

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

**LA PROBLEMATIQUE GESTION DES RESISTANCES AUX HERBICIDES (ET FONGICIDES) : ENTRE
TRAGEDIE DES COMMUNS ET TRAGEDIE DES ANTI-COMMUNS.**

M. HANNACHI¹, V. SOUCHERE², A. DEREDEC³, R. ANTOINE⁴, T. HAN⁵, E. TADDEI⁶, E. BERTHET⁷, A.
TONDA⁸, C. DELYE⁹ ET A-S. WALKER¹⁰

¹ INRA UMR SADAPT, mourad.hannachi@inra.fr

² INRA UMR SADAPT, veronique.souchere@inra.fr

³ INRA UMR BIOGER, anne.deredec@inra.fr

⁴ INRA UMR BIOGER et UMR SADAPT, ruth.antoine@inra.fr

⁵ INRA UMR SADAPT, tong.han@inra.fr

⁶ INRA UMR SADAPT, emma.taddei@inra.fr

⁷ INRA UMR SADAPT, elsa.berthet@inra.fr

⁸ INRA UMR GMPA, alberto.tonda@inra.fr

⁹ INRA UMR AGROECOLOGIE, christophe.delye@inra.fr

¹⁰ INRA UMR BIOGER, anne-sophie.walker@inra.fr

RESUME

Les résistances aux herbicides et aux fongicides sont des problèmes majeurs en agriculture. Au travers d'un projet de recherche-action transdisciplinaire, ce travail aborde la question suivante : En quoi la gestion des résistances aux herbicides et fongicides en grandes cultures nécessite-t-elle une gestion collective et quels en sont les attributs et leviers ? Les résultats révèlent que le contexte de gestion des résistances aux pesticides dans les territoires agricoles français est caractérisé par une combinaison de « tragédie des communs » et de « tragédie des anti-communs », ce qui est un cas novateur dans la littérature sur les biens communs. Nous montrons ainsi que la gestion des résistances aux produits de protection des plantes (que ce soit des produits de biocontrôle et des biopesticides ou des pesticides chimiques) est par nature un problème collectif qu'il importe de traiter en tant que tel, c'est à dire en appelant à des formes d'organisation collectives et à la construction sociale d'intérêts communs et de dispositifs collectifs.

Mots clés : Résistance herbicide, résistance fongicides, communs, action collective, transdisciplinarité

ABSTRACT

Resistance to herbicides and fungicides are major problems in agriculture. Through a transdisciplinary research-action project, this work addresses the following question: How does the management of resistance to herbicides and fungicides require collective actions? The results reveal that the context of pesticide resistance management in the French agricultural territories is characterized by a combination of "tragedy of the commons" and "tragedy of the anti-commons", which is an innovative case in the commons literature. We show that resistance management to plant protection products (whether it is biocontrol product, biopesticide or chemical pesticide) is by nature a collective problem that needs to be addressed as such by calling for collective organization and the social construction of common interests.

Keywords : Herbicide Resistance, Fungicide Resistance, Common, Collective Action, transdisciplinarity

INTRODUCTION

Que ce soit pour les produits de biocontrôle et les biopesticides ou pour les produits de synthèse et pesticides chimiques, l'apparition de bioagresseurs résistants est un problème majeur qui génère des impasses phytosanitaires (Gobbons, 1991). Le HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) répertorie 500 cas (espèce x site d'action) de mauvaises herbes résistantes aux herbicides dans le monde, concernant 256 espèces (Heap, 2019). Le FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) quant à lui répertorie actuellement dans le monde plus de 300 cas de résistance en pratique à 30 modes d'action chez 250 espèces de champignons phytopathogènes (www.frac.info).

Les recherches montrent que le risque d'apparition de « résistance » à un produit de protection des plantes est généralement partagé en 3 composantes (Kuck and Russell, 2006) : (1) biologique (intégrant les traits de vie favorisant l'émergence et la dissémination des allèles résistants, comme la durée des cycles biologiques ou la capacité de dispersion des spores), (2) chimique inhérent au mode d'action (*e.g.* nombre de cibles cellulaires, activité intrinsèque) et (3) agronomique prenant en compte l'exposition du pathogène au fongicide dans le système de culture (durée des rotations, contexte pédo-climatique et utilisation des modes d'action en particulier). Dans la pratique, seul le risque agronomique peut être réellement contrôlé et géré grâce à des stratégies anti-résistance, correspondant à l'optimisation du déploiement dans l'espace et dans le temps des pesticides, via notamment des zones refuges et de la diversité spatiale.

Pour lutter contre les résistances, les stratégies les plus utilisées reposent sur le mélange de molécules ou leur alternance dans les programmes de traitement. Leur utilisation dans la mosaïque paysagère est encore peu développée en pratique, alors que cette approche spatiale permettrait de mieux composer avec les grandes capacités migratoires des champignons phytopathogènes et donc des allèles résistants. L'intérêt d'une telle approche à l'échelle du paysage a été montré dans le cas similaire de l'utilisation des résistances variétales, dont le déploiement réfléchi dans le paysage pourrait permettre de conserver plus longtemps l'efficacité pour la protection des cultures (Fabre et al, 2015 et Rimbaud et al, 2018).

La gestion de paysages dans une approche collective multi-parties prenantes (car la gestion du paysage nécessite l'implication et la coordination de la diversité d'acteurs qui composent le paysage) n'a pas été significativement explorée. Afin d'explorer cette question de manière pragmatique à l'échelle d'un territoire, le projet transdisciplinaire, c'est-à-dire reposant sur une diversité de disciplines (Epidémiologie, écologie, agronomie, sciences de Gestion et socio-économie, génétique des populations, informatique) MAGNIFICENT⁷¹ a été initié. Ce projet de recherche-action vise : 1) à analyser la problématique de la gestion des résistances aux herbicides et fongicides et 2) développer de manière participative une représentation commune du problème et des outils de décision collective afin de contrôler ce problème par une gestion paysagère et donc collective.

Dans cet article nous allons présenter quelques premiers résultats de ce projet. Le propos est de nous pencher sur la gestion collective et territoriale des résistances aux herbicides et fongicides et notre question est la suivante : **En quoi la gestion des résistances aux pesticides (herbicides et fongicides en grandes cultures) nécessite-t-elle une gestion collective et quels en sont les attributs et leviers?**

MATERIEL ET METHODES

Pour répondre à cette question plusieurs moyens d'investigation sont combinés.

D'abord une enquête socioéconomique a été menée : une série d'enquêtes semi-directives auprès d'acteurs concernés par cette problématique a permis de collecter les représentations individuelles

¹ Le projet MAGNIFICENT7 (Modélisation d'Accompagnement pour une Gestion Nouvelle et Intégrée des Fongicides et herbicides: Innovation, Conception collective et Exploration de Nouvelles Techniques) est financé par les départements INRA SPE et SAD et repose sur un partenariat avec des acteurs des Hauts-de-France (Chambre d'agriculture des Hauts-de-France, UNEAL, groupe CARRE-Nord Négoce, NORIAP, Arvalis, DRAAF Hauts-de-France, AgoTransfert RT....). Il fait suite au projet FONDU (Stratégies territoriales d'utilisation DURable des antiFONGiques) financé par le métaprogramme INRA SMaCH de 2013 à 2016.

de la problématique et de contextualiser la situation de gestion des résistances aux pesticides. Au total, sur tout le territoire français, 32 enquêtes ont été réalisées avec des cadres de coopératives, de négociants, des cadres de firmes de produits de protection des plantes, des chambres d'agricultures, des instituts techniques, de chercheurs et experts de l'INRA et des représentants des interprofessions ainsi que des pouvoirs publics et des institutions publiques concernées.

Dans un second temps une analyse théorique a été menée. Cette analyse est en lien avec les données des enquêtes socioéconomiques et se concentre sur les théories de l'action collective. En effet à l'examen des données d'entretiens, la situation de gestion des résistances aux herbicides et fongicides nous est très rapidement apparue comme un problème d'action collective auquel le cadre des théories d'action collective pourrait apporter un éclairage nouveau. Nous présentons dans la section résultats en quoi ces cadres théoriques sont pertinents et ce qu'ils apportent.

Enfin, afin d'explorer de manière pragmatique les tenants et aboutissants de l'action collective pour gérer les résistances aux herbicides et fongicides et tester les effets d'une mise en commun des représentations et des leviers de gestion, une série de quatre ateliers de recherche-action a été réalisée dans la région Hauts-de-France. Ces ateliers étaient ouverts à tous les acteurs et la diversité des acteurs du territoire ont été invités. Ces ateliers se sont déroulés durant le printemps et l'été 2019. Dans la section suivante nous allons présenter les résultats de ce travail.

RESULTATS

1. le cadre théorique des biens communs

Le bien commun est une notion utilisée en économie et qui fait référence à un bien accessible à tous les membres d'un collectif ; chacun peut l'employer ou le consommer sans que les autres membres puissent l'en empêcher, par contre chacun peut l'endommager, le dénaturer ou le surexploiter et l'épuiser. Le premier à avoir introduit cette notion en économie est Paul Samuelson (1954) qui a proposé une classification théorique des biens économiques, en comparant deux principes.

- Le principe de rivalité : le bien peut être détruit par l'usage. On dit alors que les agents sont rivaux sur ce bien car : soit plusieurs agents ne peuvent utiliser simultanément ce bien (effet de congestion) ; soit une utilisation abusive provoque l'usure ou la disparition du bien (effet de pollution ou de surpêche).
- Le principe d'exclusion : l'usage du bien par un agent économique peut toujours être empêché (il est alors exclusif). Plus tard, Orstom (1990) propose de modérer ce principe et introduit deux modalités : exclusion difficile ou exclusion possible. Depuis, la condition de non-exclusion nous indique qu'exclure d'autres acteurs de la consommation de la ressource est impossible ou comporte un coût prohibitif.

En combinant ces deux principes on obtient la matrice suivante :

Figure 1 : classification théorique des biens économiques

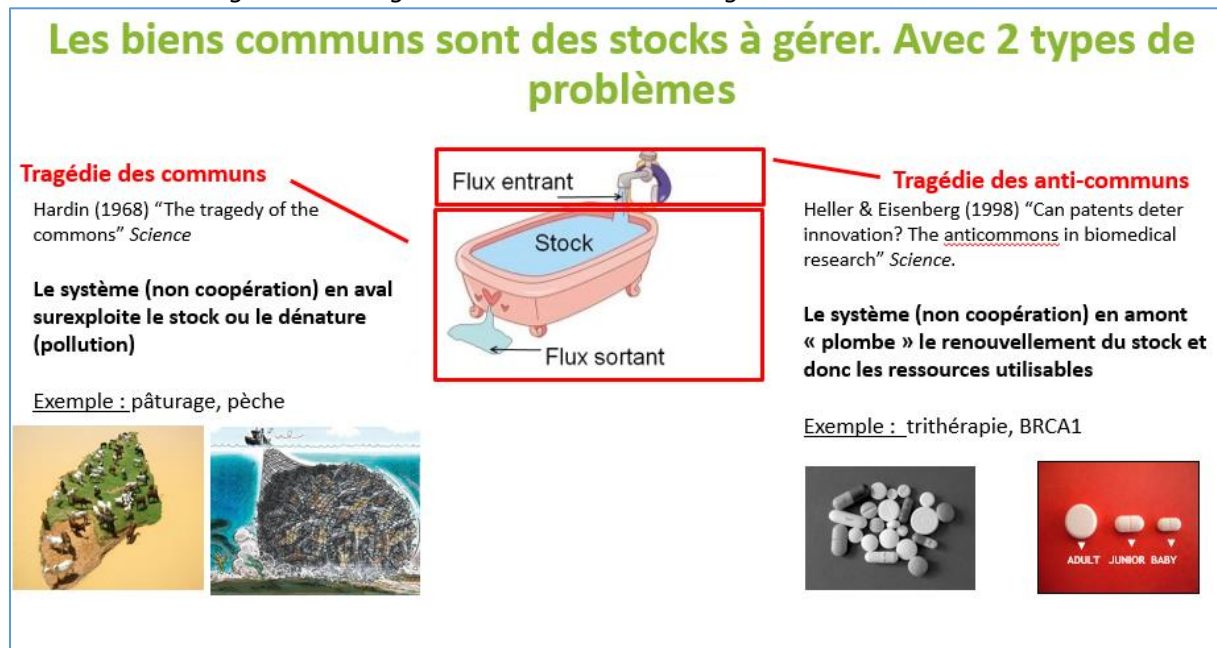
	Exclusif (exclusion possible)	Non-exclusif (Exclusion difficile)
Rival	Bien privé	Bien commun
Non-rival	Bien club	Bien public

De ces quatre types de biens, la notion de bien commun s'est très rapidement démarquée et a donné naissance à un large champ de recherche pluridisciplinaire (Dietz et al, 2003)². Ces biens communs

² La notion de bien commun a beaucoup évolué au cours des temps et des auteurs (Samuelson, 1954 ; Hardin, 1968 ; Orstrom et al, 1994 ; Lessig, 2001). Avant les années 1990, l'expression « bien commun » renvoyait généralement à des ressources naturelles exploitées en commun (Hess, 2005). Elle s'est, aujourd'hui, répandue à des ressources intangibles comme les connaissances scientifiques ou des marques commerciales ou réputations collectives. De ce fait, un bien

sont caractérisés par deux types de problèmes concrets qui mobilisent les chercheurs et praticiens. La problématique de la tragédie des communs et la problématique de la tragédie des anti-communs (cf. figure 2)

Figure 2 : la tragédie des communs et la tragédie des anti-communs



1.1. la tragédie des biens communs

Le concept de bien commun fut d'abord rendu célèbre par Garrett Hardin qui grâce à son article publié dans *Science* en 1968, sous le titre « la tragédie des biens communs », a souligné la problématique de gestion de ce type de biens. Le problème central traité par la littérature scientifique sur le bien commun est comment administrer et gérer durablement ce type de bien qui sont des ressources dont l'utilité est individuelle mais dont le coût de l'usage est partagé collectivement (Hardin, 1968). Ces biens peuvent être détruits par un usage abusif et l'on peut difficilement exclure un individu de son utilisation (Ostrom, 1990). De ce fait, la rationalité économique doit a priori pousser des individus qui se partagent un bien en commun à le surexploiter. Par exemple l'atmosphère terrestre, et plus particulièrement le taux de CO₂ atmosphérique, est un bien commun et l'échec des négociations internationales sur les émissions de carbone est assez symptomatique de la difficulté de gérer durablement un bien commun³. En effet, tous les biens communs se caractérisent par le fait qu'ils sont utilisés et gérés conjointement par des acteurs aux dimensions et aux intérêts variables et la littérature traditionnelle sur le bien commun comprend un grand nombre d'études sur les problèmes de gestion durable de ressources collectives.

Afin de résoudre le problème posé par la durabilité des biens communs, il existe plusieurs courants de pensée. Le premier, formé autour de la vision de Hardin (1968) véhicule une vision chaotique de l'action collective et propose deux modalités d'organisation : soit la gestion centralisée par l'Etat (taxation, réglementation de l'accès au bien, quotas,...) ; soit la privatisation du bien (en internalisant les externalités, c'est-à-dire en créant des droits de propriétés individuels transférables qui pourront être vendus) et sa gestion par le marché. Pour les partisans de ce courant de pensée, les biens communs ne peuvent subsister en tant que tels, les stratégies d'acteurs mèneront inévitablement à sa surexploitation et disparition. Les solutions proposées ici reviennent à essayer de transformer le

commun peut avoir un caractère local (lié à un espace géographique) et on peut les retrouver aux niveaux régional, national et mondial. D'autre part, les biens communs peuvent être clairement délimités (forêts, réseaux d'irrigation, faune migratrice) ou sans limites précises (savoir, couche d'ozone).

³ Un état qui réduit ses émissions paye pour les autres alors qu'un état qui continue à polluer n'est pas plus pénalisé que les autres.

bien commun soit en bien privé (introduction d'une condition d'exclusion), soit en bien public (suppression de la condition de rivalité). Cette vision des choses a formalisé le modèle de pensée qui a inspiré depuis la plupart des grands textes et conventions internationales concernant la gestion des ressources communes de l'humanité, telles que l'eau, la biodiversité, les océans, ou le taux de CO2 atmosphérique.

Ce courant semble néanmoins ignorer une autre alternative qui a donné naissance à un deuxième courant : la coopération entre les parties-prenantes. En effet, plusieurs travaux dans plusieurs pays (Netting, 1981 ; Berkes et al, 1989 ; Feeny et al, 1990 ; Ostrom, 1990 ; Stevenson, 1991 ; Becker et Ostrom, 1995 ; Hess, 2005) montrent que des acteurs locaux en situation de concurrence peuvent gérer de façon durable des ressources communes et ce via des formes d'auto-organisation. La vision de ce premier courant inspiré par Hardin et les politiques qui se fondent sur ce postulat sont aujourd'hui remises en cause (échec du protocole de Kyoto (O'Neill et Oppenheimer, 2002), gestion des ressources halieutiques (Costello et al, 2008)...) et sont très critiquées. Plus récemment, Des travaux (Ostrom, 1998, Hess 2000 ; Benkler, 2004 ; Hess et Ostrom, 2005 ; Orsi, 2013) ont montré que les biens communs peuvent exister en tant que tels et être gérés durablement en biens communs. Ces travaux et ce courant de pensée ont été récompensés par un prix Nobel d'économie (prix d'Elinor Ostrom en 2009) et transmettent l'idée d'une gestion via des modes de propriété, de participation et de responsabilité partagés. Même si ces travaux sur une « gestion en bien commun » ont donné lieu à un cadre d'analyse (Hess et Ostrom, 2006) et à une théorisation poussée (Lejano et De Castro, 2014), les chercheurs travaillant sur ce front de recherche peinent à expliquer pourquoi dans certains cas une gestion en bien commun est efficiente et résiliente et pourquoi dans d'autres cas une telle gestion ne parvient pas à émerger. Afin de lever ce verrou scientifique, il importe d'agréger des études de cas sur la possible gestion en bien commun de ressources collectives (Dietz et al, 2003 ; Araral, 2014).

1.2. Le problème de la tragédie des anti-communs

La théorie des biens communs est ainsi née d'un constat : aussi bien l'Etat que le marché ne parviennent pas à organiser correctement de nombreuses activités socio-écologiques. Les ressources collectives sont notamment menacées par des logiques marchandes ou centralisatrices inadaptées, qui ignorent délibérément les connaissances empiriques des acteurs locaux et leurs capacités à innover et à s'autogérer. Le fait de trop systématiquement envisager soit la privatisation (souvent avec des logiques de brevets ou de monopoles d'exploitations), soit la gestion par l'état (taxation, interdiction ou restriction d'usage par l'état) a permis de révéler la tragédie des anti-communs.

La « tragédie des anti-communs » (Heller et Eisenberg, 1998) fait écho à la « tragédie des communs » telle que mise en avant par Hardin (1968). Dans la tragédie des communs, le fait que la ressource appartienne à tout le monde et à personne en même temps (absence de droits de propriété individuels) induit une utilisation trop importante de la ressource commune par rapport à l'optimum. De manière symétrique, dans le cas de la tragédie des anti-communs, l'excès de droits de propriété (la fragmentation de la propriété sur une même ressource), les barrières à l'utilisation et la non-coopération des utilisateurs induisent une utilisation trop faible de cette ressource par rapport à l'optimum.

Les anti-communs sont ainsi des ressources dont l'exploitation au profit d'un intérêt particulier ou étatique s'avère non seulement inefficace mais potentiellement dangereuse. La rareté artificiellement entretenue de l'accès à ces biens met en danger à la fois ces biens et leurs utilisateurs, qu'ils en soient les détenteurs exclusifs ou les utilisateurs exclus (Heller et Eisenberg, 1998).

2. Apports de ce cadre théorique à la gestion des résistances aux herbicides et fongicides.

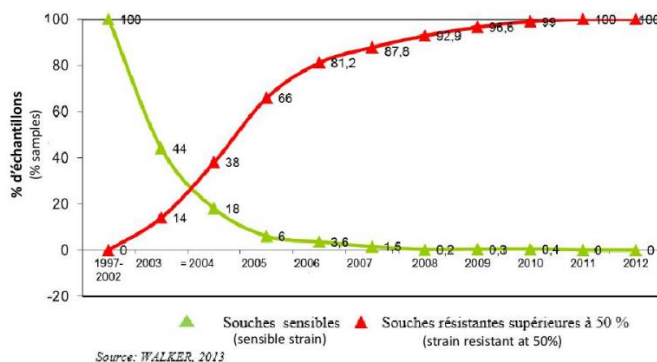
Maintenant que nous avons présenté ce cadre nous allons montrer en quoi ce cadre d'analyse permet de mieux comprendre la problématique de gestion des résistances aux herbicides et aux

fongicides. Les herbicides et les fongicides, de même que les biopesticides et les produits de biocontrôle peuvent être considérés comme un stock de ressources, celui des produits de protections des plantes, utilisé et exploité par une diversité d'acteurs. Des agriculteurs les utilisent, des coopératives les distribuent, des entreprises les produisent...etc. Ce stock de ressources que sont les produits de protections des plantes sont donc des biens collectifs dont il apparaît difficile d'exclure un utilisateur donné de l'utilisation tout en laissant d'autres les utiliser. La condition de non-exclusion s'applique donc au stock de produits de protection des plantes.

Maintenant la ressource « produits de protection des plantes » est-elle une ressource altérable ? Examinons ce qui se passe quand un nouvel herbicide avec nouveaux mode d'action arrive sur marché. Les exemples ne manquent pas et suivent la même trajectoire que ce soit des herbicides ou des fongicides. Généralement le nouveau produit connaît un succès suscité en outre par son efficacité. Très rapidement, il devient ainsi un "produit star" très largement utilisé partout en Europe. Dans les territoires agricoles, il génère ainsi une forte pression de sélection sur bioagresseurs et des premières souches résistantes à ce nouveau pesticide apparaissent. Les souches résistantes se propagent ensuite rapidement dans les territoires agricoles.

Ce phénomène montre bien que **les produits de protection des plantes sont assujettis à une tragédie des communs** (Cf. Figure 3). Dans ce graphe nous illustrons les données du cas des strobilurines (un fongicide) mais c'est exactement le même phénomène pour les herbicides. De tels phénomènes de large utilisation et d'altération d'efficacité sont observés pour nombre de produits de protection des plantes y compris dans le cas de biopesticides en agriculture biologique (Sauphanor et al. 2006). Les produits de protection des plantes ont une utilité individuelle qui pousse les acteurs à les surutiliser. Dès qu'un produit de protection des plantes est surutilisé il y a un risque de perdre son utilité et le coût de cette usure (ou perte d'efficacité) est collectif. Tous les acteurs perdent ce produit de protection des plantes qui devient inefficace. La condition de rivalité est donc vérifiée : une utilisation abusive par certains usagers peut faire disparaître le bien pour tous les usagers.

Figure 3 : Evolution de la fréquence de souches résistantes aux fongicides de type strobilurines dans les populations de *Zimoseptoria tritici* agent de la septoriose du blé en France entre 1997-2012



	Exclusif	Difficilement exclusif
Rivalité (Oui)		Bien commun
Rivalité (Non)		

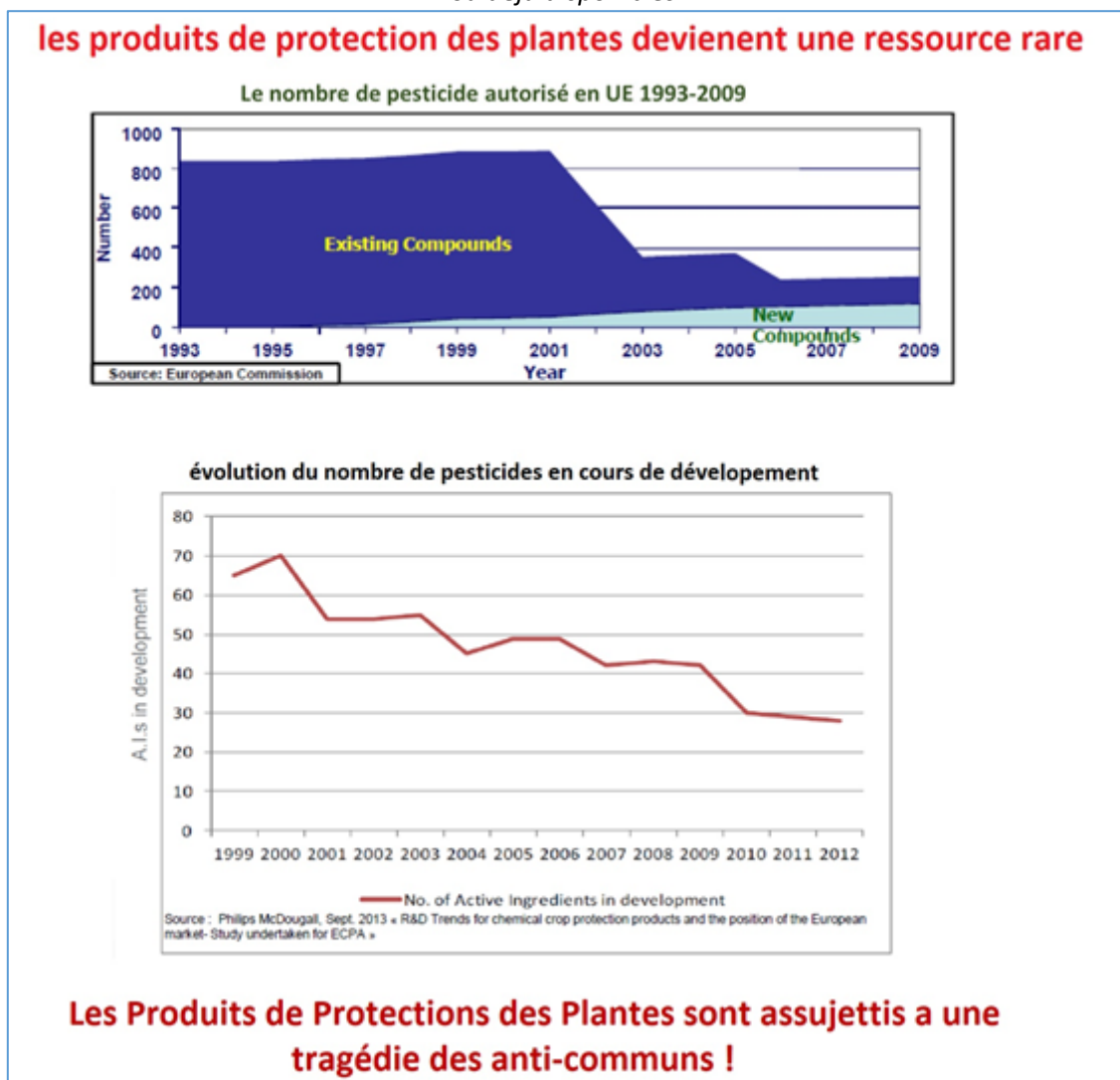
Les Produits de Protections des Plantes sont assujettis a une tragédie des communs !

Mais la gestion des résistances aux produits de protection des plantes nécessite-t-elle pour autant une gestion collective ? Il importe de se poser cette question car on pourrait considérer que la solution à cette tragédie des communs réside, plus en amont de l'utilisation, dans la découverte et la mise en marché de nouveaux produits de protection des plantes.

Depuis les années 90 les réglementations européennes ont évolué vers une meilleure prise en considération des risques toxicologiques et écotoxicologiques des pesticides. Cela s'est traduit par des retraits de pesticides et par une forte hausse des coûts de production de nouveaux pesticides (hausse notamment de la R&D). McDougall (2013) souligne qu'entre 1995 et 2005 les coûts ont

augmenté de plus de 70% (dont +125% de coûts d'homologation) et il devient de plus en plus dur de trouver de nouveaux pesticides. En réaction les stratégies des entreprises de production de produits de protection des plantes sont devenues encore plus concurrentielles et le secteur de la recherche et de R&D de nouveaux produits de protection des plantes connaît désormais une décroissance. En effet, de plus en plus de firmes adoptent des stratégies dites « de génériqueurs », c'est dire que de plus en plus de firmes investissent peu dans la R&D et attendent que le brevet des nouveaux produits de protection des plantes tombe dans le domaine public pour exploiter la mise en marché de ces produits. Il apparaît ainsi que **les produits de protection des plantes deviennent une ressource rare et assujettie à la tragédie des anti-communs en amont de l'utilisation** (Cf. figure 4). En effet dans ce contexte, les nouvelles contraintes de R&D, la recherche d'intérêts particuliers et la non coopération des acteurs de R&D nuit au renouvellement du stock de ressources utilisables et crée une rareté entretenue de la ressource produits de protection des plantes. Cela à la fois réduit le stock de ressources « produits de protection des plantes » et nuit aux utilisateurs de la ressource, qu'ils soient des détenteurs exclusifs ou les utilisateurs exclus (Heller et Eisenberg, 1998).

Figure 4 : évolution de la R&D et du nombre de produits de protection des plantes en développement ou déjà disponibles.

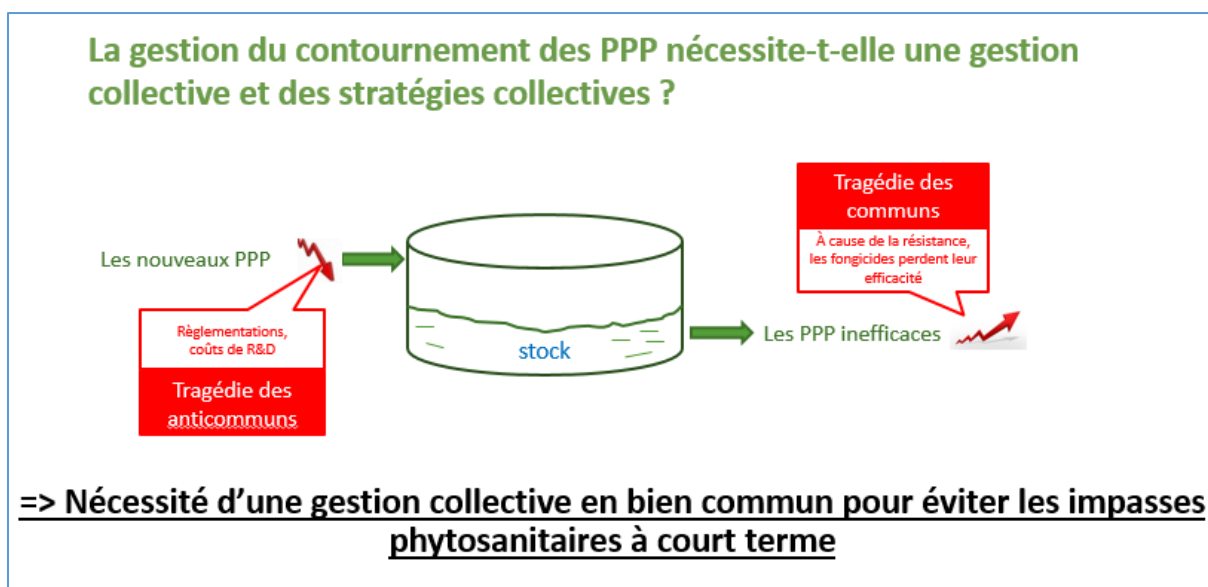


DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce travail permet de porter un regard nouveau sur la problématique de la gestion des résistances aux herbicides et aux fongicides. Le stock de produits de protection des plantes efficaces s'amenuise et le

flux de découvertes de nouveaux produits de protection des plantes se réduit (du fait des nouveaux coûts et procédures d'écotoxicologie humaine et environnementale et de l'accroissement de la concurrence entre acteurs). En même temps l'efficacité des produits de protection des plantes et leur durabilité sont assujetties à un effet de congestion caractéristique de la tragédie des communs : dans le contexte actuel de rareté des produits efficaces, la surutilisation d'un même herbicide ou d'herbicides ayant le même mode d'action mène à son contournement par des adventices et la réduction de la ressource produits de protection des plantes efficaces. Ce travail montre que du fait des stratégies d'acteurs, le contexte de gestion des herbicides et fongicides dans les territoires agricoles français est caractérisé par une combinaison de tragédie des communs (Hardin, 1968) et de tragédie des anti-communs (Heller et Eisenberg, 1998), ce qui est un cas novateur dans la littérature sur les biens communs (cf. figure 5).

Figure 5 : La combinaison des tragédies des communs et des anti-communs dans le cas de la gestion des ressources produits de protection des plantes



La question traitée dans cet article était **En quoi la gestion des résistances aux pesticides (herbicides et fongicides en grandes cultures) nécessite une gestion collective et quels en sont les attributs et leviers de cette gestion collective?**

Nous montrons à travers de cette recherche que la gestion des résistances aux produits de protection des plantes est par nature un problème collectif qu'il importe de traiter en tant que tel, c'est à dire en appelant à des formes d'organisation collectives. Cela implique la construction sociale d'intérêts communs et de dispositifs collectifs.

En effet, aller vers un développement agricole durable, c'est-à-dire trouver un nexus couplant bien-être économique et protection de la santé et de l'environnement, est un objectif ardu et les difficultés à l'atteindre pointent le besoin de démarches innovantes, alternatives aux traditionnelles recettes économiques et réglementaires (Aggeri et Hatchuel, 2009). Les leviers du marché et des incitations économiques conduisent souvent à des surcoûts et les outils réglementaires de l'État brident les capacités d'innovation des acteurs concernés (Hatchuel, 2015a ; Donada, 2014).

Des travaux en sciences de gestion portent l'idée que les innovations de rupture exigent la formation d'écosystèmes (au sens organisationnel, c'est-à-dire des ensembles d'acteurs et organisations en interaction) nouveaux, où s'activent des efforts de conception (Hatchuel, 2015b), des agencements organisationnels (Girin, 1995) et des dispositifs de gestion collective (Aggeri *et al*, 2005).

Il importe aussi de considérer les rationalités des acteurs comme humaines et évolutives. Il peut être difficile pour des acteurs humains de tenir compte des impacts environnementaux de leurs décisions quand ceux-ci échappent à l'évaluation coûts-bénéfices. Cette difficulté à évaluer ou à reconnaître et

accepter l'évaluation atteint fortement l'efficacité des leviers classiques (réglementation, incitations économiques, marchés). Or la valeur des innovations agro-écologiques ne peut être simplement décrétée, elle doit être explorée, testée pour être acceptée.

Ainsi en terme de perspectives il importe de développer des outils de "visibilisation" des problèmes collectifs de la gestion des résistances aux herbicides et fongicides. Des outils qui permettront aux acteurs de faire évoluer leurs rationalités, de mieux prendre en considération leurs interdépendances autour de ressources collectives de type bien commun. Actuellement, des outils de suivi des résistances à des échelles spatiales différentes existent (note commune sur la résistance, OAD...) mais pour favoriser l'action il faut des outils pédagogiques qui permettent l'exploration de stratégies collectives et des apprentissages collectifs. Pour de telles fins, il faut des outils de mise en situation collective spatiale. Des outils qui doivent dépasser l'échelle de l'exploitation agricole tout en l'intégrant et cibler des échelles collectives telles que le bassin de production agricole. A cette fin l'utilisation de recherche-action par modélisation d'accompagnement (Etienne, 2013) constitue une perspective idéale. La modélisation d'accompagnement consiste à utiliser des modèles multi-agents et des jeux de rôles comme des outils de représentation et de simulation du fonctionnement des socio-écosystèmes permettant de franchir les frontières disciplinaires pour étudier les processus de coordination entre acteurs et de décision collective. Une telle perspective est déjà en cours de mise en œuvre dans le territoire des Hauts-de-France dans le cadre du projet MAGNIFICENT7 (Modélisation d'Accompagnement pour une Gestion Nouvelle et Intégrée des Fongicides et herbicides: Innovation, Conception collective et Exploration de Nouvelles Techniques).

BIBLIOGRAPHIE

- Aggeri F., Hatchuel A., 2009. Pas de progrès sans innovation collective. *Le Monde Économie*, 07/12/2009.
- Aggeri F., Pezet E., Abrassart C., Acquier A., 2005. Organiser le développement durable : Stratégies des entreprises pionnières et formation de règles d'action collectives, Vuibert, Paris, 277 p.
- Araral E., (2014) "Ostrom, Hardin and the commons: A critical appreciation and a revisionist view", *Environmental Science & Policy*, Vol36, Pages 11-23
- Becker, C.D., Ostrom E., (1995), "Human Ecology and Resource Sustainability: the Importance of Institutional Diversity", *Annual Review of Ecological Systems* 26: 113-133.
- Benkler, Y. (2004), « Commonsbased strategies and the problems of patents », *Science*, 302(5687) (20 août), p. 1110-111. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/305/5687/1110>
- Berkes F., Feeny D., McCay B. J., Acheson J. M., (1989), "The Benefits of the Commons", *Nature* 340: 91-93.
- Costello C., Gaines S., Lynham J., (2008) : "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?", *Science*, vol. 321, No 5896, pp 1678-1681.
- Dietz, T.; Ostrom, E. ; Stern, P.C. (2003). « The struggle to govern the commons », *Science*, 302 (12 décembre), p. 1907-1912.
- Donada C., 2014. Les sciences de gestion, boussole du politique : étude sur l'émergence d'une nouvelle industrie de l'électromobilité. *Revue française de gestion*, 40, 35-54.
- Étienne M. (ed.), 2013. Companion modelling: a participatory approach to support sustainable development, Springer Science & Business Media, Berlin, Allemagne, 403 p.
- Fabre F, Rousseau E, Mailleret L, Moury B (2015). Epidemiological and evolutionary management of plant resistance: optimizing the deployment of cultivar mixtures in time and space in agricultural landscapes. *Evolutionary Applications* 8:919-932.
- Feeny D., Berkes F., McCay B.J., Acheson J.M., (1990). "The Tragedy of the Commons: Twenty-two Years Later", *Human Ecology* 18:1-19.
- Gibbons, A. (1991). Moths take the field against biopesticide: just as farmers are switching to safer biopesticides, pests are already developing resistance to them. *Science*, 254(5032), 646-647.

- Girin J., 1995. Les agencements organisationnels. In : Des savoirs en action, contributions de la recherche en gestion (F. Charue-Duboc, ed.), collection Logiques de gestion, L'Harmattan, Paris, 233-279.
- HARDIN G., (1968), The Tragedy of the Commons, American Association for the Advancement of Science, p.1243-1247
- Hatchuel A., 2015a. Les sciences de gestion, un recours pour l'action politique. Le Monde Économie, 15/04/2015.
- Hatchuel A., 2015b. Apprentissages collectifs et activités de conception. Revue française de gestion, 8, 121-137.
- Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Wednesday, July 3, 2019. Available on www.weedscience.org.
- Heller, M. A., & Eisenberg, R. S. (1998). Can patents deter innovation? The anticommons in biomedical research. *Science*, 280(5364), 698-701.
- Hess C., (2000) "Is there anything new under the sun? A discussion and survey of studies on new commons and the Internet." Presented at the Eighth Conference of the International Association for the Study of Common Property, Bloomington, Indiana, USA, 31 mai-4 juin.
- Hess C., (2005). The Comprehensive Bibliography of the Commons, Available on The Digital Library of the Commons at: <http://dlc.dlib.indiana.edu/cpr/index.php>
- Hess, C., Ostrom, E. (2005). " A Framework for analyzing the knowledge collectives ", dans C. Hess and E. Ostrom (sous la direction de), *Understanding Savoir as a Commons: From Theory to Practice*, Cambridge, MIT Press.
- Kuck K, Russell PE (2006). FRAC: Combined resistance risk assessment. *Aspects of Applied Biology* 78: 3-10.
- Lejano R.P, De Castro F.F. (2014) « Norm, network, and commons: The invisible hand of community” *Environmental Science & Policy*, Vol36, Pages 73-85
- Lessig L. (2001), *The Future of Ideas: the fate of the commons in a connected world*, Random House, 414p.
- McDougall, P. (2013). R&D trends for chemical crop protection products and the position of the European Market. A consultancy study undertaken for ECPA.
- Netting, R., (1981). "Balancing on an Alp. Ecological Change and Continuity in a Swiss Mountain Community". Cambridge: Cambridge University Press.
- O'Neill B.C., Oppenheimer M. (2002) "Dangerous Climate Impacts and the Kyoto Protocol", *Science* v.296, 14jun 2002,
- Orsi. F., (2013) "Elinor Ostrom et les faisceaux de droits : l'ouverture d'un nouvel espace pour penser la propriété commune.", *Revue de la regulation*, 14, 2e semestre / Autumn 2013 : Autour d'Ostrom : communs, droits de propriété et institutionnalisme méthodologique.
- Ostrom, E. ; Gardner, R. ; Walker, J. (coord). (1994). *Rules, Games, and Common-Pool Resources*. Michigan
- Ostrom, E., (1990), *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge
- Ostrom, E., (1998), A behavioral approach to the rational-choice theory of collective action, *American Political Science Review* 92 (1) :1-22.
- Rimbaud L, Papaix J, Rey J-F, Barrett LG, Thrall PH (2018) Assessing the durability and efficiency of landscape-based strategies to deploy plant resistance to pathogens. *PLoS Comput Biol* 14(4): e1006067.
- Samuelson, PA. (1954) "The pure theory of public expenditure" *The Review of Economics and Statistics*, vol. 36, n° 4, November, pp. 387-9.
- Sauphanor B., Berling M., Toubon J.F., Reyes M., De Inatte J., 2006. Carpopapise des pommes : cas de résistance au virus de la granulose en vergers biologiques. *Phytoma* 590, 24-27.
- Stevenson G.G., (1991). *Common Property Economics. A General Theory and Land Use Applications*. Cambridge