A. Rip.
- Callon, M., 1992. The Dynamics of Techno-economic Networks. In *Technical Change and Company Strategies*. London: Coombs R., Saviotti P., Walsh V., p. 73-102.
- Callon, M., 1999. Le réseau comme forme émergente et comme modalité de coordination: le cas des interactions stratégiques entre firmes industrielles et laboratoire académique. In *Réseau et coordination*. Economica. Paris.
- Chesbrough, H., 2006. *Open Innovation, the New Imperative for Creating and Profiting from Technology* Harvard Business School Press W.,
- Cohen, W.M., Nelson, R.R. & Walsh, J., 2002. Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management Science*, 48(1), p.1-23.
- Colinet, L., Gaunand, A., Hocdé, A., Joly, P-B., Larédo, P., Lemarié, S., Matt M., 2013. Une approche multidimensionnelle de la mesure des effets de la recherche publique agronomique : le cas de l'Inra. In *Penser la valeur d'usage des sciences*. Université de Lausanne : Olivier Glassey, Jean-Philippe Leresche et Olivier Moeschler.
- Cozzens, S. & Snoek, M., 2010. Knowledge to Policy Contributing to the Measurement of Social, Health, and Environmental Benefits. In *Workshop on the Science of Science Measurement*. Washington, DC.
- Dhanasai, C. & Parkhe, A., 2006. Orchestrating Innovation Networks. *The Academy of Management Review*, 31(3), p.659-669.
- Douthwaite, B. *et al.*, 2003. Impact pathway evaluation: an approach for achieving and attributing impact in complex systems. *Learning for the future: Innovative approaches to evaluating agricultural research*, 78(2), p.243-265.
- Embrapa, 2013. *Embrapa's Social Report 2012*, Brasilia: Distrito Federal (DF): Embrapa, Communication Secretariat, Strategic Management Secretariat. Available at: http://bs.sede.embrapa.br/2012/bs_2012_eng.pdf [Consulté le novembre 3, 2013].
- Evenson, E., 2001. Economic impacts of agricultural research and extension. In *in Gardner, R.E. and Rausser, G. Handbook of Agricultural Economics*. vol 1A. p. 573-628.
- Fichter, K., 2009. Innovation communities: the role of networks of promoters in Open Innovation. *R&D Management*, 39(4), p.357-371.
- Foray, D. & Lissoni, F., 2010. University Research and Public-Private Interaction. In *Handbook of the Economics of Innovation*. North Holland, Amsterdam, p. Chapter 6: 275-314.
- Gaunand, A., Hocdé, A., Lemarié, S., Matt, M., De Turckheim, E., 2012. How does public agricultural research impact society? Towards a characterization of various patterns. In *R&D Management*. Grenoble.
- Georghiou, L. *et al.*, 2002. *Assessing the Socio-economic Impacts of the Framework Programme*, Manchester: PREST.
- Georghiou, L. & Clarisse, B., 2006. *Introduction and Synthesis, in Government R&D Funding and Company Behaviour. Measuring Behavioural additionality*, OECD.
- Georghiou, L. & Roessner, D., 2000. Evaluating technology programs: tools and methods. *Research Policy*, 29, p.657-678.
- Gibbons, M. *et al.*, 1994. *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. SAGE, London.

- Griliches, Z., 1958. Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations. *The Journal of Political Economy*, 66(5), p.419-431.
- HEFCE, 2011. *Higher Education-Business and Community Interaction Survey 2009-10*, London and Swindon: HEFCE.
- Heisey, P.W. *et al.*, 2010. *Assessing the Benefits of Public Research Within an Economic Framework. The Case of USDA's Agricultural Research Service*, USDA Economic Research Service. Available at: <http://www.ers.usda.gov/Publications/ERR95/ERR95.pdf>.
- Hughes, A. & Kitson, M., 2012. Pathways to impact and the strategic role of universities: new evidence on the breadth and depth of university knowledge exchange in the UK and the factors constraining its development. *Cambridge Journal of Economics*, 36(3), p.723-750.
- Joly, P.B. & Mangematin, V., 1996. Profile of public laboratories, industrial partnerships and organisation of R & D: the dynamics of industrial relationships in a large research organisation. *Research Policy*, 25(6), p.901-922.
- Jones, H., 2009. Policy-making as discourse: a review of recent knowledge-to-policy literature. *ODI-IKM Working Papers*, (5), p.37.
- Kingdon, J., 1984. *Bridging Research and Policy: Agendas, Alternatives, and Public Policies* New-York: Harper Collins., New-York: Longman.
- Kingsley, G., Bozeman, B. & Coker, K., 1996. Technology transfer and absorption: an « R&D value-mapping » approach to evaluation. *Research Policy*, 25, p.967-995.
- Klerkx, L. & Aarts, N., 2013. The interaction of multiple champions in orchestrating innovation networks: Conflicts and complementarities. *Technovation*, 33(6-7), p.193-210.
- Klerkx, L. & Leeuwis, C., 2008. Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: Experiences with innovation intermediaries. *Food Policy*, 33(3), p.260-276.
- Lindquist, E., 2001. Discerning Policy Influence: Framework for a Strategic Evaluation of IDRC-Supported Research. In *Cases, Concepts and Connections: the Influence of Research on Public Policy; Evaluation Workshop*. Ottawa, ON, CA: School of Public Administration University of Victoria. Available at: <http://hdl.handle.net/10625/29252>.
- Maredia, M.K. & Raitzer, D.A., 2010. Estimating overall returns to international agricultural research in Africa through benefit-cost analysis: a « best-evidence » approach. *Agricultural Economics*, 41(1), p.81-100.
- Nightingale, P., 2004. Technological capabilities, invisible infrastructure and the un-social construction of predictability: the overlooked fixed costs of useful research. *What do we know Innovation? Selected papers from an International Conference in honour of Keith Pavitt*, 33(9), p.1259-1284.
- Perkmann, M. *et al.*, 2013. Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university-industry relations. *Research Policy*, 42(2), p.423-442.
- Perkmann, M. & Walsh, J., 2007. University-industry relationships and open innovation: towards a research agenda. *International Journal of Management Reviews* 9: 259-80., 9, p.259-280.
- Provan, K.G. & Kenis, P., 2008. Modes of Network Governance: Structure, Management, and Effectiveness. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18(2), p.229-252.
- Ruegg, R. & Feller, I., 2003. *A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment: Models, Methods, and Findings from ATP's First Decade.*, Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology. Available at: <http://www.atp.nist.gov/eao/gcr03-857/contents.htm>.
- Ruegg, R. & Jordan, G., 2007. *Overview of evaluation methods for R&D programs: A Directory of Evaluation Methods Relevant to Technology Development Programs*, US Department of Energy. Available at: http://uhbkxme.cash4appliances.org/2011_energypolicy/documents/2011-05-19_workshop/comments/TIA_Consulting_Inc_Overview_of_Evaluation_Methods_for_R_and_D_Programs_TN-60848.pdf [Consulté le juin 10, 2014].
- Salter, A. & Martin, B.R., 2001. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30(3), p.509-532.
- Spaapen, J. & van Drooge, L., 2011. Introducing 'productive interactions' in social impact assessment. *Research Evaluation*, 20(3), p.211-218.
- Walker, T. *et al.*, 2008. *Strategic Guidance for Ex Post Impact Assessment of Agricultural Research*, Science Council Secretariat: Rome, Italy: Report prepared for the Standing Panel on Impact Assessment, CGIAR Science Council.
- Weiss, C.H., 1979. The many meanings of research utilization. *Public Administration Review*, p.426-431.
- Winch, G.M. & Courtney, R., 2007. The Organization of Innovation Brokers: An International Review. *Technology Analysis & Strategic Management*, 19(6), p.747-763.

10 Annexes

ANNEXE 1	Première caractérisation de l'impact de l'Inra à partir de la base Zoom des faits marquants.....	43
ANNEXE 2	Plan standardisé d'un rapport d'étude de cas Asirpa.....	46
ANNEXE 3	Caractérisation des différentes dimensions d'impact	46
ANNEXE 4	Barème de notation de l'impact sur les politiques publiques	47
ANNEXE 5	Méthode d'analyse des impacts économiques	49
ANNEXE 6	Le méta-cas fertilisation minérale en France	52
ANNEXE 7	Typologie des chemins d'impact : revue de la littérature et justification des axes.....	54
ANNEXE 8	Résultats de l'analyse transversale : l'analyse en coupe	57

ANNEXE 1

Première caractérisation de l'impact de l'Inra à partir de la base Zoom des faits marquants

L'existence d'une base de données rassemblant les « faits marquants » de la recherche de l'Inra permet de proposer une première caractérisation du paysage de l'impact. Sur un total de 3 589 « faits marquants » (enregistrés entre 1996 et début 2011), près d'un tiers a trait à des activités qui ont généré ou sont susceptibles de générer des effets sur la société (soit plus de 60 par an). L'impact socio-économique est donc inscrit au cœur de la culture de l'Institut et fait l'objet d'une grande diversité d'activités.

LA BASE ZOOM DES FAITS MARQUANTS DE LA RECHERCHE À L'INRA

La base Zoom a été créée par la mission communication de l'Inra. Elle rassemble les « faits marquants » présentant les résultats de l'Institut, aussi bien dans le champ académique, que dans des domaines socio-économiques. Cette base est alimentée chaque année par des fiches produites par les unités de recherche et validées par le management (départements et collège de direction) ; elle représente donc, malgré ses limites, une image que l'Inra donne à voir de ses résultats.

Début 2011, la base Zoom rassemblait, 3 589 entrées, riches en information qualitative, et dont la rédaction est organisée en champs. Si près des deux tiers des fiches signalent des résultats particulièrement marquants dans le domaine académiques (publications dans des revues prestigieuses et prix), un tiers a trait à des activités qui ont généré ou sont susceptibles de générer des effets sur la société.

Ces documents construits pour la communication de l'organisme, ont fait l'objet par l'équipe Asirpa d'une codification en une série de 22 variables décrivant les produits de la recherche (outputs), leurs destinataires et les formes d'impact générées. Gaunand *et al.* (2012) expliquent les procédures mises en place pour assurer la robustesse de cette transcription et pour traiter statistiquement ces données.

Une analyse statistique basée sur la méthode de classification PAM (partitionnement autour des médoïdes) a permis de distinguer sept classes principales³³. Chacune d'entre elles illustre un modèle d'impact particulier.

Le traitement original de cette base de données permet de réaliser une première caractérisation de ce paysage complexe. On obtient ainsi sept classes (voir le tableau 1) que l'on peut regrouper en quatre grands modèles d'impact :

- 42 % des entrées (classes NE pour « Non Embedded technologies » : NE1 ; NE2, NE3) correspondent à des méthodes, savoir-faire et autres innovations non cristallisées dans des objets techniques, ce qui montre l'importance relative des savoir-faire, méthodes et modèles dans le portefeuille d'activités de l'Inra. Tout d'abord, ces méthodes peuvent soutenir la compétitivité économique des secteurs agricoles. Ce premier modèle correspond à la forme la plus traditionnelle de l'intervention des organismes de recherche agronomiques à travers le monde et remplit la mission post-Seconde Guerre mondiale de l'Inra. La seconde concerne des méthodes développées pour les organismes professionnels

et pour les organismes gouvernementaux et qui les aident à atténuer les impacts environnementaux des activités humaines. Le troisième modèle concerne les problèmes de santé ;

- 34 % des fiches (classe P pour « products » : P1, P2) correspondent à un produit technique (une variété, une race, un logiciel, un produit agroalimentaire, etc.) visant principalement à améliorer la compétitivité des activités agricoles, forestières et agroalimentaires ;

- 17 % des fiches (classe Ex pour « Expertise ») correspondent à des activités ayant pour finalité première l'expertise en appui à la décision publique ;

- 7 % des fiches (Classe Ba pour « Biobanks ») enfin renvoient à des supports comme des bases biologiques ou des banques de données qui contribuent à préserver des options pour le futur dans les différents champs d'intervention de l'Inra.

La caractérisation du paysage de l'impact à l'Inra³⁴

Le traitement effectué de la base Zoom permet également d'apprécier la diversité des impacts de l'Inra, conformément à la diversité de ses missions³⁵ :

- ainsi 77 % des fiches mentionnent un impact économique ; et 87 % un impact non-économique. Un travail complémentaire d'interrogation de la base permettrait d'affiner le diagnostic et de présenter par exemple le pourcentage de fiches faisant mention d'un impact environnemental, sanitaire ou politique ;

- l'analyse statistique de la base Zoom n'a toutefois pas permis d'identifier, dans ce portefeuille, les cas à fort impact, parce que les données concernant l'ampleur des impacts ne sont généralement pas renseignées ;

- l'identification et la sélection des études de cas se sont donc fondées sur la base Zoom et sur des entretiens avec les chefs de départements de l'Inra. L'heuristique pour le choix des cas prenait en compte les critères suivants :

- pour ne pas sélectionner des cas trop anciens on retient le standard du système britannique (<http://www.ref.ac.uk/>) qui considère pour l'évaluation de l'impact socio-économique les cas pour lesquels il existe une recherche publiée depuis moins de 15 années ;

- on a cherché à identifier des cas à forts impacts, que l'on peut qualifier de « succès » ;

- compte tenu de l'objectif de mise au point méthodologique, on a cherché à disposer de cas qui permettraient de travailler sur la plupart des problèmes possibles, notamment les différentes dimensions de l'impact ;
- nous avons aussi tenu compte de la diversité des domaines scientifiques et technologiques de l'Inra.

TABLEAU 1 LES 7 CLASSES ZOOM DE L'INRA ET LEUR SIGNIFICATION

Classe	Caractéristiques de la classe	Exemple de fiche	Effectif de la classe
NE1	Savoir-faire et méthodes pour les filières agricoles et les basses technologies ayant un impact économique et social	La sélection du lapin de chair	162
NE2	Méthodes et standards à destination de la recherche et des instances publiques générant des effets sur les politiques publiques et l'environnement	Développement d'un système d'aide à la décision qui calcule le risque de glissement de terrain en forêt	106
NE3	Savoir-faire et méthodes à destination des filières agricoles et centres techniques, générant des effets sanitaires et économiques	Les bulles d'air : un apport pour améliorer l'efficacité du nettoyage des appareils dans l'agroalimentaire ?	135
P1	Innovations incorporées, outils de formation et de métrologie pour les filières agricoles et centres techniques produisant des effets économiques, environnementaux et territoriaux	Porcherie Verte : application de la méthode d'ACV à des modes et contextes de productions de porcs contrastés	196
P2	Innovations incorporées dans des objets tangibles (produit, variété, logiciel, pilote...) et structures de coordination, à destination des entreprises de haute et basse technologie et de la recherche, générant des impacts économiques et sanitaires	Un cas particulier d'« OGM » : l'exemple des bactéries lactiques surproductrices d'arôme	131
Ex	Expertises et structures de coordination à destination des instances publiques, groupes concernés et centres techniques, générant des effets sur les politiques publiques	L'augmentation du taux de gaz carbonique a un fort impact sur la forêt	159
Ba	Banques et bases de données à destination des entreprises de haute technologie et de la recherche, générant des impacts économiques, environnementaux et participant à maintenir des options pour le futur	Collection de <i>Medicago truncatula</i> , espèce modèle de légumineuse	64
			953

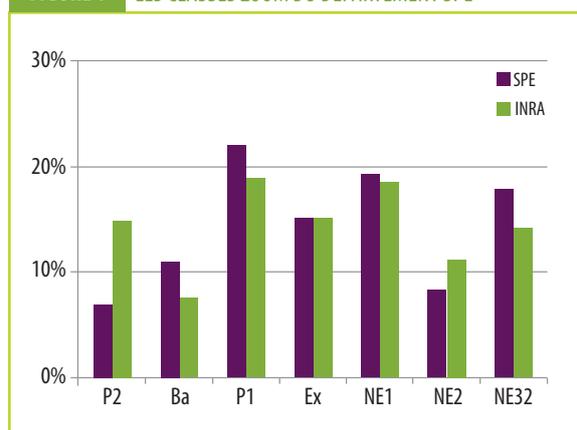
Une représentation possible à l'échelle des départements

La base permet également de voir la répartition des 7 classes au sein de chaque département, la contribution des départements à chacune de ces classes au sein de la base, et de comparer ces données à celle de l'institution dans son ensemble.

Le tableau 2 montre la spécialisation de certains départements dans certains types d'innovations. AlimH est très représenté dans la classe P2 : le département génère de nombreux résultats de recherche mobilisés par les industries agroalimentaires au service de leur compétitivité et de leur sécurité sanitaire. SAE2 présente beaucoup d'expertises, fortement mobilisées dans l'éclairage des politiques publiques.

D'autres départements sont beaucoup plus polyvalents dans leur mode de création d'impact : GA et SPE sont par exemple représentés assez équitablement dans toutes les classes.

Enfin, certaines classes sont le modèle réduit de l'institution, présentant un profil dans lequel les proportions de chaque classe sont similaires à celle de l'ensemble de la base (ex : Santé des Plantes et Environnement, SPE, voir figure 1).

FIGURE 1 LES CLASSES ZOOM DU DÉPARTEMENT SPE

³³ Cette analyse statistique a été réalisée en collaboration avec Elisabeth de Turkheim et Bénédicte Gouraud.

³⁴ L'analyse statistique porte sur les 953 fiches qui ont pu être codifiées sans ambiguïté.

³⁵ Étant donné que plusieurs impacts potentiels peuvent être associés à une seule fiche, le total des pourcentages est supérieur à 100.

TABLEAU 2 REPRÉSENTATION DES CLASSES ZOOM AU SEIN DES DÉPARTEMENTS DE L'INRA

Classe	P2	Ba	P1	Ex	NE1	NE2	NE3	Total	% des fiches Inra
Département									
CEPIA Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture	29	0	18	3	27	20	3	100 %	15
E&A Environnement et Agronomie	4	5	31	20	14	8	19	100 %	13
PHASE Physiologie Animale et Système d'Élevage	10	5	20	10	20	24	12	100 %	11
GAP Génétique et Amélioration des Plantes	7	37	35	3	11	4	4	100 %	10
EFPA Écologie des Forêts Prairies et Milieux Aquatiques	2	3	16	25	12	7	35	100 %	10
SPE Santé des Plantes et Environnement	7	11	22	15	19	18	8	100 %	7
SAE2 Sciences Sociales, Agriculture & Alimentation, Espace & Environnement	8	1	5	51	23	8	3	100 %	7
MICA Microbiologie et Chaîne Alimentaire	43	2	10	6	27	10	2	100 %	5
SAD Sciences pour l'Action et le Développement	0	0	13	34	34	6	13	100 %	5
GA Génétique Animale	15	10	12	15	24	17	7	100 %	4
SA Santé Animale	48	5	0	5	3	40	0	100 %	4
AlimH Alimentation Humaine	50	6	3	8	11	17	6	100 %	4
MIA Mathématiques et Informatiques Appliquées	18	4	25	7	7	18	21	100 %	3
BV Biologie Végétale	0	31	15	0	23	8	23	100 %	1
Total	15	8	19	15	18	14	11	100 %	100 %

ANNEXE 2

Plan standardisé d'un rapport d'étude de cas Asirpa

Un plan détaillé de rapport type d'étude de cas a été conçu pour les cas pilotes d'Asirpa, ainsi qu'une version résumée en 8 pages incluant une analyse méthodologique. En particulier, nous utilisons les rapports pour rendre compte du contexte d'ensemble (scientifique, institutionnel, économique et social) et pour relever les produits de la recherche (en particulier les publications qui cadrent les cas). Le rapport, comme sa version résumée qui correspond au format produit par les départements, suit le plan suivant :

- Contexte scientifique et technologique, concurrentiel, politique et législatif
- Inputs et situation productive : objectif des recherches, ressources mobilisées, compétences et rôles de l'Inra et de ses partenaires
- Outputs de la recherche, incluant quelques publications scientifiques majeures
- Visuel : chronologie
- Circulation des connaissances et intermédiaires : rôle de l'Inra et des acteurs extérieurs dans la diffusion des outputs
- Impacts 1, éventuellement présentés par dimension d'impact
- Impacts 2, éventuellement présentés par dimension d'impact
- Conclusions
- Visuel : Impact pathway
- Visuel : vecteur d'impact
- Bibliographie et sources des données (personnes interrogées...)

ANNEXE 3

Caractérisation des différentes dimensions d'impact

D'après la littérature et au fil des études de cas, nous avons identifié les cibles, les modalités d'actions et les moyens de mesure potentiels de chacune des dimensions d'impact.

TABLEAU 7 LES IMPACTS LIÉS AUX POLITIQUES PUBLIQUES

Type d'impact	Économique	Territorial-social	Environnemental	Politique	Sanitaire
Cibles (exemples)	<ul style="list-style-type: none"> • Marchés • Filières • Firmes/acteurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculteurs • Réseaux socio-professionnels • Traditions • Espace rural • Territoire • Patrimoine 	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets • Écosystèmes (espèce invasive, biodiversité) • Couche d'ozone, • Gaz à effet de serre, • Air, sol, eau, • Ressources (énergie, eau...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ministère • Collectivité • Réserve naturelle • Parc national • Santé publique • Intérêt public 	<ul style="list-style-type: none"> • Animal • Homme • Bien-être animal • Santé publique
Modalités d'action (exemples)	<ul style="list-style-type: none"> • Réglementation • Nouveau produit • Segmentation • Organisation • Création d'entreprise • Subventions • Incitations financières 	<ul style="list-style-type: none"> • Conditions de travail • Régularité des revenus • Concertation • Médiation • Circuit court • Label localisé (AOC, AOP, IGP) • Aménagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Changements de pratiques • Équilibre • Recyclage, valorisation • Exploitation, • Restauration • Dépollution 	<ul style="list-style-type: none"> • Outils d'aide à la décision • Inventaire national • Pouvoir de négociation • Décisions publiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrition • Vaccination • Traçabilité • Prévention • Sécurité
Mesures (exemples)	<ul style="list-style-type: none"> • Compétitivité • Emplois • Concentration indus. • Valeur ajoutée • Nouveaux débouchés • R&D 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribution (indice de Gini) • Distribution de la population • Maintien d'activités • Entretien de paysage 	<ul style="list-style-type: none"> • ACV, IFT, CO2, Bilan Carbone • Consentement à payer • Changement climatique • Durabilité • Fertilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Citations dans les débats publics, changements de mots-clés • Nouvelles réglementations • Nouveaux arguments 	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalité • Morbidité • Prévalence • Toxicité • Épidémie • Obésité

ANNEXE 4

Barème de notation de l'impact sur les politiques publiques

1• Objectifs du barème et fondements méthodologiques

Dans le cadre du projet Asirpa, un objectif a été de concevoir et de tester une méthodologie permettant de produire une métrique pour chacune des 5 dimensions de l'impact retenues par la méthodologie (politique, santé, territoriale et sociale, environnementale et économique), permettant une présentation de la diversité des études de cas sur un radar à l'échelle de l'Institut et une comparaison inter-cas. Le premier test, dont il est question ici, a concerné la dimension politique. La démarche Asirpa reconnaît qu'un acteur, si important soit-il, ne produit pas seul un impact socio-économique. Cette étude vise donc à l'objectivation de l'impact produit par le système d'acteurs, et non une attribution d'une part de l'impact à l'Institut.

2• Les fondements méthodologiques

Les modèles dominants d'évaluation des liens entre la connaissance scientifique et la politique ont longtemps été linéaires ; et guidés par la philosophie que la connaissance produite par la recherche serait utilisée par des décideurs si elle était correctement « emballée » et « diffusée ». Les évaluateurs de la recherche insistent alors sur la nécessité de combler le fossé entre les producteurs et les utilisateurs de connaissance, en supposant de surcroît qu'une utilisation accrue de la connaissance scientifique était toujours bénéfique (Cozzens & Snoek 2010). Les travaux plus récents (voir Cozzens pour une revue) formulent que des conditions de contexte influencent l'agenda politique et ses priorités, et par voie de conséquence l'utilisation de la connaissance issue de la recherche (Lindquist 2001 ; Kingdon 1984). D'autres auteurs (Weiss 1979 ; Jones 2009) avancent que l'influence de travaux de recherche peut également dépendre de l'équilibre existant entre les structures de pouvoir.

Selon Kingdon (1984) il y a trois facteurs principaux influençant la mise sur l'agenda de décisions politiques : les problématiques sociétales, les problématiques des politiques sectorielles, et l'attention des hommes politiques. Chacun de ces facteurs offre dans le temps des fenêtres d'opportunités pour l'utilisation de la connaissance scientifique. La connaissance produite par la recherche sera donc plus probablement utilisée quand elle concerne un problème important pour la société (problem stream), quand elle adresse une politique sectorielle où un changement est rendu nécessaire, par exemple par une nouvelle législation européenne (policy stream), ou quand elle traite d'un sujet qui capte sur le moment l'attention politique (political stream).

L'influence de la connaissance est également très diverse (Weiss 1979) : la connaissance peut être incorporée dans des instruments pour servir des politiques publiques, mais elle peut également être utilisée de façon stratégique (et parfois déformée) par certains acteurs, afin de légitimer des vues existantes. Cette influence ne se traduit pas non

plus toujours par une action immédiate, la connaissance peut aussi percoler au sein d'une institution ou d'un réseau d'acteurs, et changer les termes du débat au fil du temps.

Pour aborder l'impact que peut avoir un organisme public de recherche sur des politiques publiques, il est donc nécessaire de prêter attention au processus entier : les conditions dans lesquelles la connaissance est produite, le contexte (politique, social, des politiques sectorielles), l'influence d'autres sources de connaissance, le rôle joué par les intermédiaires dans la circulation et la médiation des idées, et les influences diverses que peut avoir la connaissance produite sur l'ensemble des acteurs et des parties prenantes concernées. Des approches qualitatives, comme des études de cas et des chemins d'impact détaillés, peuvent illustrer la circulation de la connaissance et l'utilisation que les divers acteurs ont faite des informations disponibles. Pourtant il est difficile de comparer ces histoires de façon cohérente, ou d'avoir une vue d'ensemble de l'impact à l'échelle d'une organisation.

L'objectif de la démarche est de définir une méthodologie pour construire, à partir des études de cas et des visuels produits dans le cadre de l'approche Asirpa, un jugement indépendant concernant l'importance de l'impact.

Pour construire notre cadre analytique, nous avons considéré un chemin d'impact dépeignant le cycle d'élaboration des politiques (la négociation, la formulation et la mise en œuvre) et trois échelles de politique publique (locale, nationale, internationale, notamment européenne). Nous avons enregistré les différentes façons pour un ensemble d'acteurs hétérogènes (des professionnels, des décideurs, les médias et des membres politiques) de s'approprier et de transformer la connaissance scientifique et de l'utiliser pour influencer les politiques publiques. Nous avons également pris en considération l'importance du contexte externe dans l'ouverture des fenêtres d'opportunité pour l'élaboration des politiques, et avons considéré l'Inra comme un fournisseur parmi d'autres d'information scientifique.

Ces considérations nous ont conduits à construire dans le barème un tableau en quatre parties :

- La phase de débat public et de négociation de la politique : nous avons distingué la mise en débat des idées, l'utilisation par les acteurs (intégration de connaissances nouvelles, l'utilisation stratégique). En ce qui concerne l'attention médiatique, nous avons cherché à noter la circulation de l'information auprès du grand public et la reprise des idées par les médias. L'influence de l'institution dans les débats a été approchée par la place de l'Inra dans le paysage de la recherche, sa notoriété auprès des politiques sur cette thématique, et la contribution des autres organismes de recherche français.
- La politique publique proprement dite : formulation et mise en œuvre. Nous avons distingué une utilisation instrumentale ou stratégique de la recherche (pour appuyer la conception de la politique), et l'utilisation principalement instrumentale pour l'outillage de la mise en œuvre.

- L'effet différé de l'apport de nouvelles connaissances, notamment la percolation des idées au sein des institutions, ou des réseaux d'acteurs, par exemple via l'utilisation de la recherche dans des études.

Nous avons également collecté des éléments pour apprécier le contexte de l'utilisation de la recherche et l'importance de la politique publique pour la société.

Nous avons utilisé le jugement d'experts pour consolider notre méthodologie d'évaluation, suivant les idées exprimées par Ruegg & Feller (2003). La démarche suivie a été de demander aux experts de consolider notre cadre analytique et de nous aider à construire un barème permettant de produire une analyse commune à tous les cas pour cette dimension de l'impact.

3- Les apports du barème à la démarche d'évaluation

Le barème présenté s'appuie sur l'analyse de quatorze études de cas, dont cinq présentaient un impact politique jugé en première analyse $\geq 3/5$ par l'équipe du projet Asirpa, à partir des appréciations des personnes interviewées (chercheurs et bénéficiaires). Cette première appréciation de l'impact dans la démarche est donc l'avis des parties prenantes concernant les dimensions d'impact les plus importantes pour elles, et les indicateurs qui leur semblent les plus pertinents. La deuxième étape vise donc à dépasser cette subjectivité première. Le barème a été établi par un panel de cinq experts en évaluation des politiques publiques, qui ont éclairé l'analyse de chaque cas qui leur a été soumis selon trois dimensions principales identifiées dans la littérature scientifique (mobilisation de la connaissance dans le débat

public, utilisation pour la mise en œuvre dans la politique, impact « rampant » sur l'évolution des idées à moyen terme), et une dimension relative aux enjeux de la politique considérée. Le barème de notation est résumé dans le tableau suivant.

4- L'utilisation du barème pour l'analyse de l'impact sur les politiques publiques

Ce travail permet d'établir un barème de notation pour l'impact politique qui peut être utilisé pour noter de futures études de cas, sans avoir recours systématiquement à un panel d'experts. Le barème permet par exemple d'objectiver l'attribution par un département d'une note durant l'étape d'auto-évaluation, et de la justifier par des informations tirées de la collecte des données. Cette procédure permet de ne pas avoir recours systématiquement à des experts externes pour noter des cas, ce qui correspond à une économie de moyens. Seuls les cas qui ne pourront pas être objectivés par le tableau seront examinés par un nouveau panel d'experts, exercice qui permettra en retour d'enrichir et de consolider le tableau de notation.

- La première étape d'utilisation du barème consiste à **attribuer une note pour chacune des quatre dimensions de l'impact politique** que nous avons retenues. Le barème utilisé pour chacune de ces dimensions, comporte une échelle de valeurs et la série de critères associés. Il est utile, pour préparer la notation, de rassembler dans un tableau les observations recueillies dans l'étude de cas, qui peuvent être utilisées pour étayer les arguments.
- La **note générale de l'impact politique** du cas se calcule en affectant un coefficient simple aux trois notes concernant les modalités d'impact et un coefficient triple à la note concernant le poids de la politique.

Dimension (et pondération)	Note proposée d'après la grille établie par le panel d'experts (échelle de 1 à 5)	Principaux arguments à l'appui de cette notation (NB : le barème complet propose également une liste des faits observables pour chaque argument)
Mobilisation dans le débat public (x1)		<ul style="list-style-type: none"> • Arguments concernant la puissance et qualité du message • Arguments concernant la mise sur l'agenda • Arguments concernant l'ampleur et la qualité de la médiatisation • Arguments concernant l'ampleur et la qualité du débat
Utilisation dans les politiques publiques (x1)		<ul style="list-style-type: none"> • Arguments concernant l'utilisation aux différentes étapes du cycle politique (mise sur agenda, formulation de la politique, prise de décision, mise en œuvre de la politique et évaluation) • Arguments concernant les échelles territoriales considérées • Arguments concernant l'intérêt de la solution apportée (originalité, intérêt par rapport à l'existant ou à d'autres solutions)
Impact à moyen terme dans la diffusion des idées (x1)		<ul style="list-style-type: none"> • Arguments concernant l'importance de la connaissance dans le débat • Arguments concernant la circulation des idées • Arguments concernant le maintien sur la durée de la pertinence des idées et de l'intégrité des messages
Enjeu des politiques publiques concernées (x3)		<ul style="list-style-type: none"> • Arguments concernant la gravité potentielle et le caractère systémique des enjeux • Arguments concernant l'ampleur de la politique (échelles concernées) et la taille de la population concernée... • Arguments concernant l'émotion publique (societal concern)
Note générale (à reporter dans le vecteur d'impact)		Estimer la note générale de l'impact politique selon la pondération proposée (arrondir si nécessaire). Les arguments et la note du tableau de synthèse constitueront la ligne « impact politique » du radar Asirpa.

ANNEXE 5

Méthode d'analyse des impacts économiques

Une analyse en deux étapes

Cette note présente la méthode utilisée pour analyser l'impact économique des cas étudiés dans le projet Asirpa. La méthode procède en deux temps. Tout d'abord une analyse qualitative de l'ampleur de l'impact est réalisée sur la base des entretiens avec les experts rencontrés lors de la réalisation de l'étude de cas. Dans les cas où cette analyse qualitative révèle un impact d'une ampleur significative, une quantification plus précise est alors réalisée.

Les estimations s'appuient sur la méthode standard des variations du surplus économique (voir Alston *et al.* 1995 pour le cas agricole). L'impact économique est mesuré par la variation cumulée des bénéfices générés par l'adoption d'un nouveau procédé ou produit. Le fait de considérer une variation cumulée signifie que l'on s'intéresse à l'impact économique pour l'ensemble des acteurs touchés directement ou indirectement par la diffusion de l'innovation.

Le tableau 1 indique les ordres de grandeur qui sont retenus pour qualifier le niveau de l'impact dans le premier temps de l'analyse. Rappelons que l'on s'intéresse ici à l'impact cumulé sur une période pouvant aller jusqu'à 25 ans à partir de l'année de première commercialisation de l'innovation. Une innovation est considérée comme ayant un impact très fort (5/5) si le surplus économique qu'elle génère sur l'ensemble de son cycle de vie est supérieur à 300M€³⁶. La quantification économique qui est décrite dans la suite de ce document n'est faite que pour les innovations ayant conduit à un impact de niveau 4 ou 5.

TABLEAU 1 DÉFINITION DES NIVEAUX D'IMPACT ÉCONOMIQUE

Niveau d'impact/5	1	2	3	4	5
Surplus économique cumulé	0-10M€	10	22	14	23

Les principes généraux de la quantification des impacts économiques

Compte tenu de la diversité des cas d'innovations étudiés il n'est pas possible de définir un formalisme unique. Nous décrivons donc un cadre général qui est appliqué avec des spécifications particulières selon les cas. La disponibilité de données assez détaillées et de qualité suffisante est le facteur limitant le plus important pour réaliser ce type d'estimation. Ceci est lié en particulier au temps limité consacré à chaque étude de cas mais aussi au caractère stratégique ou confidentiel de certaines données. Cette contrainte explique en grande partie les simplifications qui doivent être faites dans la modélisation.

Les innovations qui sont étudiées viennent généralement en remplacement d'autres techniques ou méthodes, ce remplacement étant partiel.

Il est pertinent dans ces conditions de porter une attention particulière aux fournisseurs et aux utilisateurs de l'innovation et d'étudier comment l'innovation se substitue progressivement aux techniques et méthodes existantes. En revanche, sauf cas particulier, nous ne prenons pas en compte les acteurs qui se situent plus en aval que les utilisateurs³⁷. Cela signifie donc que les innovations qui sont étudiées correspondent généralement à des innovations de process pour les utilisateurs et permettent d'améliorer leur marge brute en diminuant leurs coûts de production unitaires.

Formalisation d'un cas simple

Nous présentons ici une formalisation simple qui peut être utilisée dans un nombre assez important de situations. Cette formalisation est illustrée avec la figure 1 et le tableau 2 définit plus précisément à quoi correspondent les variables clef du modèle pour différents cas étudiés dans Asirpa.

On utilise i comme l'indice pour repérer l'innovation ou les différentes techniques alternatives auxquelles elle se substitue. On se place ici dans le cas d'une technique simple qui correspond à un intrant acheté régulièrement, par opposition à des biens d'équipement. Le surplus économique apporté par la technique i au cours de l'année t est :

$$W_{it} = S_{it} (MB_{it} + w_{it} - c_v)$$

S_{it} est le niveau de diffusion de chaque technique i , MB_{it} est la marge brute de l'utilisateur, w_{it} est le coût d'acquisition de la technique et c_v est le coût de production par le fournisseur. La marge brute de l'utilisateur de la technique i est décomposée de la manière suivante :

$$MB_{it} = y_{it}p - w_{it} - K$$

y_i est le niveau en production, p le prix de vente de cette production, et K est l'ensemble des coûts autres que le coût d'acquisition de la technique qui nous intéresse ici.

³⁶ Les autres seuils dans le tableau 1 ont été définis de façon à avoir des intervalles réguliers sur une échelle logarithmique. Dans le cas présent, l'impact économique est multiplié approximativement par 3 entre chaque seuil.

³⁷ Cette hypothèse est faite en particulier lorsque la production faite par l'utilisateur de l'innovation est identique à celle qui est faite avec les techniques ou les méthodes en place. Il est possible que la diffusion de l'innovation affecte les prix de la production. Nous supposons ici que ce changement de prix ne conduirait alors qu'à un transfert vers l'aval sans affecter le surplus total. Cela explique pourquoi, dans la modélisation qui est proposée ensuite, nous supposons que le prix de vente de la production est inchangé, ce qui revient à ne pas prendre en compte les effets sur les acteurs situés en aval.

FIGURE 1 UN CAS SIMPLE MODÉLISÉ

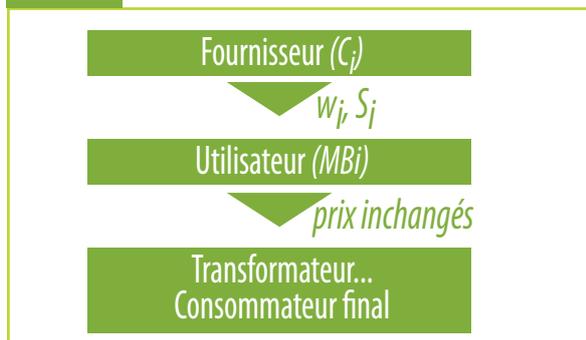


TABLEAU 2 DÉFINITION DES VARIABLES CLEFS POUR 4 CAS ÉTUDIÉS DANS ASIRPA

Cas	OGU (colza hybride)	Sélection génomique (SG) bovin	OAD azote	Stabilisation tartrique du vin
y_j	Rendement potentiel des variétés	Rendement annuel d'une vache laitière	Rendement en production de la culture	Rendement prenant en compte les pertes liées au déclassement de lots pour problème de tartre
c_j	Coût de production de la semence	Coût moyen de caractérisation (phénotypique ou génotypique) d'un animal	• Coût des engrais azoté • Coût marginal de l'analyse de terre avec l'OAD	Coût de production d'une unité de stabilisation tartrique
p	Prix de vente du colza	Prix de vente du lait	Prix de vente de la production	Prix de vente du vin (en gros)
S_j	Surface semée avec les différents types de variété	Nombre de vaches laitières issues de taureaux sélectionnés par SG	Surface sur laquelle les différentes pratiques (avec / sans OAD) sont adoptées	Part de la production traitée ou non avec les différentes méthodes de stabilisation

Remarque :
Dans le cas de la stabilisation, l'innovation correspond à un bien d'équipement et le modèle doit prendre en compte le renouvellement et l'amortissement de cet équipement.

Sur cette base, il est possible de calculer une variation de surplus :

$$\Delta W_t = \sum_i (W_{it} - W_{io}) = \sum_i (S_{it} - S_{io}) (y_i p - c_i)$$

Le cas où $t=0$ est considéré comme la situation de référence par rapport à laquelle la variation est calculée. Le fait de raisonner en variation de surplus permet de ne pas avoir à évaluer les coûts de production des utilisateurs des techniques. Le coût d'acquisition de chaque technique est un transfert vers les fournisseurs qui n'affecte pas le surplus total. De plus, il n'est pas nécessaire d'évaluer les autres coûts si l'on peut considérer qu'ils ne sont pas affectés par le choix sur la technique i .³⁸

Sur la base de cette formalisation simple, nous pouvons voir que quatre variables sont essentielles pour estimer la variation de surplus économique (voir tableau 2 pour des illustrations plus précises sur ces variables) :

- le niveau de diffusion des différentes techniques et son évolution dans le temps (S_{it}). L'important ici est surtout d'évaluer la substitution entre l'innovation qui est étudiée et les techniques en place. Il sera souvent possible d'agréger les techniques en place ou tout au moins de ne pas chercher à évaluer la substitution entre ces techniques ;
- le niveau de production de chaque technique (y_j). Nous l'avons supposé constant dans le temps pour garder des expressions simples,

mais il est tout à fait possible de prendre en compte une évolution sur ce paramètre ;

- le prix de vente de la production de l'utilisateur de la technique. Celui-ci est généralement supposé constant. Nous reviendrons plus loin sur cette hypothèse ;
- le coût de production de la technique (c_j). Celui-ci n'est pris en compte que s'il est différent entre l'innovation qui est étudiée et les techniques en place.

L'impact de l'innovation s'étendant sur des périodes de temps assez longues, il est logique de cumuler les variations de surplus dans le temps. Ce cumul est fait à partir de la première année de commercialisation de l'innovation et sur un horizon de temps maximum de 25 ans jusqu'à une date qui ne dépasse pas 2022. Cette date de 2022 est retenue pour ne pas faire de projection au-delà de 10 ans car les projections deviennent alors très incertaines. On définit T comme l'année de première commercialisation de l'innovation et L l'horizon de temps pour le calcul, alors l'impact économique global de l'innovation est donc :

$$\sum_{t=T}^{T+L} \frac{\Delta W_t}{(1+r)^{t-T}}$$

Le taux d'actualisation retenu dans nos estimations est $r = 4\%$. Ce taux d'actualisation intègre la préférence pour le présent dans les calculs économiques.

Il convient de noter que les paramètres qui correspondent à des valeurs économiques (p et c_i) sont exprimés en euros constants. Il s'agit de valeurs normalisées qui correspondent à des moyennes sur la période récente. Une analyse de sensibilité à cette valeur normalisée est faite dans le cas où des variations importantes auraient été observées sur la période récente ou pourraient être attendues dans la période future.

Retour sur les hypothèses de travail les plus importantes

Le cadre retenu pour la quantification des impacts économiques nous amène à faire plusieurs hypothèses simplificatrices qu'il est utile de souligner.

- L'hétérogénéité des gains entre les utilisateurs. Prendre en compte cette hétérogénéité nécessiterait d'avoir une bonne connaissance de la distribution des marges brutes des utilisateurs avec les différentes techniques. Ce type d'information n'est généralement pas disponible et nos estimations s'appuieront donc sur des valeurs moyennes sur l'ensemble des utilisateurs qui utilisent chaque technique ou méthode i . Ces valeurs moyennes sont estimées au mieux à partir de la documentation disponible et des avis d'experts.
- Les coûts autres que ceux liés directement à l'acquisition de chaque technique ou méthode sont supposés être indépendants de la technique ou méthode utilisée. Comme nous raisonnons en variation de valeur ajoutée, cette hypothèse nous permet de ne pas prendre en compte

tous ces coûts. Ainsi, la variation de marge brute de l'utilisateur peut être limitée à la variation de chiffre d'affaires moins la variation de coûts d'acquisition de i .

- Les coûts fixes liés à la recherche et au développement pour réaliser l'innovation ne sont pas pris en compte dans l'analyse parce qu'ils sont supposés être déjà investis pour l'essentiel.
- Comme nous l'avons indiqué plus haut, on suppose le plus généralement que la taille totale des marchés reste inchangée et que la diffusion de l'innovation se fait pour l'essentiel en remplacement de techniques ou méthodes pré-existantes. Cette hypothèse revient à supposer que la demande est inélastique, ce qui est cohérent avec le fait de supposer que le prix de la production faite par l'utilisateur de l'innovation ne varie pas après adoption de la technique.

Dans les cas où certaines de ces hypothèses simplificatrices apparaîtraient comme trop fortes, il est possible d'envisager des scénarios dans lesquels certaines hypothèses sont assouplies. Ces valeurs correspondent cependant à des valeurs de paramètres, fixées en accord avec les experts. Il ne s'agit pas de valeurs endogènes au modèle.

Notons pour finir que ces hypothèses sont faites le plus souvent dans les analyses de l'impact économique de la recherche faute de disposer de données suffisamment détaillées pour faire des estimations plus précises ou faute de temps ou de moyens pour collecter ces données. C'est par exemple le cas avec des estimations faites par l'Embrapa³⁹.

³⁸ Dans les cas où cette hypothèse est trop forte, alors on se limitera à prendre en compte uniquement les coûts qui sont susceptibles d'être affectés par le choix de la technique i .

³⁹ Voir Embrapa, social report 2012 (Embrapa 2013).

ANNEXE 6

Le méta-cas fertilisation minérale en France

Depuis la création de l'Inra, la fertilisation a été un domaine d'application important pour des recherches en agronomie, science du sol et écophysologie. En parallèle, la fertilisation a connu de fortes évolutions dans ses pratiques, conduisant à une diminution de l'utilisation d'engrais. Ce cas d'étude a pour objectif, de manière synthétique, de prendre la mesure de l'évolution de la fertilisation minérale en France et d'analyser la contribution à ces changements des travaux de recherche de l'Inra conduits en particulier dans le département EA.

Contexte

Depuis la Seconde Guerre mondiale, l'utilisation d'engrais d'origine minérale, pilier de la modernisation agricole, a conditionné la forte augmentation des rendements agricoles. Néanmoins, la fertilisation pèse sur l'économie des exploitations céréalières (15 % des charges totales). Elle génère des impacts négatifs sur l'environnement (pollution de l'eau et de l'air). Concernant spécifiquement le phosphore, une grande partie des ressources géologiques non renouvelables a été consommée en quelques dizaines d'années pour l'agriculture, alors qu'il n'existe aucun produit de substitution.

L'évolution française de la consommation d'engrais indique une baisse importante et continue de la consommation d'engrais P et K depuis le début des années 1970, ainsi qu'une baisse de la consommation d'engrais azotés bien que nettement moins marquée que pour P et K.

Inputs et situation productive

• **L'acquisition de connaissances pour le raisonnement de la fertilisation P et K**

Dès les années 1960, la recherche de l'Inra s'est focalisée sur les méthodes de caractérisation de la biodisponibilité du phosphore dans les sols et sur l'élaboration de référentiels associés. Par la suite les travaux, principalement conduits par l'Inra et le CEA, concernant la compréhension de l'absorption du phosphore notamment par des méthodes isotopiques (^{32}P), ont amené à relativiser l'importance à donner à l'analyse de terre par extraction chimique. Pour conduire ces travaux, l'Inra a mis en place de nombreux essais de fertilisation de longue durée qui ont été par la suite relayés par des partenaires agricoles et industriels.

• **L'acquisition de connaissances pour le raisonnement de la fertilisation N**

Depuis sa création, l'Inra porte les recherches d'une part sur la dynamique de l'azote dans le sol et d'autre part sur l'analyse de l'élaboration du rendement et de la qualité des produits, et donc sur les besoins

en azote de la culture. Dès 1959, la méthode du bilan azoté est proposée, méthode qui reste encore aujourd'hui fondamentale pour raisonner la fertilisation azotée. Depuis, les recherches ont beaucoup progressé avec l'adoption des méthodes isotopiques (^{15}N) permettant le suivi des dynamiques de l'azote de l'engrais dans le sol et dans la plante. Ces recherches ont permis de formuler de nouveaux concepts qui enrichissent considérablement les méthodes de calcul prévisionnel tant sur la dynamique de minéralisation de l'azote dans le sol que l'état nutritionnel azoté d'une culture.

Outputs

L'agrégation des connaissances, réalisée en partenariat avec divers acteurs du développement, a conduit à la proposition d'évolution des pratiques de fertilisation. Sur P et K, une synthèse des données, en particulier des essais longue durée, a permis de concevoir une nouvelle approche pour la fertilisation de P et K : notion d'exigence des espèces, légitimation de l'impasse, abandon de la notion de fumure de correction. De manière à favoriser une teneur en protéines élevée du blé, tout en réduisant les risques de pertes d'azote, les travaux de l'Inra ont conduit à recommander un retard significatif des premiers apports d'azote pour accroître l'efficacité d'utilisation de l'engrais, ainsi que la pratique du 3^e apport d'azote.

Le logiciel RégiFert[®], produit par l'Inra, est un outil d'aide à la décision capable d'interpréter les analyses de terre des exploitations agricoles et de produire des outils régionalisés. La grille Comifer, élaborée en partenariat, constitue une version simplifiée de RégiFert[®], destinée aux conseillers agricoles de proximité. Des versions logicielles de cette grille ont été développées par des partenaires du développement.

Des outils de raisonnement fondés sur le bilan azoté prévisionnel ont été produits : Azobil (1990, méthode statique, 26 cultures) ; Azodyn (fin années 1990, blé et colza en agricultures conventionnelle et biologique), AzoFert (2003, approche dynamique, une cinquantaine de cultures). Des outils de pilotage en cours du cycle végétatif permettent d'ajuster la stratégie de fertilisation azotée selon les conditions climatiques et leurs incidences sur la croissance des plantes et la disponibilité du sol (Jubil, 1993 ; Témoins double-densité, 2001).

Enfin, des recherches du département EA mobilisant des données satellitaires pour estimer la croissance et l'état nutritionnel azoté des cultures, ont contribué à la production de l'outil de pilotage des cultures FarmStar, conçu par Arvalis et le Cetiom (utilisé en 2013 sur plus de 600 000 ha, sur blé, orge et colza). En 2012, en collaboration avec les Instituts techniques, l'Inra a créé l'UMT « Capteurs et télédétection pour la caractérisation de l'état et du fonctionnement des cultures » afin de développer ce type d'approches à la fois sur le plan scientifique et sur le plan technologique.

Circulation des connaissances et intermédiaires

Le déploiement des méthodes et outils s'est appuyé sur un partenariat de transfert très structuré avec les organismes de développement (Instituts techniques, chambres d'agriculture) et les organismes économiques (laboratoires d'analyse, coopératives) qui ont mis au point des versions opérationnelles des outils, et formé les utilisateurs. La coordination des acteurs du champ de la fertilisation est assurée par deux structures :

- le Comifer, Comité Français d'Étude et Développement de la Fertilisation Raisonnée, créé en 1980, regroupe les administrations publiques, la recherche, l'enseignement, les organisations professionnelles agricoles, les industriels de la fertilisation et les structures de distribution. Son objectif est de mettre à la disposition de l'agriculteur le moyen de gérer de façon rationnelle et économe, la fertilité de son sol ;
- le GIS « Fertilisation Raisonnée », créé en 2005, visait à coordonner les recherches sur la fertilisation. Transformé en 2007 en RMT Fertilisation & Environnement (33 partenaires), son objectif est d'améliorer la connaissance et la gestion des cycles biogéochimiques des éléments minéraux en agriculture, et les outils de raisonnement de la fertilisation.

Impacts

En France depuis 1988/89, les quantités d'engrais de synthèse utilisées ont baissé de 18, 66 et 73 % respectivement pour N, P et K. Dans le même temps, la surface fertilisable baissait d'un peu moins de 10 % mais la production végétale augmentait de 30 %. Cette réduction signifie donc une augmentation de l'efficacité de la dose d'engrais liée à une amélioration des pratiques de fertilisation et du potentiel génétique. Ainsi pour les 24 dernières années, la réduction de l'utilisation d'engrais a entraîné des cumuls d'économies de plus de 3, 4 et 13 M€ respectivement pour N, P et K. Cet effet économique est amplifié si l'on prend en compte l'augmentation de la production végétale. Des impacts environnementaux sont aussi quantifiables en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de réduction de la pollution de l'eau (cf. autres cas §4.2). L'impact effectif des recherches de l'Inra en termes de pratiques de fertilisation peut s'analyser selon deux axes :

• L'utilisation des OAD à une large échelle

La grille Comifer, méthode de référence pour la fertilisation P et K, est intégrée dans différents logiciels diffusés par des entreprises ou par des Instituts techniques. Jusqu'à 20 % des analyses de terre sont interprétées grâce au logiciel RégiFert®. Les préconisations de RégiFert® sont en général deux fois moins élevées que celles du logiciel de la génération précédente.

Concernant l'utilisation des OAD pour la fertilisation azotée, pour Azofert® par exemple, le taux d'utilisation est de 80 % pour la betterave et de 10 % pour le blé tendre. Cependant la diffusion des approches est bien plus importante que celle des outils, comme l'indique la dominance des citations d'Azofert dans les ouvrages (brochures du Comifer) et articles de la presse agricole. La production d'OAD par son rôle de preuve de concept s'avère déterminante pour la reprise de ces concepts

par les Instituts techniques dans leurs propres OAD (ex : Ferti-Web, OAD d'Arvalis reprenant certains concepts développés par l'Inra, tout en y apportant sa propre expertise).

• Les préconisations de changements des pratiques

La complémentarité de la méthode Comifer et RégiFert® a assuré une très large diffusion à la nouvelle approche de la fertilisation P/K, vulgarisant auprès des techniciens puis des agriculteurs, un nouveau mode de raisonnement de la fertilisation davantage fondé sur les besoins de la culture, et légitimant l'impasse lorsque le sol est bien pourvu. En cela ils ont accompagné les changements de pratiques qui ont permis la réduction des fertilisations P et K sans perte de rendement, tout en garantissant la compensation des exportations. Actuellement la plupart des pays convergent vers ce niveau de compensation des exportations, cependant la France, du fait de son niveau d'intensification très élevé à la fin des années 1960, présente la plus forte diminution. Il y avait donc une situation spécifique française à accompagner pour la modification des pratiques de fertilisation. Les nouvelles préconisations ont permis de sécuriser les baisses de fertilisation et de ce point de vue, la contribution de l'Inra, et du département EA en particulier, s'est avérée essentielle.

La fertilisation azotée n'est pas gérée par les agriculteurs comme celle de P et K. En effet, en matière de fertilisation azotée, tout manque pénalise immédiatement les rendements. Les agriculteurs ont donc une forte aversion contre les risques de carence azotée qui explique une résistance à l'adoption des préconisations visant à réduire la fertilisation azotée. Cependant depuis 1990, on observe une baisse de l'utilisation de l'azote en même temps qu'une poursuite de l'augmentation de la production végétale. Les enquêtes sur les pratiques agricoles conduites par le ministère de l'agriculture (2012), indiquent que les agriculteurs adoptent des pratiques de fertilisation de plus en plus raisonnées en adaptant les pratiques à leur situation et en rectifiant les apports en cours de campagne : réduction à 8 % des surfaces pour lesquelles les apports sont déterminés selon une dose « habituelle » empirique (contre 43 % en 1994), fractionnement des apports d'azote généralisés pour le blé (au moins trois apports d'azote minéral sur 71 % des surfaces en blé tendre en 2006 contre seulement 26 % en 1994). Ces évolutions témoignent de l'adoption des préconisations auxquelles a fortement contribué l'Inra avec ses partenaires du développement. *In fine*, l'effet combiné de l'augmentation de la production et de la baisse de l'utilisation d'azote, se traduit pour la culture du blé par un stock fin de campagne en diminution de 50 % entre 1988/89 et 2012/2013.

La mise en place des Groupes Régionaux d'Expertise Nitrate (GREN) consécutive au contentieux entre la France et la Commission européenne sur l'application de la Directive Nitrates, a conduit l'Inra et ses partenaires, au sein du RMT Fertilisation & Environnement et du Comifer, à mobiliser l'expertise scientifique et technique sur la fertilisation azotée pour assurer un appui technique aux ministères en charge de ce dossier. Une vingtaine de scientifiques de l'Inra participent en tant qu'experts dans les GREN de leur région. De manière plus générale, les chercheurs du département EA répondent aux sollicitations des pouvoirs publics, par la mise en œuvre de nombreuses expertises et études commanditées par les ministères et des agences.

ANNEXE 7

Typologie des chemins d'impact : revue de la littérature et justification des axes

L'objectif de l'analyse transversale est de comprendre les mécanismes qui sous-tendent la génération des impacts issus de la recherche réalisée par l'Inra. Parmi ces mécanismes, le rôle de l'Inra dans la structuration des relations avec les partenaires extérieurs (public, privé, centres techniques, gouvernement) pour générer les connaissances, accompagner le développement de l'innovation et aider à lever les contraintes constitue un élément explicatif important. Nous faisons l'hypothèse qu'il existe des régularités liant l'implication de l'Inra dans la structuration de ses partenariats amont et aval, le type d'innovation et la variété et l'ampleur des impacts générés.

Le rôle de l'Inra se borne-t-il à créer des connaissances et à les commercialiser sous forme de licences, de cession de brevet ou de création de start-up ? L'Inra intervient-il dans des phases de maturation plus avales et coproduit-il les connaissances avec les partenaires extérieurs afin de faciliter la création et la diffusion des innovations ? L'Institut joue-t-il un rôle structurant fort dans le système d'innovation au même titre que les autres intermédiaires pour combler des trous structurels (Burt 2004) et/ou permet-il de surmonter des barrières inhérentes au processus d'innovation (Fichter 2009) ?

La construction de la typologie de l'analyse transversale est basée sur deux grands types de littérature permettant de justifier le choix des axes :

- les relations science-industrie : la contribution des partenaires extérieurs à la production des connaissances (axe horizontal) ;
- le rôle des intermédiaires (Inra et autres acteurs) face aux barrières liées à l'innovation : la structuration et la coordination du réseau d'innovation (axe vertical).

Les relations science-industrie : la contribution des partenaires extérieurs à la production des connaissances (axe horizontal)

Les Organismes Publics de Recherche (OPR) et les universités sont considérés comme des acteurs centraux de création de connaissances permettant de faciliter les réponses aux défis globaux comme le réchauffement climatique, la sécurité alimentaire, le vieillissement de la population et la santé. Les OPR sont des acteurs importants du processus d'innovation mais ce sont les entreprises qui sont dotées des structures d'incitation et de gouvernance et qui ont pour objectif principal de commercialiser les innovations (Foray & Lissoni 2010). Dans une perspective systémique avec une apparente division du travail, la question de l'impact n'est pas de comprendre l'effet relatif d'une dépense par rapport à une autre (publique vs privée) mais elle est davantage liée à la manière dont les liens entre ces deux sphères s'organisent. Comprendre l'impact de la recherche publique revient notamment

à analyser l'existence et l'efficacité des mécanismes par lesquels la connaissance est échangée et les connections effectuées.

Salter et Martin (2001) identifient les diverses contributions de la recherche publique à l'innovation : augmentation du stock de connaissance utile, formation de diplômés, création de nouvelles instrumentations scientifiques et de méthodologies, formation de réseaux et stimulation d'interactions sociales, augmentation de la capacité scientifique et technologique pour la résolution de problèmes (problem-solving), la création de nouvelles entreprises et mise à disposition de connaissance sociale. Ces contributions sont également considérées comme des « pathways to impact » ou des canaux par lesquels la recherche publique peut impacter la société dans son intégralité via notamment le secteur public, le secteur privé et tout autre type d'acteurs ou groupe d'acteurs. Certains auteurs (Hughes & Kitson 2012 ; Perkmann & Walsh 2007) distinguent les liens science-industrie impliquant des relations interpersonnelles (partenariat de recherche, interaction informelle, collaboration, participation à des réseaux) de ceux n'impliquant aucun lien (les activités de commercialisation de la propriété intellectuelle : brevet, licence, création de start-up).

Ces types d'interactions ne sont pas utilisés de manière uniforme par les chercheurs. Peu de scientifiques (5 à 10 %) s'engagent dans la commercialisation des résultats de la recherche publique (Hughes & Kitson 2012 ; Bozeman & Gaughan 2007 ; Perkmann *et al.* 2013). Les interactions avec le monde extérieur se font de manière privilégiée lors des conférences ou la participation à des réseaux mais aussi lors des interactions informelles, des contrats et des coopérations de recherche, des recherches et des publications conjointes (Hughes & Kitson 2012 ; Perkmann *et al.* 2013). Une étude réalisée en Grande Bretagne (HEFCE 2011) montre que les revenus extérieurs des universités résultent majoritairement de la recherche contractuelle et de la recherche collaborative, la propriété intellectuelle représentant la part la plus faible. Ces résultats suggèreraient que les acteurs externes sont disposés à payer pour accéder aux services, connaissances, inputs et équipements des universités et beaucoup moins à leur PI.

Pour Perkmann & Walsh (2007), ces liens diffèrent par le degré d'engagement relationnel entre les scientifiques et les acteurs extérieurs. D'un côté du spectre des relations, les partenariats et collaborations de recherche représentent des liens avec un engagement fort de la part de tous les acteurs. La création d'un résultat commun nécessite des interactions interpersonnelles fréquentes, des niveaux importants de ressources engagées et du travail collaboratif (Cohen *et al.* 2002). L'innovation et la co-production de connaissance se réalisent au sein de l'espace collaboratif. Ces relations, récemment appelées « academic engagement » (Perkmann *et al.* 2013) dans la littérature, sont également caractérisées par l'engagement important des partenaires extérieurs dans la production de connaissance.

À l'opposé, la commercialisation de la PI (licence, entrepreneuriat académique) est déterminée par des liens faibles entre science et industrie avec un engagement relationnel ténu de la part des acteurs. Couramment appelé transfert de technologie ou valorisation de la recherche (Perkmann *et al.* 2013), ces activités n'exigent pas d'engagement de la part du scientifique durant le processus de commercialisation. Le lieu de création de la connaissance brevetée est le laboratoire et non la transaction commerciale. Dans sa forme la plus simple, le développement de l'invention est réalisé par le chercheur sans la participation d'acteurs extérieurs. Ces derniers n'interviennent que lors de l'achat de la licence ou du brevet et réalisent les investissements complémentaires pour commercialiser l'innovation. Bien évidemment, un brevet peut être la résultante d'une coopération en recherche et engendrer une implication plus importante de l'acteur extérieur.

Les relations science-industrie sont cependant soumises à certaines contraintes et limites. Pour Hughes & Kitson (2012), les scientifiques estiment que contrairement aux idées reçues, les interactions sont contraintes par de multiples raisons (manque de temps, de ressources, bureaucratie...) autres que les différences culturelles et les conflits sur la PI. Cette dernière remarque est également vraie du point de vue des entreprises pour qui le manque de capacité à construire et à développer en interne des fonctions de « boundary-spanner » est une des limites principales. Bruneel *et al.* (2010) distinguent les barrières liées à l'orientation de la recherche des barrières transactionnelles. Les entreprises considèrent que les barrières principales sont l'orientation de la recherche à long-terme des OPR (70 %), les règles et régulations imposées par les universités et les agences de financement (58 %), les conflits sur le paiement des royalties (57 %) et les attentes non réalistes des bureaux de valorisation (50 %). Les barrières liées à l'orientation de la recherche peuvent être amoindries si l'entreprise a une expérience en termes de collaboration, des liens avec la formation, a signé des contrats de recherche préalablement et a établi une relation de confiance. L'expérience en termes de collaboration et la variété des liens avec l'université ne permettent pas à l'entreprise de diminuer les barrières liées à la négociation des droits de PI.

Cette littérature met en évidence un continuum de relations borné par des extrêmes : (i) la co-production des connaissances avec un engagement fort en termes relationnel et de ressources de tous les acteurs pour générer un résultat de recherche et (ii) la production de la connaissance par des chercheurs au sein de leur laboratoire (en dehors de tout espace collaboratif), brevetée et licenciée à une entreprise. Entre ces deux cas polaires, il existe une variété de liens caractérisés par des degrés d'implications divers des acteurs extérieurs et des chercheurs. Ces interactions correspondent à des étapes amont du processus d'innovation. Ce continuum d'interactions matérialisant des degrés de contributions extérieures diverses est représenté par l'axe horizontal.

Le rôle des intermédiaires dans le processus d'innovation (axe vertical)

La littérature sur les réseaux d'innovation s'intéresse au rôle de certains acteurs, les intermédiaires, agissant sur la structuration du réseau afin

de faciliter l'innovation. Pour Winch & Courtney (2007) et Batterink *et al.* (2010), les intermédiaires d'innovation sont des organisations qui permettent aux autres membres d'un réseau d'innover. Ils ne sont pas nécessairement des innovateurs dans la mesure où ils ne mettent pas sur le marché directement les innovations. Leur rôle est de lier des utilisateurs et des producteurs de connaissance, de combler des trous structurels (Burt 2004) et d'aider les innovateurs à surmonter les barrières inhérentes au processus d'innovation. Tout type d'organisation (OPR, université, PME, grande entreprise, centre technique, bureau de valorisation...) peut jouer un rôle d'intermédiaire.

Pour certains auteurs (Klerkx & Leeuwis 2008 ; Batterink *et al.* 2010 ; Klerkx & Aarts 2013), les rôles des intermédiaires d'innovation dans le secteur agronomique, mais aussi dans d'autres secteurs, sont les suivants :

- l'articulation de la demande et de l'offre consiste à établir un dialogue entre les utilisateurs et les producteurs. Il s'agit notamment d'articuler des besoins latents mais aussi les besoins en technologies, connaissances et autres ressources nécessaires à l'innovation ;
- le courtage de réseau a pour but de pallier les imperfections de marché (incertitude, asymétrie d'information, dysfonctionnement de l'offre et de la demande) et les imperfections systémiques (inadéquation des capacités cognitives, des mécanismes de coordination, de financement, des systèmes de sélection, de la réglementation...);
- le management du processus d'innovation revient à coordonner les acteurs du réseau d'innovation, à augmenter la transparence dans le système, à améliorer la réciprocité et à favoriser l'émergence de liens sociaux (confiance), à superviser le développement de l'innovation et à identifier les problèmes, à promouvoir des apprentissages mutuels, à gérer les droits de propriété intellectuelle, etc.

Ces trois fonctions sont souvent prises en compte dans la littérature plus précise sur l'orchestration des réseaux. Un réseau peut être orchestré par les participants, mais également par un acteur leader ou une organisation « hub » (Dhanasai & Parkhe 2006) ou encore par un acteur impartial extérieur au réseau (Provan & Kenis 2008). Les acteurs qui agissent comme des « promoteurs » jouent souvent un rôle dans l'orchestration des réseaux. Fichter (2009) distingue quatre types de promoteurs en fonction des barrières à surmonter le long du processus d'innovation. Ainsi le « promoteur expert » relève des barrières liées à la connaissance et son pouvoir est basé sur son expertise ; le « promoteur pouvoir » relève des barrières liées à l'ignorance, l'opposition et aux ressources et son pouvoir est basé sur son contrôle des ressources et sa capacité de décision ; le « promoteur processus » relève des barrières administratives grâce à ses compétences organisationnelles ; enfin, le « promoteur relationnel » surmonte des barrières liées à la coopération grâce à ses compétences résilieuses et son potentiel pour l'interaction. Le succès du processus d'innovation dépend de la capacité des promoteurs à travailler ensemble. Par ailleurs, ces rôles ne sont pas nécessairement distribués entre plusieurs acteurs mais peuvent être combinés au sein d'une seule organisation. La collaboration des promoteurs peut avoir lieu au sein d'une organisation, mais aussi au sein de la chaîne de valeur de l'innovation (client-four-nisseur) ou au niveau plus général du système d'innovation (agence de financement, organismes de recherche, gouvernement) mais aussi entre ces trois niveaux. Pour Fichter (2009 p. 369), « *promoters, and*

their close co-operation across organizational boundaries, are needed to keep open innovation ideas and projects alive and thriving, especially when they address complex solutions, and when core competencies and resources are distributed among a number of partners ».

L'innovation se réalise souvent au sein d'un réseau d'acteurs (Callon 1999) dans lequel les intermédiaires jouent un rôle important d'orchestration. Plus une innovation est complexe et fait face à des barrières importantes, plus la coordination des « promoteurs » est importante. La construction de l'axe vertical de l'analyse transversale prend en compte ces divers aspects en distinguant notamment les rôles d'intermédiation joués par l'Inra de ceux joués par les autres acteurs du réseau. La structuration du réseau d'acteurs peut-être plus ou moins intense et portée par plus ou moins d'acteurs, selon le type d'innovation considéré.

Le tableau ci-dessous met en évidence les variables utilisées dans la construction des deux axes de la typologie :

• **L'axe horizontal décrit la contribution des partenaires extérieurs non académiques à la production de connaissances** dans

les phases amont du processus d'innovation (pour lesquelles l'Inra joue un rôle prépondérant). Nous distinguons trois types de contributions : la présence d'un acteur extérieur et son délai d'intervention, une contribution cognitive (co-production), et des contributions en ressources. La somme des contributions en ressources ne dépasse pas la contribution cognitive. En ce sens, nous considérons chaque type de contribution comme étant nécessaire à la création de connaissances.

• **L'axe vertical décrit le degré de transformation des milieux d'utilisation associé à la diffusion des outputs de la recherche.**

Nous considérons que le rôle de l'Inra est aussi important dans la structuration du réseau que le rôle des autres intermédiaires (pondération comparable pour l'Inra et les autres acteurs). Nous avons pondéré plus fortement certains rôles de promoteur qui permettent de lever des barrières critiques dans le processus d'innovation : barrières réglementaires et barrières d'accès au marché.

LES VARIABLES DE L'ANALYSE TYPOLOGIQUE

Axe Horizontal : « Coproduction des connaissances »	Coefficient
Présence d'un partenaire non académique.....	3
Présence d'un partenaire non académique impliqué dès le début des recherches.....	3
Présence d'un partenaire non académique coproduisant les connaissances.....	3
Présence d'un partenaire non académique apportant des moyens financiers aux inputs.....	1
Présence d'un partenaire non académique apportant des moyens humains aux inputs.....	1
Présence d'un partenaire non académique apportant des moyens physiques et biologiques aux inputs.....	1
Somme coefficients.....	12

Note : La pondération est justifiée par le fait que la somme des moyens apportés (financiers, humains et physiques/biologiques) ne dépasse pas la contribution cognitive (coproduction des connaissances). Les cas pour lesquels aucun acteur extérieur non académique n'intervient au niveau des inputs présentent une valeur de contribution aux inputs nulle (ex : Sonde FS).

Axe Vertical : « Transformation des milieux d'utilisation »	Coefficient
Rôles Inra	
Coordination.....	1
Formation.....	1
Contribution à la réglementation.....	2
Promotion commerciale.....	1
Rôles des intermédiaires extérieurs	
Contribution à la réglementation.....	2
Coordination des acteurs.....	1
Réalisation d'efforts pour accéder au marché.....	3
Somme coefficients.....	11

Nous avons pris soin d'une part, que la somme des coefficients de l'Inra soit comparable à la somme des coefficients des acteurs intermédiaires afin que l'indice de structuration traduise la co-structuration, et d'autre part, que le poids total du mécanisme critique « réglementaire » soit comparable au poids du mécanisme critique « marché ».

Remarque : le nombre d'acteurs intermédiaires jouant un rôle donné n'est pas pris en compte.

ANNEXE 8

Résultats de l'analyse transversale : l'analyse en coupe

L'analyse en coupe porte sur 29 cas, étudiés entre 2011 et 2014 par l'équipe Asirpa et les équipes des départements EFPA, CEPIA, SPE et E&A.

Dans cette analyse, le terme de partenaire est réservé aux acteurs extérieurs impliqués au stade des inputs. Les acteurs extérieurs impliqués dans la circulation des connaissances et la diffusion des outputs sont appelés intermédiaires.

La temporalité

La production d'impacts s'inscrit dans des échelles de temps longues.

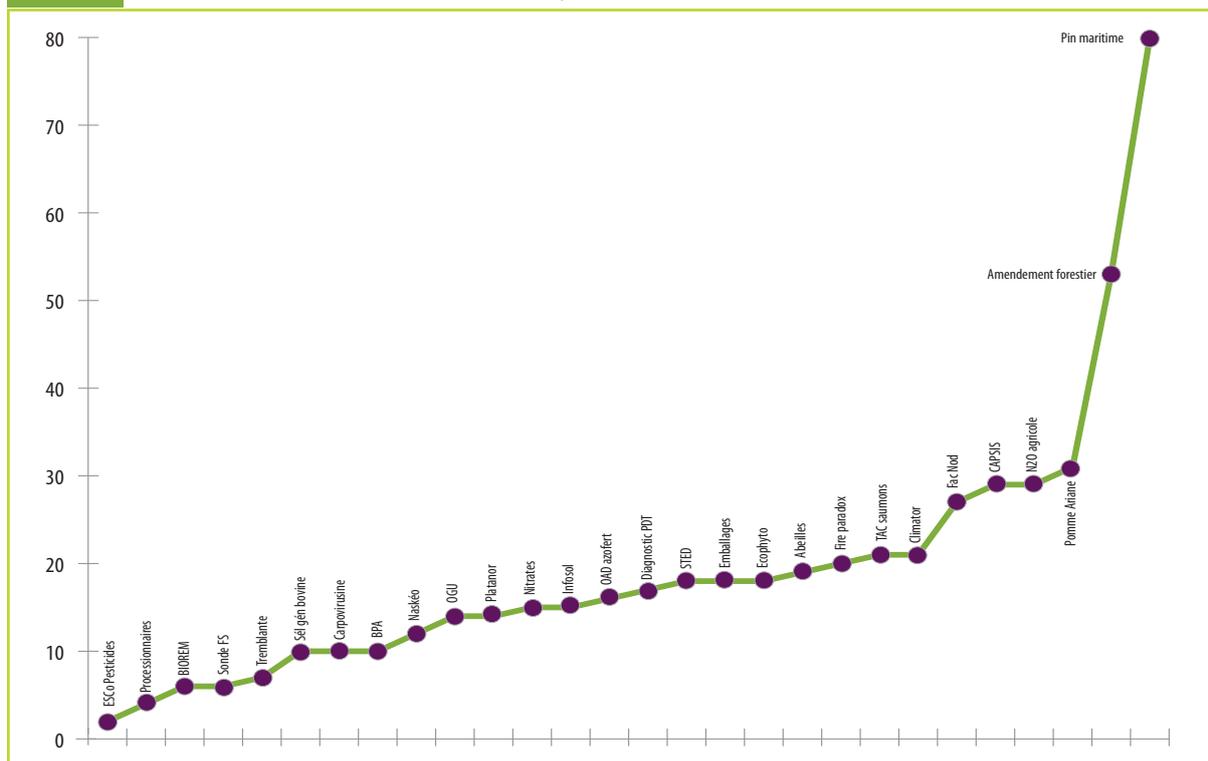
Le délai moyen de production d'outputs à partir des premières recherches en lien avec les outputs générés (D1) est de 14 ans, avec un écart-type de 11,9 ans. Cette forte disparité est liée à la nature des objets de recherche : la durée moyenne de production d'outputs pour les cas impliquant des arbres (dont le cycle biologique est long : Pomme Ariane, Pin maritime, Capsis, Platanor et Amendement forestier) est de 29,8 ans.

Le délai moyen de génération d'impacts à partir des outputs produits (D2) est de 5,9 ans. Parmi les cas dont le délai de génération d'impacts est le plus court, on retrouve des cas problem-solving comme le détergent enzymatique anti-biofilms Biorem, les pièges à processionnaires du pin ou la variété de platane résistante au chancre Platanor. Par ailleurs, les cas dont l'impact est principalement politique (ESCo, Fire Paradox, BPA, TAC saumons, Emballages, Abeilles, Algues vertes, Infosol, Ecophyto, N₂O agricole et Climator) génèrent des impacts beaucoup plus rapidement à partir des outputs (2,6 ans en moyenne, avec un minimum de 0 ans et un maximum de 6 ans).

La durée totale de génération des premiers impacts à partir de l'initiation des recherches est en moyenne de 19,4 ans (voir la distribution des cas sur la figure 1). Ce résultat confirme que la génération d'impact s'inscrit dans la durée. Par ailleurs, dans 80 % des cas, les recherches sont plus longues que la diffusion des outputs (D1>D2).

Enfin, tout en gardant à l'esprit que cette analyse est fondée sur 29 individus, il semble y avoir une corrélation entre la durée des recherches et la durée de diffusion : si les recherches sont plus longues, le transfert est plus long (coefficient de corrélation de 0,45).

FIGURE 1 TEMPORALITÉ DES CAS (DÉLAI RECHERCHES-IMPACTS, LOG (10) ANS)



Les inputs :

• L'importance des infrastructures.

Effet système des inputs de l'Inra

La mobilisation d'infrastructures physiques ou biologiques au cours des recherches est quasiment systématique dans les cas étudiés (dans 93 % des cas, l'Inra a mobilisé une infrastructure interne ; dans 77 % une infrastructure extérieure a également été utilisée). Dans 37 % des cas, l'Inra mobilise à la fois une infrastructure physique et une infrastructure biologique ou bio-informatique propre. Si l'on pose l'hypothèse que les infrastructures mobilisées par l'Inra et ses partenaires ne sont pas équivalentes (car dans ce dernier cas elles ne seraient pas nécessaires) mais bien complémentaires, l'analyse des infrastructures offre un bel exemple de l'effet système des inputs. En termes de nombre d'acteurs, sur les 66 partenaires des recherches de l'Inra analysés au travers des 29 cas, 36 (55 %) ont mis leurs infrastructures propres à profit des recherches : l'association des partenaires ajoute bien des moyens matériels aux recherches et le choix des partenaires de l'Inra est probablement dicté notamment par les infrastructures qu'ils possèdent.

• Degré d'interdisciplinarité

97 % des cas étudiés ont mobilisé plusieurs disciplines de l'Inra parmi les 56 disciplines recensées par l'Inra : aucun des cas à succès étudiés n'est monodisciplinaire⁴⁰.

Par ailleurs, 40 % des cas ont mobilisé plusieurs départements de l'Inra (ce chiffre est probablement sous-estimé étant donné le contexte d'auto-évaluation des départements dans lequel ont été réalisés 16 des 29 cas). L'impact de l'Inra repose donc sur des recherches qui font systématiquement appel à plusieurs disciplines et qui s'appuient sur des infrastructures de recherche construites dans le temps long.

• Positionnement de l'Inra

66 % des cas étudiés répondent à une mission de service public de l'Inra. Par ailleurs, l'Inra est leader scientifique national sur une grande majorité (90 %) des cas. L'Inra n'est pas leader scientifique sur le cas BPA et sur les cas liés aux biofilms, ces derniers appelant des connaissances moins spécifiques à l'agronomie. Enfin, l'Inra est référent réglementaire et/ou politique dans 34 % des cas.

• Caractérisation de la contribution des chercheurs de l'Inra :

Au stade des inputs, les chercheurs de l'Inra produisent systématiquement des connaissances originales (93 % des cas) et développent des outils technologiques (80 %) au service de leurs recherches. L'excellence de ces recherches se reflète au niveau des publications scientifiques dans des revues à comité de lecture, qui sont très fréquentes dans les cas étudiés. De manière plus ponctuelle, ils mettent à profit leur capacité d'expertise individuelle (50 % des cas).

Les chercheurs Inra jouent également des rôles structurants dans la configuration productive, en assemblant des connaissances extérieures existantes (57 % des cas ; ex : connaissances japonaises sur le radis OGURA mobilisées pour la création d'hybrides de colza) ou en coordonnant directement un réseau de partenaires (57 % des cas ; ex : création d'un RMT, un ORE, signatures de conventions bilatérales de recherche...).

Bien que l'Inra joue par définition un rôle structurant au niveau de l'organisation des recherches, les rôles d'architecture de connaissances extérieures existantes et de coordination du réseau d'acteurs agissent particulièrement sur l'articulation des résultats de recherches dispersés et discontinus et l'organisation des partenariats.

• Types de partenaires

Notre échantillon de 29 cas fait intervenir 66 partenaires différents, dont 49 (74 %) non académiques. La répartition des partenaires est donnée dans le tableau 1.

TABLEAU 1 LES TYPES DE PARTENAIRES DE L'INRA

Type	PME/GE	Institut technique/ association/OPA	Instance publique	Académique
% des partenaires	18	42	14	26

• Rôle des partenariats

Le rôle des partenaires socio-économiques ne peut pas être décrit par un modèle simple (par exemple modèle linéaire vs modèle réticulaire). Les variations dans le type de partenariat dépendent des agencements socio-techniques (certains parlent d'Ordres Socio-Économiques) dont la diversité est très grande en agriculture.

Les variables choisies pour décrire le rôle des partenaires de l'Inra dans les inputs sont structurantes pour les recherches. Les partenaires des recherches n'interviennent pas tous avec la même intensité et précocité.

33 % des partenaires (autant académiques que non académiques) sont impliqués dès le début des recherches. Cette variable peut traduire la capacité de certains partenaires à orienter les recherches mais sur l'ensemble des cas l'Inra est souvent le seul initiateur des recherches (dans 60 % des cas, aucun partenaire n'était associé aux premiers stades des recherches).

Bien que leur intervention dans les inputs puisse être tardive, dans 86 % des cas (62 % des partenaires), au moins un partenaire coproduit les connaissances avec l'Inra, ce qui révèle encore la nécessaire complémentarité des partenaires et l'effet système créé par l'Inra. Paradoxalement, il est intéressant de noter que **parmi l'ensemble des partenaires qui coproduisent les connaissances avec l'Inra, seuls 34 % sont académiques, contre 46 % Instituts techniques,**

⁴⁰ Cette variable, pour l'instant appréhendée avec la liste des disciplines de l'Inra de 2005, doit être approfondie pour rendre compte des disciplines investies par les partenaires de l'Inra d'une part, et de la distance entre les disciplines, d'autre part.

associations ou organismes publics agricoles. L'Inra co-construit donc les connaissances en étroit lien avec la filière.

La totalité des partenaires, tous types confondus, apporte des moyens aux recherches de l'Inra (42 % des partenaires apportent des moyens financiers, 73 % des moyens humains et 55 % des infrastructures). Dans une grande majorité des cas (77 %) au moins un partenaire apporte des infrastructures physiques, biologiques ou bioinformatiques au cas.

Les outputs

La majorité des cas (73 %) donne lieu à des outputs incorporés dans des objets techniques (variétés, pilotes industriels, logiciels, matériel de biotechnologie...). Une grande proportion des cas étudiés (67 %) a également donné lieu à des publications scientifiques dans des revues à comité de lecture. 43 % des cas étudiés ont donné lieu à l'obtention d'un COV ou d'un brevet, au moins co-déposé par l'Inra.

Rôle des intermédiaires

• La contribution de l'Inra à la diffusion des outputs

Dans la quasi-totalité des cas (87 %), la contribution de l'Inra ne se limite pas à la production de connaissances mais concerne aussi leur diffusion et les conditions de leur utilisation : adaptation de la réglementation, formation... L'ensemble de ces éléments, que nous appelons des intermédiaires, conditionne la réalisation des impacts de niveau 1. Par ailleurs, un certain nombre de rôles joués par les chercheurs peuvent avoir des effets particulièrement structurants sur le réseau d'acteurs intermédiaires et la coordination de la diffusion des outputs. Dans 50 % des cas, une structure de valorisation de l'Inra (Inra Transfert, AgriObtentions, cellule partenariat d'un département, ApisGene...) est intervenue dans le transfert des outputs. Dans 20 % des cas, cette structure a même joué un rôle déterminant dans la recherche d'acteurs intermédiaires.

Les chercheurs ayant produit les inputs sont très régulièrement investis également dans leur diffusion, ne laissant donc pas ce rôle uniquement aux acteurs extérieurs. Les rôles de coordination, formation, contribution à la réglementation et promotion commerciale que sont amenés à jouer les chercheurs de l'Inra sont considérés comme structurants de la diffusion des outputs.

Ainsi, dans 50 % des cas ils coordonnent le réseau d'acteurs aval (en mettant en œuvre des chartes d'utilisation, en organisant des sites de démonstration, en mettant en relation des utilisateurs divers...), prodiguent des formations à l'utilisation des outputs ou mobilisent leur capacité d'expertise individuelle pour l'implémentation des outputs.

De manière beaucoup plus ponctuelle (respectivement 13 % et 23 % des cas), les chercheurs Inra réalisent eux-mêmes la promotion « commerciale » des outputs ou jouent un rôle de fournisseur en produisant (souvent temporairement) un composant ou une ressource indispensable à la fabrication/qualité des outputs (comme les plants Platanor stades 3-4 feuilles fournis à la pépinière partenaire ou les modèles de gestion forestière qui alimentent la plateforme Capsis).

Très régulièrement aussi (40 % des cas), les chercheurs Inra contribuent à l'évolution de la réglementation en faveur de l'autorisation, l'homologation, la certification des outputs. Nous considérons ce rôle comme un mécanisme critique de la diffusion des outputs sur lequel l'intervention de l'Inra est particulièrement déterminante pour lever une éventuelle barrière réglementaire. Les obstacles réglementaires ne sont pas présents dans tous les cas, mais lorsqu'ils sont présents, le rôle de contribution à la réglementation est davantage dévolu aux chercheurs Inra qu'aux acteurs intermédiaires extérieurs. En effet, dans 40 % des cas les chercheurs Inra contribuent à la réglementation, tandis que les acteurs extérieurs n'y participent que dans 33 % des cas. D'autre part, la probabilité qu'au moins un acteur intermédiaire contribue à la réglementation sachant que l'Inra y contribue est faible (0,23) : on comprend ici que les acteurs laissent l'Inra « préparer le terrain » pour la valorisation fluide des outputs. Ce résultat illustre encore la complémentarité des rôles des acteurs.

Il semble qu'il y ait une corrélation entre l'intensité de l'intervention des chercheurs Inra (nombre de rôles joués dans les intermédiaires) et l'intervention d'une structure de valorisation de l'Inra (coefficient de corrélation = -0,20), comme si les chercheurs déléguaient effectivement les tâches d'assistance au transfert à ces structures. Les structures de valorisation prendraient le relais.

• La contribution des acteurs extérieurs à la diffusion des outputs

Sur l'ensemble des 29 cas étudiés, 77 acteurs intermédiaires sont investis au côté des chercheurs et des structures de valorisation internes (soit une moyenne de 2,6 intermédiaires par cas). Le réseau d'acteurs produisant l'innovation avec l'Inra est donc plus dense en aval des outputs qu'en amont (66 partenaires des inputs). Les acteurs intermédiaires sont majoritairement des PME ou grandes entreprises (36 %) et des Instituts techniques/associations/OPA (39 %). Les médias et les structures administratives n'interviennent comme intermédiaires que dans les cas politiques. Par ailleurs, il y a très peu d'intermédiaires académiques, même dans les cas politiques.

Le rôle d'acteurs intermédiaires extérieurs dans la diffusion des outputs et la génération des impacts est prépondérant. Trois des rôles qui leur sont potentiellement attribués sont considérés comme structurants la diffusion : la contribution à la réglementation, la coordination des acteurs et la réalisation d'efforts pour accéder au marché ou créer la chaîne de valeur. À l'image de l'analyse que nous avons faite sur les rôles de l'Inra dans les intermédiaires, la contribution à la réglementation est également une barrière potentiellement critique à la diffusion, de même que la création d'un nouveau marché, segment de marché ou la structuration d'une chaîne de valeur.

La plupart des acteurs intermédiaires diffusent les outputs (84 %). Les intermédiaires contribuant à la réglementation ou réalisant des efforts pour accéder au marché sont plus rares (respectivement 17 % et 12 % des intermédiaires). Par ailleurs, la probabilité qu'un acteur intermédiaire diffuse les outputs sachant qu'il a réalisé des efforts pour accéder au marché est de 1 : les intermédiaires agissent bien ici dans leur propre intérêt commercial.

En revanche, il semble que les rôles de coordination joués par l'Inra et par les intermédiaires extérieurs s'additionnent plutôt que se substituent. En effet, la probabilité qu'au moins un intermédiaire extérieur joue un rôle de coordination sachant que l'Inra joue également ce rôle est forte (0,8).

• Type d'accords des intermédiaires avec l'Inra

En termes de diffusion des outputs, 37 % des cas donnent lieu à des accords de licences exclusives et 13 % des cas à des licences non exclusives.

• Durabilité et stabilité du partenariat partenaires vs intermédiaires

En moyenne 42 % des partenaires sont aussi des intermédiaires. Les partenariats non académiques sont davantage poursuivis au cours de l'étape de diffusion des outputs (55 % des partenaires non académiques jouent aussi un rôle d'intermédiaires. 98 % des acteurs qui sont à la fois partenaires des recherches et intermédiaires ne sont pas académiques).

Dans 71 % des cas, au moins un partenaire (tous types de partenaires confondus) joue aussi le rôle d'intermédiaire ce qui illustre l'importance de la continuité des relations au cours du cas entre l'Inra et les acteurs extérieurs.

Parmi les partenaires non académiques, ceux qui jouent aussi un rôle d'intermédiaires sont globalement moins impliqués dans les inputs (ils coproduisent particulièrement moins les connaissances, financent moins les recherches). Ces derniers sont aussi impliqués plus tard dans les recherches que la moyenne des partenaires non académiques. (voir tableau 2).

TABLEAU 2 STABILITÉ DES PARTENAIRES DE L'INRA AU COURS DU CHEMIN D'IMPACT

	Dans la population des partenaires non académiques qui sont aussi intermédiaires	Dans la population totale de partenaires non académiques
% de partenaires impliqués dès le début des recherches	11%	24%
% de partenaires coproduisant les connaissances	35%	58%
% de partenaires qui apportent des moyens financiers aux recherches	29%	55%
% de partenaires qui apportent des moyens humains aux recherches	48%	76%
% de partenaires qui apportent des moyens physiques et biologiques aux recherches	28%	52%

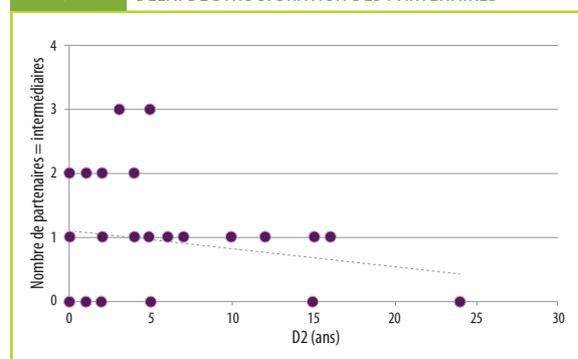
La majorité des cas étudiés (71 %) reflète un partenariat stable et durable où des partenaires impliqués au côté de l'Inra dans la production des outputs poursuivent la collaboration jusqu'à leur diffusion. Une minorité de cas (30 %, soit 17 % des intermédiaires) implique des intermédiaires qui ont été créés au cours du processus d'innovation. Or parmi ces acteurs nouvellement créés, 33 % sont directement issus des recherches de l'Inra (correspondant à l'output : « structure de coordination »*). Mais très peu d'intermédiaires sont substantiellement transformés au cours du processus d'innovation ou l'abandonnent complètement.

Par ailleurs, sur les technologies brevetées, il existe une corrélation entre la présence d'un acteur non académique qui soit à la fois partenaire des inputs puis intermédiaire et la cession d'une licence exclusive (coef 0,56). Il semblerait donc que l'exclusivité de la licence octroyée par l'Inra à son partenaire récompense la durabilité de leur partenariat.

• Efficacité du transfert

La structuration du réseau d'acteurs dès les inputs est un élément déterminant de la rapidité du transfert de technologie. En effet, plus nombreux sont les acteurs qui collaborent à la fois dans les inputs et les intermédiaires, plus le délai de diffusion des outputs (D2) est court (coefficient de corrélation de -0,35). (Voir figure 2). Le réseau d'acteurs a commencé à se structurer en amont des outputs et est efficace pour générer de l'impact dès les outputs disponibles.

FIGURE 2 DÉLAI DE STRUCTURATION DES PARTENAIRES



Les impacts

Nous avons considéré 5 dimensions d'impact : économique, environnementale, politique, sanitaire et territoriale-sociale. Sur chaque dimension, l'intensité de l'impact peut varier de 1 à 5, 1 qualifiant les impacts les plus faibles et 5 les plus forts.

• Impacts 1

La totalité des cas affectent directement (impacts 1) au minimum une dimension d'impact. Les cas considérés reflètent le caractère pluri-dimensionnel des impacts générés. En effet, 79 % des cas affectent plus d'une dimension d'impact, chaque cas affectant en moyenne 2,2 dimensions d'impact.

Bien que la majorité des cas (53 %) aient un impact 1 économique, ça n'est pas le type d'impact le plus représenté. En effet, 63 % des cas ont

un impact 1 d'ordre environnemental et 53 % un impact politique. Les impacts sanitaires et territoriaux-sociaux sont moins représentés. La très forte représentation des impacts environnementaux, économiques et politiques suggère que ces impacts sont très régulièrement associés dans les cas.

Par ailleurs une étude de l'association des dimensions d'impact suggère que les cas ayant un fort impact environnemental ont plus systématiquement (67 % des cas) un impact économique que l'ensemble des cas (53 % des cas). Ce premier résultat suggère l'émergence d'un marché pour les biens environnementaux. De même, les cas ayant un impact 1 d'ordre économique ont nettement moins d'impact 1 politique (38 %) que la moyenne des cas (53 %). Ce second résultat suggère que les cas destinés à des applications marchandes ont peu de conséquences directes sur les politiques.

Il existe une faible corrélation entre la diversité des utilisateurs finaux et la diversité des impacts 1 générés (coefficient de corrélation 0,5).

De même, il semble que plus le délai entre la production des outputs et les premiers impacts observés est long (D2), plus les impacts 1 sont divers (coefficient de corrélation 0,4).

• Impacts 2

Les dimensions de l'impact 2 sont préfigurées par les dimensions d'impact 1. En effet, 81 % des cas présentant un impact 2 d'ordre économique ont eu un impact 1 d'ordre économique ; de même pour l'impact politique (81 %), l'impact environnemental (63 %) et de manière un peu moins certaine pour l'impact sanitaire (57 %). Ce résultat est cohérent avec la notion de généralisation des impacts 1.

La généralisation des impacts 1 (production d'impacts 2) s'accompagne de leur diversification : les impacts 2 sont en moyenne plus divers que les impacts 1 (2,9 dimensions affectées par cas contre 2,2). La dimension d'impact 2 la plus fréquente est économique (63 % des cas), suivie par la dimension environnementale (53 % des cas) puis politique (47 % des cas). ■



147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07
France

Tél. : +33 1 42 75 90 00
Fax. : +33 1 42 75 99 66
inra.fr

