



**HAL**  
open science

## How to organize plant breeding to favor crop's diversification ?

Sébastien Parenty

► **To cite this version:**

Sébastien Parenty. How to organize plant breeding to favor crop's diversification?. Economics and Finance. Communauté Université Grenoble Alpes, 2018. English. NNT: . tel-02071220v1

**HAL Id: tel-02071220**

**<https://hal.science/tel-02071220v1>**

Submitted on 18 Mar 2019 (v1), last revised 12 Apr 2019 (v2)

**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.

## THÈSE

Pour obtenir le grade de

### **DOCTEUR DE LA COMMUNAUTÉ UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES**

Spécialité : Sciences économiques

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

**Sébastien PARENTY**

Thèse dirigée par **Stéphane LEMARIE**, INRA

préparée au sein du **Laboratoire Grenoble Applied Economics Lab**  
dans l'**École Doctorale Sciences Economiques**

**Quelle organisation globale de l'amélioration  
des plantes pour favoriser une  
diversification des cultures ?**

**How to organize plant breeding to favor  
crop's diversification ?**

Thèse soutenue publiquement le **5 novembre 2018**,  
devant le jury composé de :

**Monsieur Paul BELLEFLAMME**

Professeur, Université catholique de Louvain, Rapporteur

**Monsieur Damien ROUSSELIÈRE**

Professeur, AGROCAMPUS OUEST, Rapporteur

**Madame Ani GUERDJIKOVA**

Professeur, Université Grenoble-Alpes, Examineur

**Madame Izabela JELOVAC**

Directeur de Recherche, CNRS Lyon, Président

**Monsieur Rémy CAILLIATTE**

Ingénieur de Recherche, PhD, Adjoint au Chef du département de  
Biologie et d'Amélioration des plantes de l'INRA, Examineur

**Monsieur Stéphane LEMARIÉ**

Directeur de Recherche, Université Grenoble-Alpes, Directeur de thèse







Thèse effectuée au sein du **Laboratoire d'économie appliquée de Grenoble**  
de l'Université Grenoble-Alpes  
1241 rue des résidences  
38400 Saint-Martin-d'hères  
France



Financée par l'**Institut National de Recherche Agronomique**

# Résumé

Ce projet s'intéresse à l'innovation dans le secteur des semences de grandes cultures, dans un contexte où il est souhaitable de diversifier la production agricole. Il est aujourd'hui bien reconnu que la diversification des cultures est un levier important pour réussir à désintensifier l'agriculture (i.e. limiter l'usage d'engrais et de pesticides) tout en maintenant un niveau de productivité suffisant. Le succès de cette stratégie dépend, entre autres, de l'effort de recherche réalisé sur chaque espèce. Or, l'agronomie moderne constate sur ce point que le progrès génétique sur les cultures de diversification (ex : pois protéagineux, lupin) est inférieur à celui observé sur les cultures majeures, ce qui constitue un frein important à la diversification.

Cette thèse en économie a pour objectif de comprendre les déterminants des investissements en R&D du secteur des semences, et plus particulièrement l'arbitrage entre les investissements réalisés sur les différentes cultures. La littérature en économie industrielle considère quatre déterminants incitant les firmes à investir en R&D : la taille de marché, la concurrence, la capacité d'appropriation et les opportunités technologiques. Nous analysons ici comment ces quatre déterminants sont susceptibles de mener à la création de "marchés orphelins", avec une vue particulière sur le comportement des firmes multi-produits et des coopératives.

Cette thèse s'articule autour de 4 chapitres : le chapitre 1 étudie les stratégies en gamme de produits des firmes à travers une analyse empirique du marché français sur les trois années 2001, 2006 et 2011, le chapitre 2 est une modélisation micro-économique du comportement d'une firme, celle-ci pouvant décider d'investir ou non sur deux produits différents, le chapitre 3 se veut une présentation de certains systèmes alternatifs au financement de la R&D, constatés dans différents pays et connues pour leur succès, enfin, le chapitre 4 compare les incitations à l'innovation dans les marchés orphelins lorsque l'offreur est soit une firme maximisant son profit soit une coopérative.

## **Mots-clés :**

Économie industrielle, incitations à la recherche, marchés orphelins.

**How to organize plant breeding to  
favor crop's diversification ?**

# Abstract

This project focuses on innovation in the seed industry, in a context where it is desirable to diversify agricultural production. It is now well recognized that crop diversification is an important leverage for successfully deintensifying agriculture (i.e. limiting the use of fertilizers and pesticides) while maintaining a sufficient level of productivity. The success of this strategy depends, among other things, on the research effort carried out on each species. However, modern agronomy notes on this point that genetic progress on diversification crops (e.g. protein peas, lupins) is lower than that observed on major crops, which constitutes a major brake on diversification.

The aim of this thesis in economics is to understand the drivers of R&D investments in the seed sector, and more particularly the arbitrage between investments made on different crops. The literature in industrial organization considers four determinants that encourage firms to invest in R&D : market size, competition, ownership capacity and technological opportunities. We analyse here how these four determinants are likely to lead to the creation of "orphan markets", with a particular focus on the behaviour of multi-product firms and cooperatives.

This thesis is structured around 4 chapters : Chapter 1 examines strategies in product range of firms through an empirical analysis of the French market over the three years 2001, 2006 and 2011. Chapter 2 is a modelization of the economic behaviour of a firm, which may decide to invest or not on two different products. Chapter 3 presents some of the alternative systems to R&D funding that have been found in different countries and are known to be successful. Finally, Chapter 4 compares incentives for innovation in orphan markets when the supplier is either a profit maximizing firm or a cooperative.

**Keywords :**

Industrial organization, Research incentives, Orphan markets.

# Remerciements

Un projet scientifique n'est jamais le fruit d'un travail solitaire. Au cours de ces quatre années de recherche doctorale, j'ai reçu l'aide et le soutien d'un grand nombre de personnes que je souhaite ici chaleureusement remercier.

Tout d'abord, je souhaite remercier vivement mon directeur de thèse, Stéphane Lemarié, pour m'avoir accordé sa confiance et accepté de diriger cette recherche. Pendant ces quatre ans, j'ai pu bénéficier de ses conseils, de l'excellence de son encadrement, de sa rigueur et de son amitié. La seconde personne que je souhaite remercier très chaleureusement est Murray Fulton, sans qui je n'aurais probablement pas découvert le monde universitaire canadien, et ce fut une expérience très enrichissante. Merci également à Richard Gray et à tout le personnel de l'université du Saskatchewan, pour leur accueil exceptionnel et les possibilités qu'ils m'ont offertes lors de mon séjour au Canada.

J'adresse toute ma gratitude aux membres de mon comité de thèse que sont Philippe Bontems (TSE) et Alain Carpentier (INRA, Université de Rennes 1) pour leurs conseils qui m'ont permis d'orienter ce travail. Je tiens également à remercier les membres de mon jury de thèse : Paul Belleflamme (UCL, rapporteur), Damien Rousselière (Agrocampus ouest, rapporteur), Ani Guerdjikova (UGA, examinateur), Izabela Jelovac (CNRS Lyon, rapporteur) et Rémy Cailliatte (INRA, examinateur). Plusieurs chercheurs venus d'autres disciplines m'ont également beaucoup apporté; je pense en particulier au mathématicien Bernard Penz, au biologiste Norbert Rolland et à tous les membres du projet DECOR. Découvrir d'autres disciplines a été passionnant et je tiens à remercier l'INRA pour toutes les opportunités que cette thèse m'a fournies.

Évidemment une attention sincère à l'ensemble des doctorants du BATEG avec qui j'ai maintes fois eu l'occasion de discuter d'économie et de bien d'autres choses. Un clin d'oeil plus spécifique à mes amis Nicolas Pasquier, German Bersalli et Adrien Faudot qui ont tous les trois été d'un très grand soutien dans les moments difficiles. Mais je n'oublie pas l'aide apportée par Miléna, Penny, Julien, Bilel, Rania, Modou, Barry, Hélène, Stephan, Edwige et tous les autres.. Je salue également l'ensemble des doctorants en économie pour la richesse de nos échanges durant ce parcours. Je pense en particulier à mes amis de TSE, Thomas, Robin et Ivan, ainsi qu'à l'ensemble de la promotion 2014 de l'école de recherche internationale



Agreenium.

Mes travaux de recherche se sont déroulés au sein du laboratoire d'économie appliquée de Grenoble (UMR GAEL). Dans ce laboratoire, j'ai bénéficié d'un excellent cadre de travail ainsi que d'une remarquable ambiance et j'en remercie tous les membres de l'UMR GAEL, en particulier Janine, Arianne, Gwénaelle, Marianne, Aurélie, Marie et Cédric. Une pensée particulière pour Aline, qui a été une inépuisable source de connaissances en biologie et en agronomie, en plus de son amitié et de son soutien.

Beaucoup de chercheurs de GAEL ont été aussi d'une aide précieuse pour ce travail. Je pense en particulier à Adélaïde Fadhuile, pour ses conseils et son écoute, à Adrien Hervouet et Christophe Bravard pour leurs retours. Un grand merci également à Alexis Garapin, Nadine Massard, Paolo Crosetto, Daniel Llerena, Mireille Matt, Béatrice Roussillon, Michel Trommetter et Michal Urdanivia.

Je souhaite également remercier mes proches, mes amis et ma famille. En particulier Alexandra, pour tout ce chemin de vie parcouru ensemble et Ruben, pour son combat contre la maladie et l'amitié profonde qui nous lie. Enfin, un remerciement très particulier à ma mère, Claudine, pour ses smoothies du matin et pour l'immense soutien dont elle a fait preuve pendant ces quatre années.

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introduction</b>   | <b>1</b>  |
| 0.1 L'industrie des semences et les déterminants de la R&D . . . . .  | 4         |
| 0.2 Problématiques liées aux marchés orphelins . . . . .  | 10        |
| 0.3 Structure de la thèse . . . . .   | 13        |
| 0.4 Questions non traitées dans cette thèse . . . . .   | 18        |
| <br>  |           |
| <b>1 Analyse des stratégies d'offres multi-produits sur le marché français des semences de grandes cultures</b> | <b>19</b> |
| 1.1 Introduction . . . . .  | 20        |
| 1.2 Revue de littérature . . . . .  | 20        |
| 1.2.1 Cadre d'analyse . . . . .   | 22        |
| 1.2.2 Quelques résultats majeurs . . . . .  | 27        |
| 1.3 Données et statistiques descriptives . . . . .  | 39        |
| 1.3.1 Données . . . . .   | 39        |
| 1.3.2 Statistiques descriptives . . . . .   | 41        |
| 1.3.3 Résumé . . . . .  | 55        |
| 1.4 Stratégies des firmes en gamme de produits . . . . .  | 56        |
| 1.4.1 Modèle estimé . . . . .   | 56        |
| 1.4.2 Variables dépendantes . . . . .   | 57        |
| 1.4.3 Variables de contrôle . . . . .   | 58        |
| 1.4.4 Résultats . . . . .   | 59        |
| <br>  |           |
| <b>2 Research incentives and tradeoff for improving productivity of different crops</b>                         | <b>63</b> |
| 2.1 Introduction . . . . .  | 64        |
| 2.2 The model . . . . .   | 66        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 2.3      | Results with exogenous potential productivity . . . . .   | 67         |
| 2.3.1    | First best . . . . .  | 68         |
| 2.3.2    | The farmer’s allocation of land across crops . . . . .  | 69         |
| 2.3.3    | The seeds pricing decision of the monopoly . . . . .  | 71         |
| 2.4      | R&D investment by the monopoly . . . . .  | 84         |
| 2.5      | Conclusion . . . . .  | 89         |
| <b>3</b> | <b>Alternative Plant Breeding Research Funding</b>  | <b>91</b>  |
| 3.1      | Introduction . . . . .  | 92         |
| 3.2      | The Producers Associations and the Levyfunding . . . . .  | 93         |
| 3.2.1    | The Saskatchewan Pulse Growers . . . . .  | 94         |
| 3.2.2    | The Australian Grain Research and Development Corporation . . . . .   | 95         |
| 3.2.3    | The French Contribustion Volontaire Obligatoire . . . . .   | 96         |
| 3.3      | The philanthropic associations . . . . .  | 99         |
| 3.3.1    | Bill and Melinda Gates Foundation . . . . .   | 99         |
| 3.3.2    | The Center for Agriculture and Bioscience International (CABI) . . . . .  | 99         |
| 3.3.3    | The USC Canada . . . . .  | 101        |
| 3.4      | Conclusion . . . . .  | 101        |
| <b>4</b> | <b>Orphan Crops, Cannibalization, cross-subsidization and the Incentive to Invest : Producer Associations versus for-profit Firms</b> | <b>103</b> |
| 4.1      | Introduction . . . . .  | 104        |
| 4.2      | Model Setup . . . . .   | 106        |
| 4.3      | Solution of the Model . . . . .   | 108        |
| 4.3.1    | Stage 3 . . . . .   | 108        |
| 4.3.2    | Stage 2 . . . . .   | 110        |
| 4.4      | Conclusion . . . . .  | 122        |
|          | <b>Conclusion</b>   | <b>124</b> |
|          | <b>Annexes</b>  | <b>131</b> |
|          | <b>Bibliographie</b>  | <b>147</b> |

# Table des figures

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.1  | Récapitulatif des hypothèses . . . . .  | 26 |
| 1.2  | Répartition des surfaces cultivées en France en 2011. . . . .   | 42 |
| 1.3  | Nombre total de variétés par culture et surfaces cultivées. . . . .   | 43 |
| 1.4  | Ratio nombre de produit/taille de marché en fonction des tailles de marchés. . . . .  | 44 |
| 1.5  | Fréquences cumulées du nombre de variétés et des surfaces . . . . .   | 46 |
| 1.6  | Intensité de la concurrence : nombre de firmes présentes sur les marchés (en haut) et indice d'Herfindhal sur le nombre de produits (en bas). . . . . | 49 |
| 1.7  | Nombre de firmes/nombre de cultures . . . . .   | 50 |
| 1.8  | Analyse en Composantes Principales . . . . .  | 54 |
| 2.1  | Répartition des surfaces cultivées en France en 2011. . . . .   | 68 |
| 2.2  | Crop partition as a function of the seed price difference . . . . .   | 70 |
| 2.3  | Iso-welfare lines . . . . .   | 72 |
| 2.4  | Participation constraints if the farmer grows two crops . . . . .   | 73 |
| 2.5  | Monopoly pricing with equilibrium candidate $2C$ . . . . .  | 74 |
| 2.6  | Comparison of the three equilibrium candidates . . . . .  | 77 |
| 2.7  | Equilibrium with monopoly supply . . . . .  | 78 |
| 2.8  | Contrasting strategies $2C$ and $1A$ . . . . .  | 79 |
| 2.9  | Equilibrium and first best value of $\theta$ as a function of $\alpha$ . . . . .  | 81 |
| 2.10 | Crop proportion at the equilibrium ( $\tilde{\theta}^*$ ) as a function of $y_A$ . . . . .  | 82 |
| 2.11 | Crop proportion at the equilibrium ( $\tilde{\theta}^*$ ) and the first best ( $\theta^{FB}$ ) . . . . .  | 83 |
| 2.12 | An example of position shift resulted from R&D . . . . .  | 87 |
| 2.13 | Equilibrium with monopoly supply and endogenous R&D . . . . .   | 89 |
| 3.1  | Evolution of pulse crop areas in Saskatchewan. . . . .  | 95 |
| 3.2  | Comparison of research intensities across funding regimes. . . . .  | 97 |
| 3.3  | CVO's amount of agricultural inter-professional organisms. . . . .  | 98 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 3.4 | The Gates Foundation's \$ 3 billion pie. . . . .   | 100 |
| 4.1 | Probability of Planting the New Crop ( $\rho$ ) as a Function of Farmer Type ( $\theta$ )<br>and Benefit Dispersion ( $\alpha$ ), $\hat{\theta}_{\alpha=1} < 0.5$ . . . . .          | 109 |
| 4.2 | Expected Benefits to Farmers of Planting the New Crop as a Function of<br>Farmer Type ( $\theta$ ) and Benefit Dispersion ( $\alpha$ ), $\hat{\theta}_{\alpha=1} < 0.5$ . . . . .    | 110 |
| 4.3 | Pricing and Market Share in the no cross-subsidization and cross-subsidization<br>Cases . . . . .  | 115 |
| 4.4 | Proportion of farmers, $\theta_c$ , that benefit from the new crop for various values of<br>fixed cost $F$ and the dispersion parameter $\alpha$ . . . . .                           | 119 |
| 4.5 | Combinations of Fixed Cost ( $F$ ) and Benefit Dispersion Parameter ( $\alpha$ ) That<br>Satisfy the Zero Profit, Welfare Improvement and Political ( $\lambda = 0.75$ ) Constraints | 121 |

# Introduction

Cette thèse porte sur l'innovation dans le secteur des semences de grandes cultures, dans un contexte où la diversification culturale est souhaitable pour désintensifier l'agriculture, en limitant notamment l'usage d'engrais et de pesticides. En effet, l'apparition des intrants agricoles, dans la seconde moitié du XXème siècle, a entraîné une spécialisation des systèmes de production, ce qui a eu pour effet de réduire la diversité des espèces cultivées et d'augmenter l'usage des produits phytosanitaires (Schaller, 2012). Or, l'usage répété d'intrants agricoles, en plus de représenter un coût pour l'agriculteur, est générateur d'externalités négatives pour la société, en particulier pour des raisons environnementales et sanitaires. C'est donc pour répondre aux exigences modernes de réduction des engrais et pesticides (Ecophyto, 2018) que la diversification des cultures est indispensable.

Cette diversification nécessite d'introduire des cultures mineures peu utilisées tout en maintenant un niveau de productivité suffisant. Le succès de cette stratégie dépend entre autres du niveau de performance des variétés de semences disponibles pour les différentes cultures et donc indirectement de l'effort de recherche réalisé sur chaque espèce. Or, Meynard *et al.* (2013) constatent sur ce point que le progrès génétique sur les cultures majeures reste très supérieur à celui observé sur les cultures mineures de diversification, ce qui conduit à l'existence de marchés qualifiés d'*orphelins*. **Un marché orphelin est un marché dans lequel il y a peu d'innovations pour peu de nouveaux produits.** Dans le secteur des semences, les nouveaux produits sont appelés *variétés*, et lorsque celles-ci souffrent d'une insuffisance en recherche pour leur amélioration en comparaison des cultures majeures comme le blé ou le maïs, nous parlerons de cultures ou d'espèces *orphelines*. Ces espèces se caractérisent par le fait que l'information et les connaissances scientifiques à leur sujet sont rares, et que leur utilisation actuelle est limitée par rapport à leur potentiel économique (Gruere *et al.*, 2006).

De nombreux autres termes sont employés dans la littérature, notamment cultures *mineures*, espèces *sous-utilisées*, espèces *négligées*, *sous-exploitées* ou *sous-développées*. En général, le terme *mineur* fait référence au fait que ces espèces ont une faible valeur commerciale par rapport aux principaux produits agricoles. Le terme *sous-utilisés* signifie qu'elles ont déjà été cultivées de façon plus extensive ou qu'elles pourraient être plus répandues à l'avenir, mais que pour des raisons économiques, agronomiques ou génétiques, elles ne sont aujourd'hui cultivées que dans des zones limitées.

Prenons un exemple : les millets mineurs (Eleusine, millet japonais, kodo etc..) sont des espèces sur lesquelles relativement peu d'investissements scientifiques ont été réalisés par rapport aux grands millets, bien qu'étant localement abondants dans des zones géographiques

spécifiques. Elles étaient plus largement cultivées dans les zones arides de l'Inde avant qu'il ne soit possible de cultiver des hybrides de millet perlé ou du blé amélioré dans des conditions irriguées ; elles étaient également plus largement cultivées dans certaines parties de l'Afrique de l'Est, avant que le maïs ne soit devenu l'aliment de base dominant pendant la Seconde Guerre mondiale (Gruere *et al.*, 2006). En fait, une immense majorité des espèces cultivables peuvent être qualifiées d'*orphelines*, leur principale caractéristique étant que leur potentiel économique reste *sous-exploité* ou *sous-développé* (Padulosi *et al.*, 2002).

L'objectif de cette thèse est d'étudier différents modes d'organisation globale de la recherche qui permettraient de pallier ces insuffisances. Il s'agit d'une thèse en économie, appliquée à l'industrie des semences de grandes cultures, où il s'agira de comprendre les stratégies d'offre des semenciers pour lesquels l'effort en recherche et l'innovation jouent un rôle central. La littérature que nous citons ici est principalement empruntée à l'économie industrielle et à l'économie de l'innovation. Mais il s'agit également d'un travail appliqué, ce qui nous amènera à citer des publications en économie agricole et en agronomie. Nous exposons en premier lieu le contexte global de l'industrie des semences et ses particularités. Puis nous présentons les problématiques liées aux marchés orphelins ainsi que certains mécanismes pouvant expliquer le déficit d'innovations sur ces marchés. La question des marchés orphelins appliquée au secteur des semences n'a, à notre connaissance, presque jamais été traitée en économie. Cette question a fait cependant l'objet de quelques travaux sur d'autres secteurs, dont notamment celui de la pharmacie. Ces travaux visent entre autres à montrer l'effet de la taille du marché sur l'innovation.

Il y a eu en revanche beaucoup de travaux en économie agricole qui portent sur le secteur des semences, et ils seront repris en bonne partie dans la section 1.1 de cette introduction. Il existe également de nombreux travaux en économie agricole sur l'adoption de l'innovation (notamment les OGM) mais ces travaux sont loin de notre problématique. Il existe aussi des travaux en économie agricole sur l'impact de la recherche agricole (voir Alston *et al.* (2009)) mais ces travaux sont généralement à un niveau très agrégé (impact de la recherche agricole au niveau d'un pays) et n'abordent pas la problématique des marchés et plus généralement des sujets de recherche orphelins. Enfin, la recherche publique s'est intéressée récemment aux sujets des espèces orphelines, citons en particulier le projet DECOR<sup>1</sup> de l'INRA, visant à identifier les freins et leviers pour une diversification des cultures.

---

1. Diversification des espèces cultivées et des systèmes de culture afférents



## 0.1 L'industrie des semences et les déterminants de la R&D

Il existe approximativement 7500 entreprises fournissant des semences à travers le monde (Bonny, 2017). Parmi elles, une dizaine accapare plus de 60 % des ventes mondiales en 2016 et cinq ont la particularité d'être issues de l'industrie chimique (Monsanto, Dupont-Pioneer, Syngenta, Dow et Bayer)<sup>2</sup>. Ces cinq firmes étaient quasi absentes du marché des semences au début des années 1990, elles sont apparues progressivement par rachat d'entreprises semencières. Bonny (2017) souligne qu'une raison principale expliquant ce transfert d'activité était que le coût d'introduction d'un nouveau produit agro-chimique était en constante augmentation et dépassait largement celui de la découverte d'un nouveau trait biologique<sup>3</sup>. Une des stratégies industrielles de ces firmes a alors été de profiter des opportunités technologiques créées par les nouvelles techniques en recherche pour la création variétale (sélection génomique, transgénèse, etc.).

De nos jours, l'innovation variétale et l'offre en semences de grandes cultures qui en découle sont principalement effectuées par ces grands groupes. L'industrie des semences est un secteur intensif en recherche : cette dernière représente plus de 10 % des parts des ventes des entreprises, contre environ 7 % pour les pesticides et moins de 1 % pour les engrais (Fuglie *et al.*, 2012). Cependant, cet effort en recherche est très déséquilibré entre les grandes cultures majeures et les cultures mineures de diversification (Meynard *et al.*, 2013). Comprendre quels sont les principaux déterminants de l'investissement en R&D de ces firmes est ainsi essentiel pour tenter d'expliquer pourquoi nous observons une telle disparité dans l'innovation entre les différentes cultures. Sur ce point, il existe quatre principaux déterminants de la R&D pour les firmes, qui correspondent bien à ceux identifiés dans la littérature générale en économie (Dasgupta and Stiglitz, 1980; Reinganum, 1989; Vives, 2008) : les opportunités technologiques, la demande, la structure industrielle et la capacité d'appropriation.

Selon Cohen (2010), la théorie standard de la production définit les opportunités technologiques comme "l'ensemble des possibilités de production pour transformer les ressources de recherche en nouvelles techniques de production". Autrement dit, il s'agit de l'ensemble

---

2. Récemment ont eu lieu les fusions Dow-Dupont, le rachat de Syngenta par chemChina et le rachat de Monsanto par Bayer.

3. Les traits biologiques d'une espèce sont des descripteurs biologiques et comportementaux quantitatifs (respiration, croissance, mode/rythme/stratégie de reproduction et alimentation) ou écologiques (préférendum de température, dureté, pH, etc.) étudiées aux échelles spatiales de l'habitat et du paysage.

des techniques qui permettent de produire l'innovation pour un montant donné d'investissement en recherche. [Spence \(1984\)](#) les mesure par l'élasticité de la fonction de coût par rapport aux dépenses de R&D, ce qui détermine la productivité de la recherche : un euro investi en recherche ne donne pas lieu aux mêmes gains de productivité selon les secteurs, constat largement partagé dans la littérature empirique ([Cohen, 2010](#)). Ce dernier montre que d'un point de vue théorique, les modèles classiques considèrent les opportunités technologiques comme un paramètre dans une fonction de production reliant les crédits de recherche aux augmentations du stock de connaissances. Le stock de connaissances entrant à son tour comme argument, avec les intrants conventionnels, dans la fonction de production.

Or, la particularité du stock de connaissances comme intrant conventionnel est la possibilité de sa diffusion à faibles coûts (voir nuls), induisant des effets de *spillovers* positifs sur les autres acteurs de l'économie. Cette diffusion peut s'opérer de deux manières selon les modèles classiques de croissance endogène : à travers un secteur particulier ([Grossman and Helpman, 1991](#)) ou à travers l'ensemble de l'économie ([Aghion and Howitt, 1992](#)). Lorsque les firmes sont multi-produits, c'est-à-dire produisant des biens ayant entre eux des liens technologiques complexes, les complémentarités entre les produits sont internalisées par les firmes dans leur production et les innovations réalisées sur un bien impactent par externalités les autres biens produits. [Henderson and Cockburn \(1996\)](#) concluent que cela a tendance à favoriser les grandes firmes dans la course à l'innovation. En effet, ils constatent dans leur étude sur la pharmacie que les efforts de recherche de plus grande envergure sont plus productifs. Non seulement parce qu'ils permettent de réaliser des économies d'échelle, mais aussi parce qu'ils permettent de réaliser des économies de gammes en soutenant divers portefeuilles de projets de recherche qui capturent les retombées internes et externes des opportunités technologiques.

Dans le secteur des semences, l'accession à la diversité génétique des espèces est un paramètre clé du stock de connaissance. Pour un programme de R&D visant à créer une nouvelle variété, plus le sélectionneur a accès à la diversité génétique et plus il est susceptible de réaliser un progrès génétique, et ainsi d'avoir accès à une technologie permettant de sélectionner les meilleures variétés. En raison des barrières entre espèces, les faibles synergies entre les programmes de sélection limitent ces effets de *spillovers* de la R&D entre cultures ([Lemarié, 2003](#)). Par exemple, disposer d'un important matériel génétique sur le maïs sera de peu d'utilité pour un programme de sélection de lin textile. En revanche, les opportunités technologiques nées des nouvelles techniques de sélection variétales créent des effets de *spillovers* bénéficiant à d'autres cultures. Par exemple, la technique d'hybridation, consistant à croiser

deux variétés distinctes de lignées pures, fut inventée et testée sur le maïs au début du XXème siècle. Dans les années soixante-dix elle fut adaptée au tournesol et plus récemment au soja, ces deux dernières espèces ayant ainsi bénéficié d’une technologie initialement destinée à une autre culture.

Ainsi, les opportunités technologiques et les *spillovers* de la R&D ont deux effets opposés sur l’offre en variétés des cultures mineures. D’une part, la connaissance sur la génétique des espèces majeures est un processus cumulatif, augmentant les opportunités technologiques sur ces cultures par rapport aux cultures mineures. D’autre part, les espèces orphelines sont susceptibles de pouvoir bénéficier d’une technique de sélection issue d’autres espèces, profitant ainsi des retombées de la recherche issue d’autres cultures, pouvant encourager à la découverte de nouvelles variétés.

Différents paramètres de la demande affectent l’innovation, mais compte tenu de l’objet de cette thèse, nous nous focalisons principalement sur le volume de la demande, c’est à dire la taille du marché. La taille de marché joue un rôle central quant à la décision d’investissement en recherche. Selon [Schmookler \(1966\)](#), il s’agit même du rôle le plus déterminant pour expliquer à la fois l’intensité et la direction de l’activité d’innovation des firmes. Deux raisons principales peuvent expliquer ce constat. Premièrement, la recherche pour développer de nouveaux produits représente un coût fixe pour la firme ([Tirole, 1988](#); [Belleflamme and Peitz, 2010](#)), c’est-à-dire un coût qui est indépendant de la taille du marché existant pour l’innovation. Un tel investissement ne peut être rentabilisé que si suffisamment de consommateurs sont susceptibles d’acheter le produit. Deuxièmement, le profit d’une innovation croît avec la taille du marché, créant une incitation très forte à innover sur les marchés de grande taille. Dès lors, il est attendu que le nombre de produits proposés par les firmes soit plus important sur les marchés de grande taille ([Cohen, 2010](#)). [Acemoglu and Linn \(2004\)](#) ou plus récemment [Dubois et al. \(2015\)](#) le montrent formellement dans le secteur de la pharmacie. Dès lors, une question importante pour l’économiste est de savoir dans quelles proportions s’effectue ce rapport innovation/taille de marché, autrement dit de déterminer l’élasticité du nombre de produits proposés par rapport à la demande.

Le marché des semences est un marché très segmenté ([Lemarié, 2006](#)) : non seulement en terme de cultures, où la taille de marché peut être mesurée par les surfaces cultivées ([Charlot et al., 2015](#))<sup>4</sup>, mais également par les caractéristiques climatiques des zones géographiques

---

4. Dans leur étude, [Charlot et al. \(2015\)](#) estiment le nombre d’innovations variétales des cultures en fonction des surfaces cultivées, et montrent que l’innovation est croissante en fonction de la taille de marché.

concernées. A titre d'exemple, le riz méditerranéen n'est en France cultivé qu'en Camargue, limitant considérablement sa taille de marché, et comme attendu, très peu de nouvelles variétés sont proposées chaque année par très peu de firmes. Ainsi, et toutes choses égales par ailleurs, les firmes vont préférer les marchés de grande taille où il est plus facile d'amortir le coût fixe de la recherche.

Le troisième déterminant de l'effort de recherche des firmes est la structure industrielle. Lorsque plusieurs firmes sont capables de mener à bien un programme de R&D, elles s'engagent dans une concurrence dont l'analyse est généralement faite en s'appuyant sur la théorie des jeux (Tirole, 1988). Chaque agent prend en compte les décisions de ses concurrents et leurs réactions face à ses propres décisions, menant à un ensemble de meilleures réponses et à l'équilibre du marché. Dès lors, une des questions fondamentales qui se pose est de savoir quels impacts sur l'innovation va avoir un renforcement/relachement de la concurrence. La théorie classique stipule que, de manière très générale, la compétition favorise l'innovation (Dasgupta and Stiglitz, 1980). Cependant, cet effet est reconnu comme ambigu dans la plupart des modèles, car à partir d'un certain niveau de concurrence, les firmes peuvent choisir de restreindre leur offre pour se recentrer sur leurs produits les plus performants (Mayer *et al.*, 2014). Aghion *et al.* (2005) illustre cette ambiguïté par la forme en U inversé de la courbe des incitations à innover en fonction de la concurrence : cette courbe commence par croître avec le degré de compétition jusqu'à un certain niveau pour lequel la trop forte concurrence réduit les moyens consacrés à l'innovation. Or, Vives (2008) souligne que cette relation dépend du type d'innovations que l'on étudie, il peut s'agir d'innovations de *process* (baisse des coûts de production) ou de produit. Cet auteur montre par exemple que dans une structure de marché endogène (entrée libre), une baisse du coût d'entrée aura un effet positif sur le nombre d'entrants, et donc sur le nombre de variétés, mais négatif sur la baisse des coûts de production.

Le secteur des semences présente une structure industrielle particulière. Nous y observons une forte concentration globale, croissante, mais différente suivant les segments de marché (Fernandez-Cornejo *et al.*, 2004; Lemarié, 2006). En effet, le degré de concurrence varie sensiblement d'une culture à une autre, et il existe de véritables niches de marché pour certaines espèces, où seules une ou deux firmes proposent des semences à la vente. C'est le cas par exemple en France pour le riz méditerranéen où Semence de Provence était en situation de monopole, ou du lin textile, culture pour laquelle seules deux firmes étaient fournisseuses de

graines<sup>5</sup>. la tendance générale que nous observons est que le degré de concurrence augmente avec la taille de marché : plus une espèce est cultivée, plus il y a de firmes présentes sur ce marché. Dès lors, les cultures peu utilisées sont souvent des marchés sur lesquels il y a peu de concurrence, ce qui est susceptible de défavoriser l'innovation sur ces espèces.

Une autre particularité de l'industrie semencière est qu'il s'y trouve une forte présence de coopératives dont certaines disposent de parts de marché conséquentes (ex : Maisadour ou Euralis en France). Cela en fait un oligopole mixte : les différents acteurs de l'offre n'ont pas les mêmes objectifs (Giannakas and Fulton, 2005), ce qui peut avoir un impact sur l'équilibre de l'offre. Si Rey and Tirole (2007) soulignent que la plupart du temps cette différence d'objectifs est un désavantage comparatif pour les associations de producteurs, en particulier dans leur capacité à s'auto-financer pour des programmes de recherche (voir aussi Fulton and Giannakas (2013)), Giannakas and Fulton (2005) montrent que cette structure d'oligopole mixte peut avoir un effet positif sur l'innovation. En mettant l'accent sur le bien-être des membres plutôt que sur les profits, la coopérative est en mesure de générer des prix plus concurrentiels, ce qui est généralement avantageux pour les membres et les non-membres de la coopérative<sup>6</sup>. Alston and Fulton (2012) établissent cependant que les règles de gouvernance interne aux associations de producteurs peuvent être un frein sévère à l'innovation, en particulier sur le processus de décision des investissements, quand bien même une majorité des membres en seraient bénéficiaires.

Enfin, le dernier des quatre déterminants mentionnés ci-dessus est la capacité d'appropriation de l'innovation. La théorie économique reconnaît qu'une innovation sur un nouveau produit a besoin d'être protégée pour limiter les effets de *passagers clandestins* des autres firmes qui pourraient aisément copier le produit. Cohen (2010) souligne qu'en théorie, le brevet résout ce problème, l'exclusivité qu'il garantit à son détenteur représentant un pouvoir de marché *ex post* et une incitation essentielle à l'innovation. Cependant, très tôt la littérature économique a identifié les limites d'un tel système. Guesnerie and Tirole (1985) montrent par exemple que le brevet est un *optimum de second rang*, dans le sens où il est souhaitable qu'un bien collectif soit mis à la disposition de tous les agents. Le brevet est donc un compromis entre les exigences d'efficacité (*ex post*) et celles de l'incitation (*ex ante*). De plus, des droits de propriété intellectuelle trop contraignants peuvent être un frein à l'innova-

---

5. Les exemples que nous présentons ici sont issus de notre étude empirique du **chapitre 1** pour l'année 2011.

6. Le modèle de Giannakas and Fulton (2005) porte sur les innovations de process et non sur les innovations de produits.

tion, et cela pour deux raisons : premièrement, certaines technologies ne dépendent pas d'un brevet mais de plusieurs, appartenant possiblement à différentes firmes, phénomène connu sous le nom de *buisson de brevets*. Une telle fragmentation de la propriété intellectuelle peut conduire à une *tragédie des anti-communs*, comme ce fut observé avec le riz doré<sup>7</sup>, mais également à des problèmes anti-concurrentiels, lorsque par exemple un *buisson de brevets* est utilisé pour assurer une collusion entre firmes, comme souligné par [Lerner and Tirole \(2004\)](#). Deuxièmement, des droits de propriété intellectuelle trop forts peuvent être une barrière à l'entrée pour de nouvelles firmes, en particulier lorsque l'innovation est cumulative, le coût fixe d'entrée devenant trop élevé sur le long terme ([Scotchmer, 2004](#)). Chaque industrie a besoin alors de mettre en place le système de droit de propriété intellectuelle le plus efficace suivant ses spécificités. Et cette question d'appropriation est directement liée aux modes de rémunération de la recherche. Depuis les travaux de [Wright \(1983\)](#), qui compare différents systèmes de gains liés à l'innovation (le brevet, le prix<sup>8</sup>, et le contrat<sup>9</sup>), très peu d'études ont été réalisées sur les incitations à la R&D créées par les différents modes de rémunération possibles.

Or, là-aussi le marché des semences se distingue par sa spécificité. Plusieurs systèmes de rétribution de la recherche y coexistent : le brevet, le Certificat d'Obtention Végétale (COV) et le *Levy-funding*, qui diffèrent sur plusieurs points. Le COV s'applique à une variété végétale dans son ensemble, quand le brevet peut s'appliquer sur une séquence de gènes précise. Alors que le brevet interdit toute reproduction sans accord du détenteur, le COV permet de réutiliser une partie de la récolte pour la ressemer en échange d'un paiement ; c'est ce que l'on appelle "le privilège du fermier". [Fugerey-Scarbel and Lemarié \(2013\)](#) montrent que le COV est un processus efficace face au mécanisme des semences fermières. En effet, il permet aux semenciers de s'approprier les gains de l'innovation variétale, car même si le matériel génétique reste à disposition de l'utilisateur, ce dernier doit s'acquitter d'une redevance comprise dans le prix de vente de la graine. Il existe par ailleurs des systèmes de financement de la recherche par taxe sur la production. Il s'agit de la Contribution Volontaire Obligatoire (CVO) en France ou le *Levy-funding* dans les pays anglosaxons. Le principe

---

7. Le riz doré est un riz OGM enrichi en vitamine A. Il dépendait de 70 brevets détenus par 32 firmes différentes.

8. Le *prix* est une récompense monétaire importante pour les innovateurs qui atteignent un ensemble pré-déterminé d'objectif de performance ([Galasso et al., 2018](#)). La littérature sur l'innovation a traité les prix et les brevets comme des substituts et a souligné que l'une des principales caractéristiques des prix est la suppression de la perte sèche monopolistique générée par les brevets ([Scotchmer, 2004](#)).

9. Un *contrat de recherche* est quant à lui un financement public de programmes prédéfinis exécutés par des entreprises privées ([Crampes and Encaoua, 2005](#)).

est le suivant : l'agriculteur reverse une part de sa production (de l'ordre de 1%) à un fond chargé de redistribuer la somme récoltée aux semenciers et à des fonds communs chargés de la recherche<sup>10</sup>. Il existe une littérature récente traitant de l'efficacité d'un tel procédé sur l'innovation (Gray *et al.*, 2008; Gray, 2012; Alston and Fulton, 2012), que nous détaillerons dans le **chapitre 3**.

Ainsi, chacun de ces quatre déterminants de la R&D est susceptible d'expliquer en partie l'émergence des marchés orphelins. La question qui se pose alors est : est-ce que l'existence de marchés orphelins est un problème pour la société dans son ensemble ?

## 0.2 Problématiques liées aux marchés orphelins

D'une façon très générale, les marchés orphelins sont des marchés de petite taille : il y a peu d'innovations sur les petits marchés. Or, s'il existe des marchés orphelins dans presque tous les secteurs de l'économie, le déficit d'innovation sur certains produits peut être plus ou moins problématique selon les secteurs. En termes économiques, l'avantage social d'une innovation est égal aux avantages privés des utilisateurs et des producteurs, ainsi qu'aux externalités positives associées à cette production. Il se peut qu'un manque d'offre sur un marché réduise significativement le surplus du consommateur, sans que cela impacte la société dans son ensemble. Prenons un exemple : il existe peu d'individus dont la taille dépasse les 2 mètres. *De facto*, il existe peu d'offre en matière d'habillement pour ces personnes en comparaison des tailles standards, créant une perte de surplus pour ce type de consommateurs. Peut-on pour autant dire que cela pose un problème pour la société ?

Si l'objectif d'un planificateur social était l'équité pour tous les consommateurs, la réponse serait oui : chaque consommateur doit pouvoir bénéficier de la même diversité de l'offre. En revanche, si la perte de surplus du consommateur sur des petits marchés n'a pas d'externalité sur la société, l'intervention des pouvoirs publics n'est pas nécessaire. Nous nous intéressons au cas où l'existence de marchés orphelins est problématique. Dans cette situation, l'existence d'un problème de politique publique dépend de savoir si la valeur sociale de l'innovation dépasse de beaucoup sa valeur privée. Si c'est le cas, le marché orphelin pose un problème du point de vue social car la valeur publique que génèrerait son développement n'est pas reflétée dans les marchés. Par exemple, les problèmes d'équités mentionnés plus haut et nécessitant

---

10. En France, ce fond commun est le Fond de Soutien à l'Obtention végétale (FSOV) et reçoit 15 % de la CVO récoltée.



une intervention des pouvoirs publics ont été particulièrement soulignés dans le secteur de la pharmacie.

La référence au cas de la pharmacie est particulièrement intéressante parce que, comme pour les semences, le marché est fortement segmenté, l'innovation porte sur les produits et les droits de propriété intellectuelle sont très importants pour rentabiliser la R&D. [Acemoglu and Linn \(2004\)](#), et plus récemment [Dubois \*et al.\* \(2015\)](#) mettent en évidence l'effet positif de la taille de marché sur les incitations à innover dans ce secteur. Cet effet va donc désinciter les firmes à faire de la recherche sur les maladies orphelines, créant un problème d'équité. Étant donné que le marché de tout médicament ayant une portée d'application aussi limitée serait, par définition, petit et donc largement non rentable, l'intervention gouvernementale est souvent nécessaire pour motiver un fabricant à répondre au besoin d'un médicament orphelin. L'application de l'"orphan drug act" en 1983 aux Etats-unis a tenté de répondre à ce challenge. L'intervention du gouvernement en faveur du développement de médicaments orphelins peut prendre diverses formes : incitations fiscales, renforcement de la protection des brevets et des droits de commercialisation, subventions à la recherche clinique et enfin la création d'une entreprise publique pour s'engager dans la recherche et le développement.

Revenons au marché des semences. Il existe 250.000 à 300.000 espèces de plantes répertoriées par l'homme de nos jours. Parmi elles, 10.000 à 50.000 sont considérées comme comestibles ou utilisables, et seulement environ 2.450 sont effectivement cultivées dans le monde ([Just \*et al.\*, 2006](#); [Zepeda and Cohen, 2006](#)). 9 espèces représentent à elles-seules plus de 75 % des surfaces cultivées mondiales : le blé, le riz, le maïs, l'orge, le sorgho, la pomme de terre, la patate douce, la canne à sucre et le soja. Et les seuls blé, riz et maïs comptent pour 60 % des terres agricoles.

Depuis l'avènement de l'agriculture dans l'histoire humaine, estimé à -10.000 av j.c avec la culture de l'épeautre en Mésopotamie ([Doré and Varoquaux, 2006](#)), l'homme n'a eu de cesse de tester et améliorer la culture des plantes pour ne sélectionner que les variétés et espèces les mieux adaptées à son environnement. De l'échange de graines entre agriculteurs à la sélection génomique moderne, l'amélioration de la productivité agricole a été en partie due à cette sélection, mais surtout très largement aux investissements en recherche et développement depuis la fin de la seconde guerre mondiale ([Fuglie \*et al.\*, 2012](#)). Entre les années 1960 et 2010 les rendements globaux des 185 principales cultures dans le monde ont augmenté d'un facteur de 2.4 ([Alston \*et al.\*, 2009](#)), soit un taux de 1.96 % par an. Cependant, cette croissance de la productivité a montré un essoufflement depuis les années 1990, bien que les dépenses



en R&D du secteur privé aient augmenté de 43 % entre 1994 et 2010 (Fuglie *et al.*, 2012).

Or, les dépenses en R & D sur la génétique végétale ont concerné principalement les grandes cultures majeures au détriment des cultures mineures de diversification. Meynard *et al.* (2013) constatent en effet que les progrès génétiques sur les cultures de diversification sont inférieurs à ceux observés sur les cultures majeures, créant un frein important à la diversification culturelle. Depuis la seconde moitié du XX ième siècle, les progrès génétiques sur les cultures majeures ainsi que l'apparition des intrants agricoles (engrais, produits phytosanitaires) ont entraîné une réduction de cette diversité des espèces cultivées. Et il est aujourd'hui bien reconnu que la diversification des assolements<sup>11</sup> dans le monde est devenue un enjeu moderne majeur, en particulier en termes de préservation de l'environnement.

En effet, les cultures mineures de diversification ont plusieurs intérêts écologiques. Schaller (2012) en identifie trois principaux : *i*) En empêchant les flores d'adventices de se spécialiser, une diversité d'assolements permet la réduction de l'emploi d'herbicides. *ii*) En alternant plantes hôtes et non hôtes des ravageurs, la diversification limite l'usage d'insecticides et de fongicides. *iii*) Par complémentarité sur une rotation<sup>12</sup>, certaines espèces orphelines permettent la réduction de l'usage d'engrais. Clements *et al.* (2011) étudient par exemple un phénomène bien connu des agronomes : l'introduction de légumineuses (pois, luzerne, lupin etc..) dans un cycle rotatif permet de réduire l'usage d'engrais azotés l'année suivante, ces dernières ayant comme particularité de fixer dans le sol l'azote capturé par les airs.

De plus, Schaller (2012) souligne que les agriculteurs ont également des bénéfices économiques à l'adoption de cultures mineures. Outre la moindre utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais de synthèse, en particulier dans un contexte de hausse des prix des intrants, la diversification permet de varier ses revenus dans un contexte de volatilité des prix agricoles et d'étaler les risques face aux aléas climatiques, rendant les exploitations plus résilientes à long terme.

Si les intérêts et enjeux de la diversification culturelle ne sont donc plus à prouver, comment expliquer une telle disparité sur les efforts de recherche entre les cultures majeures et mineures ? Pour l'économiste, une situation où une innovation serait bénéfique à l'ensemble de la société mais n'est pas réalisée constitue une *défaillance de marché*. Et comme nous

---

11. Procédé de culture par succession et alternance sur un même terrain pour conserver la fertilité du sol.

12. La rotation des cultures consiste à faire succéder sur la même parcelle de terrain des cultures de plantes différentes selon un rythme régulier annuel ou saisonnier. Fuzeau *et al.* (2012) montrent qu'en France, la rotation colza/blé/orge sur trois ans représente 9 % de la sole cultivée, quand les rotations sur deux ans du type blé dur/tournesol représentent 15 % de cette sole cultivée.

l'avons vu, les *défaillances de marché* concernant les cultures orphelines sont nombreuses. Les efforts de recherche sur les cultures majeures sont plus importants, donnant lieu à des variétés qui ont de meilleurs rendements, encourageant ainsi leurs adoptions (*retours croissant d'adoption*). Les bénéfices d'une culture orpheline dans une rotation ne sont parfois pas immédiats et se font sentir l'année suivante, donnant lieu à des arbitrages sur les bénéfices à court et moyen termes (*problèmes d'horizon temporel*). L'introduction d'une nouvelle culture nécessite des connaissances techniques auprès de l'agriculteur, qui ne sont pas toujours disponibles pour les cultures de diversification, comme c'est le cas également pour l'équipement approprié à une nouvelle récolte (*problèmes d'information et verrous technologiques*).

### 0.3 Structure de la thèse

L'objet principal de cette thèse est donc de comprendre les déterminants des investissements en R&D du secteur des semences et plus particulièrement l'arbitrage entre les investissements réalisés sur différentes cultures. La question générale que nous traitons peut se résumer ainsi : pourquoi existe-t-il des marchés orphelins, et comment y remédier lorsque cela est socialement souhaitable ? Cette question a été, à notre connaissance, très peu étudiée. Les principaux travaux sur ce sujet se sont concentrés sur le secteur pharmaceutique, et très peu de publications ont concerné le domaine agricole et les espèces orphelines, malgré le large consensus scientifique sur leurs utilités. Cependant, la question générale qui est indiquée plus haut est très large et cette thèse n'apporte que quelques éléments de réponse en se focalisant sur certaines questions particulières.

Notre constat est le suivant : l'industrie des semences est un oligopole mixte de firmes multi-produits. Ces firmes consacrent une part importante de leurs revenus à la R&D dans le but de créer de nouvelles variétés, et l'effort de recherche est très déséquilibré entre les cultures majeures et les cultures de diversification. Ce mécanisme s'auto-entretient : il y a plus d'innovation sur les marchés de grande taille, offrant donc des produits plus performants, incitant ainsi les agriculteurs à leurs adoptions. Dans le marché des semences, cela est problématique car les externalités positives dues à la diversification ne sont pas pleinement prises en compte par les acteurs dans leurs choix.

D'un point de vue économique, ce constat nous amène à trois sujets d'études différents mais complémentaires. Dans un premier temps, nous nous intéressons à l'offre de semence et aux incitations des firmes semencières à proposer une offre diversifiée sur plusieurs marchés. Cette question est abordée par une analyse empirique dans le **chapitre 1** et par une ana-

lyse théorique dans le **chapitre 2**. Plus précisément, le premier chapitre étudie les stratégies d'offre, en France, des firmes semencières multi-produits. Le **chapitre 2** développe un modèle d'économie industrielle pour étudier l'arbitrage d'un monopole entre deux marchés dans une situation où il est intéressant d'avoir un certain équilibre entre ces deux marchés. Dans un second temps, nous étudions certaines solutions qui permettraient de pallier le problème du déficit d'investissement en recherche sur les marchés orphelins. Le **chapitre 3**, empirique, présente différents exemples de dispositifs de financement de la recherche en génétique végétale dans le monde et qui se basent sur d'autres mécanismes que la vente de semences. Enfin, le **chapitre 4** étudie à partir d'un modèle d'économie industrielle les différences d'incitations à la recherche lorsque la firme est une coopérative, susceptible de se comporter différemment d'une firme privée.

Les différents chapitres ci-après tentent d'apporter une contribution scientifique sur chacun de ces trois points.

L'objectif du **chapitre 1** est d'étudier les stratégies d'offre de semences dans le contexte français. Notre constat de départ est qu'une majorité de semenciers propose plusieurs variétés de plusieurs espèces à la vente, se plaçant ainsi dans le cadre des firmes multi-produits. Nous commençons donc notre étude par une revue de littérature montrant comment la théorie économique a traité la question des firmes multi-produits, dans l'esprit des travaux de [Lancaster \(1990\)](#) ou de [Mañez and Waterson \(2001\)](#). Sur une trentaine d'articles étudiés, nous présentons dans un premier temps les différentes hypothèses ainsi que les cadres d'analyses retenus par les auteurs. Dans un deuxième temps, nous cherchons à confronter les résultats obtenus, afin d'en dégager ceux qui sont le plus robustes, mais également de comprendre pourquoi certains résultats sont contradictoires. Notre attention se porte sur quatre problématiques liées à l'étude de la firme multi-produits : la structure des coûts, la formation des prix, l'équilibre en gamme de produits dans un contexte sans entrée et enfin l'utilisation de la gamme de produits comme stratégie de préemption, ou comme stratégie pour limiter l'entrée de nouvelles firmes sur le marché.

La deuxième partie du **chapitre 1** présente une série de statistiques descriptives sur les données dont nous disposons. Il s'agit de décrire le portefeuille (ou gamme de produits) des semenciers sur le marché français. Nous observons le nombre de variétés différentes proposées sur 20 cultures, dont 10 sont considérées comme orphelines, sur les trois années 2001, 2006 et 2011. Nous utilisons également des données issues du ministère de l'agriculture fournissant les surfaces cultivées par espèces. Notre analyse descriptive permet de tirer plusieurs ensei-

gnements cohérents avec la littérature. Premièrement, le nombre de variétés proposées par les firmes croît avec la taille de marché avec une élasticité de l'ordre de 0.5 (Dubois *et al.*, 2015). Deuxièmement, les firmes semblent se spécialiser sur des caractéristiques biologiques des espèces. En effet, certaines firmes sont très présentes sur les cultures hybrides (maïs, tournesol, colza) quand d'autres se spécialisent en cultures autogames (blé tendre, triticales etc.), et cette spécialisation semble stable dans le temps. Enfin, nous observons plusieurs niches de marché sur des cultures à très faibles tailles de marché (Lin textile de printemps, riz méditerranéen, chanvre), où seules une ou deux firmes proposent à la vente des variétés pour ces cultures.

La troisième et dernière partie du **chapitre 1** est une étude économétrique. Dans la lignée des travaux de Putsis Jr and Bayus (2001), Lelarge and Nefussi (2010) ou encore Bernard *et al.* (2010), nous tentons de répondre à la question suivante : quels sont les facteurs explicatifs des stratégies en gamme de produits des firmes ? Parmi ces stratégies, c'est-à-dire le changement des gammes de produits d'une année à l'autre, il nous est possible d'observer l'inertie de l'activité, l'ajout ou le retrait de produits ainsi que le changement de spécialité des firmes. Au niveau de la firme, nos données nous permettent de construire plusieurs variables de contrôle (structure industrielle, diversification du portefeuille, degré de spécialisation sur différentes cultures). Plusieurs résultats sont déduits : le degré de spécialisation varie très peu entre les années, les firmes les plus diversifiées ont tendance à faire évoluer leurs gammes beaucoup plus souvent que les firmes hyper-spécialisées, et enfin nous ne trouvons pas de corrélation réelle entre le fait d'être une coopérative et de proposer plus d'espèces orphelines que les autres firmes.

Le **chapitre 2** traite de l'équilibre entre les différentes cultures dans un contexte où les semences pour ces deux cultures sont vendues par un monopole. Dans la réalité, cet équilibre résulte de la décision relative au plan de culture des agriculteurs et dépend de divers facteurs tels que le rendement de la semence, les problèmes de parasites, les prix à la production, etc. Nous simplifions ici le problème en supposons que l'arbitrage réalisé par l'agriculteur ne dépend que du potentiel de productivité des cultures et des prix des semences de chaque culture, définies par le monopole. En cohérence avec le contexte de la thèse, nous introduisons un *effet de congestion* dans la demande de semences. Plus précisément, nous supposons que la productivité d'une culture diminue lorsque sa part dans l'assolement augmente. En effet, une hypothèse importante est que, à mesure qu'une culture devient plus abondante et fréquemment utilisée, l'agriculteur est confronté à des problèmes de protection des plantes

plus importants pour cette culture, et ceci entraîne des pertes de rendement ou des dépenses en pesticides pour réduire ces dommages. L'analyse est restreinte à un cas avec deux cultures, A et B, la première ayant un potentiel de productivité (productivité sans effet de congestion).

Nous montrons que lorsque l'*effet de congestion* est suffisamment important, l'optimum de premier rang est que l'agriculteur produise les deux cultures, avec une part plus importante de la culture la plus productive. Notre analyse se place dans deux contextes suivant que le potentiel de productivité est donné ou dépendant d'un effort de recherche du monopole. Avec des potentiels de productivités exogènes, nous montrons que la stratégie de prix du monopole conduit soit à ce que tout l'assolement soit couvert avec la culture la plus productive (si l'*effet de congestion* n'est pas trop fort), soit à ce que les deux cultures soit utilisées, mais avec une part plus faible de la culture la plus productive. Cet équilibre est donc qualitativement différent de l'optimum de premier rang. Cette propriété est toujours observée lorsque le potentiel de productivité est endogène. Dans ce cas, nous montrons que le fait d'avoir une ou deux cultures à l'équilibre dépend plus nettement de l'*effet de congestion*.

Le **chapitre 3** présente des cas dans l'agriculture qui illustrent certains mécanismes économiques alternatifs de rétribution de la R&D, qui ne s'appuient pas sur les pouvoirs de marché dans la vente de semence, ni uniquement sur les pouvoirs publics. Parmi eux, deux sont spécialement utilisés : les associations de producteurs et les organisations caritatives. Chez les premiers nous présentons trois organismes qui, bien que se différenciant par leur fonctionnement, ont en commun l'utilisation de taxes sur la production pour financer leurs recherches. Il s'agit des cultivateurs de légumineuses au Canada dans le Saskatchewan (The Saskatchewan Pulse Growers), le système du blé tendre en Australie (The Australian Grain Research and Development), et les contributions Volontaires Obligatoires (CVO) en France. Le principe des taxes sur la production (Levy-Funding) est le suivant : l'agriculteur acquiert ses semences sans s'acquitter d'un prix qui reflète le coût de propriété intellectuelle dû aux détenteurs des variétés, et en contrepartie reverse un pourcentage de sa production à ces mêmes détenteurs, typiquement de l'ordre de 1 % de sa récolte. Cette somme est en général collectée par un organisme indépendant, chargé de redistribuer les fonds en partie aux semenciers, et en partie à un autre organisme chargé de la recherche. Cela permet d'impliquer directement les agriculteurs dans le processus de recherche et de leur donner plus de voix quant à l'attribution des fonds collectés et des programmes de R&D.

Quant aux associations caritatives, elles peuvent dans une certaine mesure jouer un rôle essentiel dans la création et la diffusion de nouvelles variétés. C'est le cas notamment de la

fondation Bill et Melinda Gates, ou du Center for Agriculture and Bioscience en Afrique.

L'objectif du **chapitre 4** est d'étudier, d'un point de vue théorique, si les associations de producteurs ont plus d'incitations à investir dans les marchés orphelins que les firmes pro-fits, lorsqu'elles sont en situation de monopole sur le marché. En parallèle, nous supposons que les agriculteurs font face à une composante aléatoire dans leur aptitude à cultiver une nouvelle espèce. Nous étudions comment la différence d'objectif entre les deux organismes fournisseurs de semences va influencer sur le choix d'innover ou non. Les agriculteurs sont supposés homogènes sur un marché initial, tel le blé ou n'importe quelle autre culture majeure, et hétérogènes face à une nouvelle culture mineure. Leur différence face à la culture orpheline est capturée à travers un modèle d'adresse du type ([Hotelling, 1990](#)), dans lequel leurs emplacements sont en partie déterminés par un facteur aléatoire.

En accord avec la littérature récente sur les comparaisons entre les firmes privées et les coopératives ([Fulton and Giannakas, 2001](#); [Giannakas and Fulton, 2005](#); [Rey and Tirole, 2007](#)), nous montrons comment cette différence dans la fonction objectif des deux monopoles influence l'incitation à introduire un nouveau produit. De façon surprenante, lorsque la composante aléatoire dans la fonction d'utilité des agriculteurs est relativement faible, i.e leur propension à cultiver une nouvelle espèce est principalement déterminée par leur emplacement initial, les conditions d'investissements des deux organismes fournisseurs sont rigoureusement les mêmes. En d'autres termes, une coopérative et une firme privée pro-profit ont les mêmes incitations à innover. A contrario, lorsque la fonction d'utilité des agriculteurs incorpore une forte perturbation aléatoire, cela crée une situation dans laquelle l'association de producteurs pourra innover quand la firme privée ne le fera pas.

Cependant ce cas de figure est très restreint. Premièrement, pour financer l'introduction d'un nouveau produit la coopérative devra user de subventions croisées entre les deux cultures. Cela implique qu'elle devra prélever une somme initialement destinée à être redistribuée à ses membres qui cultivent toujours la culture majeure. Ces derniers verront ainsi leur bien-être diminuer. Deuxièmement, elle devra s'assurer que suffisamment d'agriculteurs bénéficieront *ex ante* du nouveau produit, rajoutant une contrainte politique supplémentaire lorsque les décisions d'investissement sont prises par vote des membres de l'association. Notre contribution dans ce chapitre est ainsi de montrer que bien qu'avec des objectifs opposés, maximiser son profit pour la firme privée et maximiser le bien-être des agriculteurs pour la coopérative, les incitations à l'innovation sur les cultures mineures sont très similaires, et que le cas où la coopérative peut innover et la firme privée non est assez peu probable.

## 0.4 Questions non traitées dans cette thèse

Plusieurs questions importantes n'ont pas été traitées dans ce travail et méritent d'être mentionnées.

En premier lieu notre analyse est focalisée sur l'offre, et nous traitons peu la question de la demande des agriculteurs en semences orphelines, ni ne discutons des problèmes liés à toute la chaîne d'adoption d'une nouvelle culture. Du semencier à l'agriculteur, de l'agriculteur au transformateur, et finalement du transformateur au consommateur, les défaillances de marché peuvent intervenir à chaque étape du processus.

Deuxièmement, nous ne traitons ici que des semences de grandes cultures. La problématique des espèces orphelines est également présente pour les potagères, en arboriculture, en foresterie ainsi qu'en production animale. Notre analyse empirique reste concentrée sur le marché français sur 20 espèces, et pourrait être étendue à d'autres pays et d'autres cultures.

Enfin nous ne parlons pas, ou très peu, des pouvoirs publics et de leurs interventions pour pallier les insuffisances d'investissement dans les marchés orphelins. En particulier, notre hypothèse de travail est que nous n'envisageons pas la possibilité qu'on règle le problème des cultures orphelines en demandant une intervention des pouvoirs publics. Dans un contexte comme celui de la France, où une part importante de la recherche publique est très orientée vers des recherches fondamentales, les organismes de recherche publique tels que l'INRA développent néanmoins de nombreux partenariats avec la recherche privée. Cette thèse n'étudie pas de telles solutions de partenariat.

# Chapitre 1

## Analyse des stratégies d'offres multi-produits sur le marché français des semences de grandes cultures

*Nous tenons à remercier Aline Fugerey-Scarbel pour sa contribution concernant toutes les notions biologiques et agronomiques contenues dans ce chapitre, ainsi que pour ses nombreux retours, ses relectures ainsi que son aide pour la constitution de notre base de données. Nous sommes également très reconnaissants envers l'ensemble des personnels du laboratoire GAEL qui ont participé à la constitution de notre base de données, en particulier Cédric Lanu pour son travail de collecte et d'assemblage.*



## 1.1 Introduction

Cet article a pour but d'étudier les gammes de produits, ou portefeuilles, des entreprises semencières sur le marché français, et en particulier de comprendre les déterminants principaux qui amènent les firmes à se placer sur des "marchés orphelins", c'est-à-dire des marchés sur lesquels il y a peu d'innovations. Dans l'industrie des semences, les innovations se font principalement sur les produits, et il est possible d'observer l'évolution des portefeuilles des firmes par le nombre de variétés proposées à la vente chaque année. Ainsi, ce portefeuille sera constitué pour chaque firme d'un certain nombre de variétés pour chaque culture, et les stratégies en gamme de produits seront observables par l'évolution des portefeuilles. D'un point de vue économique, l'étude de ces stratégies en gamme de produits se place dans la littérature sur les firmes multi-produits.

Notre attention se porte sur quatre questions récurrentes dans cette littérature : la formation des prix, l'effet des économies de gamme, l'équilibre du marché en gamme de produits, et les stratégies de préemption. Notre analyse empirique porte ensuite sur l'ensemble de l'offre de produits faites sur le marché français pour 20 grandes cultures en 2001, 2006 et 2011, ce qui revient à analyser les stratégies d'une cinquantaine de firmes.

Nous montrons plusieurs résultats empiriques pouvant être validés par la théorie économique. En particulier, les innovations sont croissantes avec la taille de marché, les firmes mono-produit sont souvent sur des niches de marché, peu de firmes conservent dans le temps un portefeuille très diversifié, et les économies de gamme sont reflétées à travers les synergies des programmes de recherche entre les caractéristiques des cultures (e.g : autogames, hybrides).

Le reste de cet article est organisé comme suit : nous commençons par présenter une revue de littérature montrant comment les stratégies des firmes multi-produits ont été analysées en économie. Puis nous présentons nos données, issues du catalogue professionnel "Semences et progrès", à l'aide d'une série de statistiques descriptives. Enfin, nous proposons une analyse économétrique estimant les stratégies en gammes de produits des firmes semencières.

## 1.2 Revue de littérature

Selon [Bernard \*et al.\* \(2010\)](#), les firmes multi-produits comptaient pour près de 91 % de la production manufacturière totale aux États-unis en 2010, et les firmes produisant plus de cinq biens différenciés représentaient 98 % de la valeur des exportations américaines. Pour

l'économiste, le caractère multi-produits de la firme est donc devenu un enjeu majeur d'étude et nécessite une analyse spécifique. En effet, comme souligné par [Yeaple \(2013\)](#), la possibilité pour la firme multi-produits d'internaliser les différentes interactions entre les biens qu'elle produit en font un champ de l'économie particulièrement intéressant à étudier.

Or, longtemps la théorie économique s'est limitée à l'analyse des stratégies de firmes ne produisant qu'un seul produit chacune, alors que d'après [du Montcel and Soulié \(1978\)](#) : "En fait, toutes les firmes sont multi-productrices, elles offrent différents biens ayant entre eux des liens techniques ou commerciaux complexes". Comprendre pourquoi et comment une firme détermine sa gamme de produits nécessite donc de prendre en compte toute la complexité de ces liens, tant au niveau de la demande que du processus de production. Les biens sont-ils indépendants entre eux, substituables ou complémentaires pour le consommateur ? Ai-je, en tant que producteur, des avantages ou des coûts à produire des biens différenciés ?

A cela s'ajoute la prise en compte des effets stratégiques liés à la concurrence dans un marché compétitif. En effet, les marchés dans lesquels les firmes peuvent produire plusieurs biens différenciés sont particulièrement difficiles à étudier : chaque choix d'une gamme de produits d'une entreprise individuelle influence l'intensité de la compétition pour tous les acteurs du marché ([Mazzeo, 2002](#)). Une firme devra donc prendre en compte le choix et les stratégies de ses concurrents lorsqu'elle constituera son portefeuille de produits, en plus des effets liés à la demande ou à la production. Compte-tenu des structures du marché ainsi constituées, devenir multi-produits pourra ainsi être une nécessité. [Putsis Jr and Bayus \(2001\)](#) montrent par exemple que dans un environnement concurrentiel où les compétiteurs offrent des biens multiples à une population hétérogène de consommateurs, les firmes ne produisant qu'un ou deux biens souffrent d'un désavantage compétitif certain, et finissent souvent par sortir du marché ou être rachetées, le marché étant composé alors en grande majorité de firmes multi-produits.

Nous proposons dans cette section de présenter les principaux résultats de la littérature en économie concernant les stratégies des firmes multi-produits, et en particulier les déterminants principaux amenant au choix d'une gamme de produits d'une firme.

Nous nous appuyons ici sur une trentaine d'articles, à la fois théoriques et empiriques, allant du début des années 1970 jusqu'à nos jours, l'article le plus récent étant celui de [Parenti \(2018\)](#). Cette revue de littérature n'est pas exhaustive, et nous avons privilégié les travaux publiés dans les revues de référence tant en économie générale (ex : *American Economic Review* ou *The review of Economic Studies*) qu'en économie industrielle (ex : *The RAND Journal of Economics* ou encore *International Journal of Industrial Organization*).

Plusieurs revues de littérature concernant les stratégies des firmes multi-produits ont déjà été publiées par le passé. Citons en particulier les travaux de [Lancaster \(1990\)](#) et [Mañez and Waterson \(2001\)](#). La revue présentée dans ce chapitre est plus synthétique : nous focalisons notre étude sur la firme, quand l'article de [Lancaster \(1990\)](#) porte sur l'analyse de la variété de produits dans un contexte où les firmes concurrentes sont mono-produit ou multi-produits. À l'inverse, la présente revue de littérature porte uniquement sur les firmes multi-produits. Comme [Mañez and Waterson \(2001\)](#) nous cherchons à confronter les modèles des différents articles étudiés, cependant nous étudions des articles plus récents.

Notre travail s'organise en deux temps. Premièrement, nous présentons le cadre d'analyse retenu par les auteurs ainsi que les hypothèses clés de leur modèle (la demande, les technologies de production et les interactions stratégiques). Deuxièmement, comme l'approche de [Mañez and Waterson \(2001\)](#) nous confrontons les différents résultats obtenus de ces hypothèses, afin de dégager ceux qui sont les plus robustes et les plus récurrents dans la littérature et de comprendre enfin pourquoi certains résultats sont contradictoires.

### 1.2.1 Cadre d'analyse

Dans la littérature que nous présentons ici, les modèles des articles se différencient sur trois aspects :

*a) La demande*, qui traduit les préférences hétérogènes des consommateurs et leurs goûts pour la variété.

*b) Les technologies de production*, ou les avantages de coûts résultant d'économies d'échelles et d'économies de gammes.

*c) Les considérations stratégiques* : utiliser la variété de produits pour lutter contre la concurrence, en analysant le choix des compétiteurs ou se prémunir d'un potentiel nouvel entrant sur le marché.

Nous synthétisons dans la figure 1.1 les hypothèses de ces articles sur ces trois aspects, représentées dans les trois colonnes des tableaux. Le tableau 1.1 est consacré aux articles théoriques, le tableau 1.2 quant à lui présente des articles incorporant un volet empirique.

## La demande

La littérature identifie trois familles de modèles pour la demande en produits différenciés (Lancaster, 1990; Allanson and Montagna, 2005; Caminal and Granero, 2012). L'idée fondamentale est de traduire les préférences hétérogènes des consommateurs à travers leurs fonctions d'utilité, ce qui conduit à des différenciations *horizontales* ou *verticales* (ou les deux à la fois). Ces trois familles de modèles de demande sont :

- Les modèles *spatiaux* (rue de Hotelling (1990), cercle de Salop (1979), modèle de Spokes à la Chen and Riordan (2007)). Dans ces modèles les préférences des consommateurs dépendent de leur localisation dans un espace défini. Chaque acheteur évalue le coût total correspondant à l'acquisition d'un bien dans chaque point de vente (prix plus coût de transport) et la fonction de demande de chaque produit est généralement déterminée par le consommateur indifférent entre deux produits. Une limite de cette modélisation est d'interdire l'expansion du marché due à un nouveau produit. Néanmoins, Caminal and Granero (2012) et Giraud-Héraud *et al.* (2003) développent une variante du modèle dans laquelle cette limite est levée. Ces auteurs sont d'ailleurs les seuls à utiliser le cadre d'un modèle spatial dans le tableau 1.1.

- Les modèles de *consommateur représentatif*, tels qu'initiés par Spence (1976) ou Dixit and Stiglitz (1977). Ces modèles font généralement l'hypothèse qu'un consommateur individuel représente les préférences de tous les autres. La demande de chaque bien est déterminée par la maximisation de son utilité sous contrainte budgétaire. Un tel consommateur a nécessairement un goût insatiable pour la variété, et comme montré dans le tableau 1.1, les articles les plus récents cités ici se basent sur ces modèles.

- Les modèles de *choix discrets* initiés notamment par Perloff and Salop (1985) puis repris par Anderson *et al.* (1992), où les consommateurs ont une composante aléatoire dans leurs préférences, sont statistiquement identiques et leurs choix sont souvent décrits par des modèles logit-multinomiaux. L'utilité du consommateur est déterminée par ses propres caractéristiques ainsi que par celles des produits, et la demande de chaque bien est obtenue en agrégeant la demande de tous les consommateurs qui préfèrent ce produit à tous les autres.

## Les technologies de production

Les coûts sont les déterminants clés qui influent les décisions de production et les prix pratiqués par les firmes. Sur ce point plusieurs hypothèses sont récurrentes dans la littérature

et diffèrent selon les auteurs :

- L'existence de coûts fixes. En particulier, la valeur du coût fixe pour introduire un nouveau produit déterminera un seuil de rentabilité pour la firme. Dans les articles que nous citons ici, les auteurs supposent très souvent que ces coûts fixes sont identiques pour chaque produit et pour chaque firme.

- La différence en valeur des coûts marginaux de production. Très souvent les auteurs que nous présentons supposent que ces coûts sont identiques entre produits, cependant [Eckel and Nary \(2010\)](#) définissent un *cœur de compétence* des firmes en classant les biens qu'elles produisent par ordre croissant de coûts marginaux :  $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_n$ , ce cœur étant constitué par les biens aux coûts marginaux les plus faibles.

- La possibilité pour la firme de réaliser des *économies de gamme*. Si l'effet des économies d'échelles, c'est-à-dire la baisse du coût moyen avec l'augmentation du volume de production a été étudié depuis longtemps, l'analyse de l'effet des économies de gamme est plus récente. [Panzar and Willig \(1977, 1981\)](#) ont d'ailleurs, dans un premier temps, introduit cette notion sous le nom d'"économie d'échelle en production de biens multiples". Leur analyse des coûts moyens au niveau de la firme avait montré que des rendements croissants ne constituaient pas une condition suffisante pour la décroissance des coûts moyens, lorsqu'on prenait en compte le caractère multi-produits de la firme. Ils montraient que lorsque la fonction de coût pour une firme multi-produits intègre à la fois les coûts marginaux de production des différentes variétés ainsi que les coûts organisationnels intrinsèques à la firme, les économies de gamme<sup>1</sup> sont indispensables à l'émergence de firmes multi-produits dans un environnement compétitif. Autrement dit, il y a des économies de gamme pour la production d'un ensemble de produits (avec des quantités données pour ces produits) si cette production est moins coûteuse quand elle est faite par une seule firme plutôt que des firmes différentes (chaque firme ne produisant qu'un seul produit).

## Les considérations stratégiques

Le troisième aspect identifié dans les modèles concerne la structure de la concurrence et les considérations stratégiques qui en découlent. Sommes-nous en situation de monopole, de duopole, d'oligopole, de concurrence monopolistique, de concurrence pure et parfaite ? S'agit-

---

1. Les économies de gamme peuvent également être reflétées à travers les coûts fixes. [Dobson and Waterson \(1996\)](#) proposent, pour  $n = 0, 1, 2$  des valeurs différentes de coûts fixes.  $F = 0$  si  $n = 0$ ,  $F = f$  si  $n = 1$  et  $F = f + (1 - e)f$  quand  $n = 2$ .  $e \in [0, 1]$  est alors une mesure des économies de gamme.

il d'une ou plusieurs firmes multi-produits face à une ou plusieurs firmes mono-produit ? Le jeu étudié est-il simultané ou séquentiel ? Y a-t-il menace d'un nouvel entrant ?

Le point de départ de la plupart des articles que nous étudions ici est l'étude d'un monopole multi-produits. A partir des équilibres en quantité/prix de ce cas pris en référence, deux hypothèses majeures doivent être faites pour l'étude d'un duopole. Premièrement, il s'agit de déterminer si la compétition se fait en prix (Bertrand) ou en quantité (Cournot). Deuxièmement, les équilibres (en prix ou en quantité) en duopole dépendront de la nature simultanée ou séquentielle du jeu étudié. Si les deux firmes prennent leurs décisions simultanément, très souvent leurs choix seront différents de la situation où l'une des deux peut choisir la première. La situation d'un monopole menacé par un nouvel entrant étant une illustration de ce dernier cas de figure, il ne fixera pas les mêmes prix/quantités suivant si il se sent protégé ou menacé.

Généralement, les articles considèrent une structure de concurrence donnée et comparent différentes situations possibles avec cette structure (ex : décisions simultanées vs séquentielles). Comme montré dans le tableau 1.1 nous avons plusieurs cas de figure possibles : des monopoles (Eckel *et al.*, 2015), des duopoles (Brander and Eaton, 1984), des oligopoles de firmes multi-produits (Ottaviano and Thisse, 1999), des oligopoles mixtes, tels plusieurs firmes mono-produit face à une ou plusieurs firmes multi-produits (Giraud-Héraud *et al.*, 2003; Parenti, 2018). Les situations sont ainsi riches et variées.

Ainsi, chaque article de la littérature va se différencier des autres quant aux hypothèses formulées par les auteurs sur les trois points que nous avons identifiés. La question centrale de tous les articles est de déterminer dans un premier temps comment les consommateurs différencient les biens, et en particulier comment est définie l'élasticité de substitution entre ces biens. Une fois cette différenciation établie pour la demande, il s'agit de définir une fonction de profit pour les firmes multi-produits, incorporant ou non des coûts ou avantages à la diversification, à la fois du point de vue de la production que des considérations stratégiques vis-à-vis des autres firmes. Enfin, suivant la nature du jeu étudié, les équilibres en gamme de produits pourront être déterminés et ainsi comparés à l'optimum social.

|                                    | Demande  | Production   | Concurrence   |
|------------------------------------|--|--|---|
| du Montcel and Soulié (1978)       | Les biens sont indépendants ou liés (substituables ou complémentaires)           | Contrainte technologique sur 2 biens (substituables ou complémentaires)          | Monopole  |
| Brander and Eaton (1984)           | - Dépend des prix<br>- Substituabilité des produits                              | - 2 biens produits<br>- Pas de coût fixe<br>- Pas d'économies de gamme           | - Duopole<br>- Entrée simultanée ou séquentielle              |
| Shaked and Sutton (1990)           | - Consommateur représentatif<br>- Utilité quadratique<br>- Contrainte budgétaire | - 2 ou 3 biens produits<br>- coût fixe par produit<br>- Pas d'économies de gamme | - Duopole<br>- Entrée simultanée ou séquentielle              |
| Dobson and Waterson (1996)         | - Consommateur représentatif<br>- Utilité quadratique<br>- Contrainte budgétaire | - 2 biens produits<br>- coût fixe par produit<br>- Economies de gamme            | - Duopole<br>- Entrée simultanée ou séquentielle              |
| Ottaviano and Thisse (1999)        | - Logit multinomial<br>- choix discrets  | - coûts fixes de diversification   | Oligopole de firmes multi-produits                            |
| Giraud-Héraud <i>et al.</i> (2003) | Modèle de Salop  | Coûts marginaux de production nuls   | Une firme multi-produits face à plusieurs firmes mono-produit |
| Johnson and Myatt (2003)           | - Masse de consommateur<br>- Utilité Mussa-Rosen                                 | - Pas de coûts fixes<br>- retours croissants sur la qualité                      | Duopole   |
| Allanson and Montagna (2005)       | Consommateur représentatif<br>Utilité Cobb-Douglas                               | - retours d'échelle croissants<br>-économies de gamme                            | Compétition monopolistique                                    |
| Avenel and Caprice (2006)          | - Masse de Consommateur n'achetant qu'un seul bien<br>- Utilité Mussa-Rosen      | - Détaillant sur 2 biens type high et low<br>- économie de gamme                 | Monopole  |
| Feenstra and Ma (2007)             | Consommateur représentatif (utilité CES)   | -coûts hétérogènes<br>- coûts fixes de diversification                           | Compétition monopolistique                                    |
| Caminal and Granero (2012)         | Modèle de Spokes   | - Economies de gamme<br>- coûts fixes de diversification                         | Oligopole de firmes multi-produits                            |
| Parenti (2018)                     | Consommateur représentatif (utilité quadratique)                                 | - coûts marginaux identiques<br>- Technologies multi-produits                    | Oligopole mixte   |

TABLE 1 – hypothèses des articles théoriques

|                              | Demande  | Production  | Concurrence  |
|------------------------------|--|---|--|
| Putsis Jr and Bayus (2001)   | Aucune   | Caractéristiques de la firme (âge, part de marché etc..)                                    | - Croissance du marché<br>- Concentration (HHI)  |
| Mazzeo (2002)                | Variables de demande : population, trafic        | Forme réduite de fonction de profit   | - entrée de firmes<br>- choix des concurrents  |
| Bernard <i>et al.</i> (2010) | Consommateur représentatif (utilité CES)         | Variables au niveaux de la firme : Ca, emploi, âge  | - ajout/retrait de produits  |
| Lelarge and Nefussi (2010)   | Aucune   | Variables au niveaux de la firme : Ca, emploi, capital, diversification et parts de marché. | - ajout/retrait de produits<br>- Effet de la concurrence de pays à bas coûts de production |
| Mayer <i>et al.</i> (2014)   | Consommateur représentatif                       | cœur de compétence (coûts marginaux)  | Restriction de la gamme<br>En fonction de la compétition                                   |
| Eckel <i>et al.</i> (2015)   | Consommateur représentatif (utilité quadratique) | cœur de compétence (coûts marginaux)<br>- économie de gamme                                 | Monopole (résultats identiques lorsque compétition de firmes hétérogènes à la Cournot)     |

TABLE 2 – hypothèses des articles empiriques

FIGURE 1.1 – Récapitulatif des hypothèses



## 1.2.2 Quelques résultats majeurs

Dans les résultats que nous présentons, nous avons choisi de traiter quatre questions : la structure des coûts de la firme multi-produits, la formation des prix, l'équilibre du marché en gamme de produits et les stratégies de préemption. Certaines autres questions ne seront pas discutées ici, telles que la discrimination par les prix, les ventes groupées et les effets de cannibalisation. Enfin nous présentons quelques résultats empiriques illustrant la problématique des firmes multi-produits.

### Effet de la structure des coûts sur la gamme de produits

La gamme de produits d'une firme résulte d'un arbitrage entre les économies de gammes et les coûts fixes par produit. D'un côté les économies de gamme favorisent une offre diversifiée et d'un autre côté une augmentation des coûts fixes par produit limite le nombre de produits.

La propriété de sous-additivité proposée par [Panzar and Willig \(1981\)](#) et présentée plus haut n'est donc pas une condition nécessaire à la diversification des portefeuilles. Si les coûts fixes d'introduction des produits sont élevés, on peut ainsi observer une offre très peu diversifiée malgré l'existence d'économies de gamme.

[Ottaviano and Thisse \(1999\)](#) proposent par exemple un modèle de concurrence entre firmes multi-produits dans lequel chaque firme fait face à un coût d'entrée  $G$  et un coût fixe identique par produit  $F$ . Pour  $\Omega_i$  l'espace des variétés produites  $\omega$  pour la firme  $i$ , à prix  $p_i(\omega)$  en quantité  $q_i(\omega)$ , la firme cherche à maximiser son profit :

$$\Pi_i = \int_{\omega \in \Omega_i} [p_i(\omega)q_i(\omega) - F]d\omega - G$$

où la fonction inverse de demande est donnée, après maximisation de l'utilité d'un consommateur représentatif sous contrainte budgétaire, par :

$$p(i) = \alpha - \beta q(i) - \gamma Q$$

$\alpha$  est une mesure de la taille de marché,  $\beta$  représente le goût du consommateur pour la variété,  $1/\gamma$  le degré de substituabilité entre produits, et  $Q$  la quantité totale de produits sur le marché.

[Ottaviano and Thisse \(1999\)](#) montrent qu'à l'équilibre, et en supposant que les firmes sont symétriques, le nombre de firmes présentes sur le marché  $M^*$  ainsi que la largeur de la gamme de produits des firmes  $\Omega^*$  sont respectivement :



$$M^* = \frac{\alpha - 2\sqrt{\beta F}}{\sqrt{\alpha G}} - 1 \text{ et } \Omega^* = \sqrt{\frac{\beta G}{\gamma F}}$$

Clairement, la gamme de produits à l'équilibre s'élargit avec le goût pour la variété des consommateurs ( $\beta$ ), les économies de gamme et le degré de différenciation entre produits. En revanche, elle diminue avec les coûts fixes. En conséquence, en choisissant leur gamme de produits, les firmes doivent arbitrer entre les gains potentiels issus d'économies de gamme et le coût fixe dû au lancement d'un nouveau produit. Ainsi, lorsque  $G$  tend vers 0 (pas d'économies de gamme), le nombre de firmes devient arbitrairement grand, et le marché offre alors le même nombre de variétés que dans le cas de la concurrence monopolistique. En fait, si l'on considère qu'une partie au moins des coûts fixes est commune à toutes les variétés, une firme peut diminuer ses coûts unitaires en multipliant la production des variétés (voir aussi [Siroën \(1988\)](#)) par économie de gamme. Mais si ces dernières sont trop élevées, cela aura tendance à favoriser l'entrée de nouvelles firmes et par conséquent limiter le nombre de firmes multi-produits à l'équilibre.

Ainsi, les économies de gamme ont deux effets opposés sur la présence de firmes multi-produits sur le marché. D'une part elles créent une incitation à la diversification, mais d'autre part cette incitation aura tendance à augmenter le degré de compétition sur le marché. Il en résulte qu'à l'équilibre, seul un petit nombre de firmes multi-produits peut survivre, comme c'est le cas par exemple chez [Caminal and Granero \(2012\)](#).

Dans leur modèle<sup>2</sup>, [Caminal and Granero \(2012\)](#) montrent qu'en l'absence d'économies de gamme, une firme multi-produits souffre d'un désavantage compétitif certain face aux firmes mono-produit. Cela vient du fait que les petites firmes peuvent toujours fixer les mêmes prix que les grandes firmes lorsque chacune doit payer un coût d'entrée fixe  $F$  par variété. La firme multi-produits ne peut alors pas user de stratégie de *prolifération* comme barrière à l'entrée, et la menace d'un nouvel entrant l'obligera à diminuer ses prix. Lorsque la structure de marché devient un oligopole mixte<sup>3</sup> et que les économies de gamme sont possibles, à

---

2. L'originalité de l'article de [Caminal and Granero \(2012\)](#) est qu'ils reprennent le modèle de Spokes initié par [Chen and Riordan \(2007\)](#), modèle d'adresse permettant une mesure de l'expansion du marché. Dans ce modèle,  $N$  variétés d'un bien sont situées sur  $N$  lignes de longueur  $1/2$ , et se rejoignent toutes à l'une de leurs extrémités formant ainsi le centre d'un réseau. Une masse  $N/2$  de consommateurs est uniformément répartie sur l'ensemble du réseau. Un consommateur situé sur une ligne  $i$  à distance  $x_i$  de l'extrémité aura une utilité  $U = v - x_i - p_i$  si il achète le produit  $i$ , et  $U = v - (1 - x_i) - p_j$  si il achète le produit  $j$ , son second choix étant déterminé aléatoirement et uniformément parmi les  $N - 1$  variétés restantes. Ce modèle permet de faire varier considérablement la structure du marché : il permet l'expansion du marché ( $N$  augmente) et l'étude d'oligopoles mixtes (firmes multi-produits face à firmes mono-produit).

3. On définit ici un oligopole mixte comme une structure industrielle dans laquelle des firmes mono-produit

l'équilibre seul un petit nombre de firmes multi-produits peut survivre. Ainsi pour [Caminal and Granero \(2012\)](#), les économies de gamme sont indispensables à l'émergence des firmes multi-produits.

## Formation des prix et pouvoir de marché

Dans leur article précurseur, [du Montcel and Soulié \(1978\)](#) soulignent que longtemps, la théorie économique ne s'est penchée que sur la mono-production, et que comprendre le processus de formation des prix pour une firme multi-produits nécessite de prendre en compte toute la complexité des liens existants entre les différents produits. Leur modèle étudie 3 types de liens possibles entre 2 biens, à la fois pour la firme multi-produits (monopole) et pour la demande : les biens peuvent être *indépendants*, *substituables* ou *complémentaires*. Pour la demande, ces liens sont traduits par des fonctions de demande qui dépendent des prix des deux biens :  $q_A = f_A(p_A, p_B)$  et  $q_B = f_B(p_A, p_B)$ , pour deux produits  $A$  et  $B$  respectivement vendus au prix  $p_A$  et  $p_B$ . Les biens sont alors *substituables* si les élasticités croisées sont positives<sup>4</sup>, *complémentaires* dans le cas inverse, et *indépendants* lorsqu'elles sont nulles.

Pour le monopole multi-produits, ces liens se traduisent par une contrainte de production  $\Phi(q_A, q_B) = 0$  incarnant les liaisons technologiques entre les deux produits<sup>5</sup>. Ils montrent alors que de façon très générale, la politique de prix de la firme multi-produits ne peut pas être considérée comme la simple addition de deux firmes vendant chacune un produit. Lorsque par exemple les biens sont *indépendants* pour la production et *substituables* (respectivement *complémentaires*) pour la demande, la politique optimale du monopole sera de définir des prix chacun au-dessus (respectivement en dessous) des prix pratiqués par deux monopoles indépendants produisant les deux biens.

[Eckel et al. \(2015\)](#) proposent de présenter les liens existants entre les produits pour la firme et leurs influences sur la formation des prix, par le biais des coûts marginaux de production. Pour  $\Omega$  un ensemble de biens  $i$  aux prix  $p(i)$  et aux coûts marginaux de production  $c(i)$ , avec une demande  $x(i)$  d'un consommateur représentatif, l'objectif de la firme est alors de maximiser son profit :

$$\Pi = \int_{i \in \Omega} [p(i) - c(i) - t]x(i)di$$

---

sont en concurrence avec des firmes multi-produits.

4. Cela se traduit par le fait que les signes des dérivées partielles  $\partial f_A / \partial p_A$  et  $\partial f_B / \partial p_B$  sont négatifs et les signes des dérivées partielles  $\partial f_A / \partial p_B$  et  $\partial f_B / \partial p_A$  sont positifs.

5.  $\partial \Phi / \partial q_A \times \partial \Phi / \partial q_B > 0$  indique une substituabilité technique, l'inverse une complémentarité technique.

Elle choisit à la fois son échelle et sa gamme de production, ainsi que les montants à investir pour améliorer la qualité de ses différents produits. Ils reprennent alors l'hypothèse formulée par [Eckel and Neary \(2010\)](#) selon laquelle les coûts marginaux  $c(i)$  représentent les *cœurs de compétence* de la firme ; plus ceux-ci sont faibles, plus ils sont proches de ce *cœur de compétence*, permettant plus de flexibilité dans la production. Deux effets incitatifs ont des implications opposées dans la formation des prix : puisque les produits les plus proches du *cœur de compétence* ont des coûts plus faibles, la firme en produit plus, ce que les auteurs appellent la *compétence basée sur les coûts*, ce qui a pour conséquence de faire baisser les prix. Mais la firme a également une incitation à améliorer la qualité de ses produits à bas coûts de production, c'est la *compétence basée sur la qualité*. La conclusion d'[Eckel et al. \(2015\)](#), confirmée par une étude empirique sur des usines mexicaines, est alors que plus les biens sont différenciés pour la demande, plus l'effet de *compétence basée sur la qualité* l'emporte et ainsi les prix diminuent à mesure que l'on s'éloigne du *cœur de compétence*.

Il est à noter que l'immense majorité des articles que nous présentons ici étudient la politique de prix optimale pour la firme multi-produits dans un contexte donné. Même si les résultats de ces articles diffèrent sensiblement suivant les hypothèses retenues, le résultat de [du Montcel and Soulié \(1978\)](#) reste commun à l'ensemble de la littérature : la politique de prix d'une firme multi-produits ne peut se confondre avec l'addition de la politique de prix de plusieurs firmes mono-produit.

La littérature économique, et en particulier en économie industrielle, s'est penchée depuis longtemps sur la notion de *pouvoir de marché* des firmes, c'est-à-dire la capacité de ces dernières à proposer une tarification au-delà des coûts marginaux de production, et ce dans le but d'extraire le maximum de surplus aux consommateurs. Une question intéressante ici est de savoir alors si la firme multi-produits peut ou non utiliser sa gamme de produits pour augmenter ce *pouvoir de marché*.

[Giraud-Héraud et al. \(2003\)](#) proposent un modèle de compétition entre une firme multi-produits et plusieurs firmes mono-produit. Ces auteurs montrent comment la firme multi-produits va utiliser son *pouvoir de marché* sur ses niches en mettant en place une tarification asymétrique entre ses différents produits. Leur modèle est une extension du cercle de [Salop \(1979\)](#) : le marché est représenté par un cercle de longueur 1, et les consommateurs sont uniformément répartis sur son périmètre, tout comme les  $N$  marques (ou produits) proposés. Les auteurs supposent qu'une firme détient  $n$  marques parmi  $N$ , et placées côte à côte sur un segment entier du marché, les  $N - n$  marques restantes étant possédées par  $N - n$  firmes

mono-produits. Les coûts de production sont supposés nuls.

Comme dans les modèles classiques de [Salop \(1979\)](#), la demande ne dépend que du prix des biens et de leur nombre. Cette dernière est déterminée par l'emplacement de chaque consommateur indifférent entre deux marques adjacentes, et est exprimée par :

$$D_i(p) = \frac{1}{N} + \frac{N}{2}(-2p_i + p_{i-1} + p_{i+1})$$

Chaque firme mono-produit maximise son profit, tandis que la firme multi-produits maximise son profit joint sur ses  $n$  marques, l'équilibre de Bertrand-Nash étant alors déterminé par les meilleures réponses en prix de tous les concurrents. A l'équilibre, la stratégie optimale de la firme multi-produits sera la suivante : fixer ses prix les plus bas sur les deux biens situés aux frontières du segment de marché contrôlé, et ceci dans le but de protéger la gamme de produits de la concurrence des deux firmes mono-produit également situées sur cette frontière. Une fois protégée de la concurrence sur ses autres produits, la firme multi-produits utilise son *pouvoir de marché* en augmentant ses prix à mesure qu'elle se rapproche du centre de sa gamme. Le prix est maximum pour le bien situé en  $n/2$ , ce bien étant le plus profitable de toute la gamme.

Une autre implication intéressante du modèle de [Giraud-Héraud et al. \(2003\)](#) est que les firmes mono-produits situées sur la frontière de la gamme de la firme multi-produits réalisent un profit plus élevé que les firmes mono-produit éloignées de cette gamme : ces firmes jouent les *passagers clandestins* en bénéficiant d'une *externalité positive* dû à la présence de la firme multi-produits. Ce résultat est également montré chez [Parenti \(2018\)](#), où dans un modèle d'oligopole mixte, i.e plusieurs firmes multi-produits face à plusieurs firmes mono-produit <sup>6</sup>, les firmes mono-produit situées à la frontière de la gamme des grandes firmes bénéficient des comportements stratégiques de ces dernières. En effet, les grandes firmes utilisent leur *pouvoir de marché* pour fixer des prix plus élevés sur toute leur gamme, ce qui relâche l'effet de compétition pour les petites firmes situées à la frontière. Tout comme [Caminal and Granero \(2012\)](#), [Parenti \(2018\)](#) montre que la présence d'économies de gamme est indispensable pour la coexistence des firmes multi-produits à l'équilibre.

Notons enfin que pour [Ottaviano and Thisse \(1999\)](#), ce *pouvoir de marché* augmente avec la largeur de gamme d'une firme, créant une incitation supplémentaire à la diversification.

---

6. L'auteur décrit cette situation comme "David contre Goliath"

## Équilibre en gamme de produits dans un contexte sans entrée

Nous nous intéressons ici à la concurrence en gamme de produits (*product line rivalry*) entre plusieurs firmes multi-produits concurrentes sur plusieurs marchés. L'objectif est d'étudier les équilibres stratégiques entre firmes pour ce qui concerne leur portefeuille de produits. La section suivante portera sur le choix d'un portefeuille d'une firme en place face à un entrant potentiel.

L'article précurseur de cette question est celui de [Brander and Eaton \(1984\)](#). Ces derniers considèrent deux firmes en concurrence, chacune produisant deux biens. Les quatre produits du marché sont classés par ordre de substitution deux-à-deux :  $\{1; 2; 3; 4\}$ . [Brander and Eaton \(1984\)](#) utilisent les fonctions de demande inverses et définissent la proximité des substituts à l'aide des dérivées croisées de ces fonctions. Le prix et la quantité du bien  $i$ ,  $i \in \{1; 2; 3; 4\}$ , sont respectivement  $p^i$  et  $x^i$ . La fonction de demande inverse est ainsi  $p^i = p^i(x^1, x^2, x^3, x^4)$ , et  $p_j^i < p_k^i$  lorsque  $i$  et  $j$  sont des substituts plus proches que  $i$  et  $k$ . Chacune des deux firmes se place alors sur deux des quatre segments de marché. Deux structures d'équilibre sont alors possibles : soit  $\{1; 2\}$  et  $\{3, 4\}$ , on parle alors de marché *segmenté*, soit  $\{1; 3\}$  et  $\{2, 4\}$ , chaque firme voit ses produits encadrés par sa rivale, et on parle alors de marché *entrelacé*. Si les choix sont faits séquentiellement, l'équilibre de Nash est la structure segmentée. Si les choix sont faits simultanément, l'équilibre de Nash peut être l'une des deux structures, mais la menace potentielle d'un nouvel entrant rend le schéma d'entrelacement plus profitable pour les deux firmes que celui de la segmentation. Nous reviendrons sur ce point dans la section suivante.

Plusieurs articles ont repris par la suite le modèle de [Brander and Eaton \(1984\)](#) pour tenter de comprendre comment la structure du marché est influencée par la concurrence en gamme de produits des firmes, citons en particulier [Shaked and Sutton \(1990\)](#) et [Dobson and Waterson \(1996\)](#). Ces deux articles diffèrent sur deux points fondamentaux : chez [Shaked and Sutton \(1990\)](#) la demande ne dépend que des caractéristiques intrinsèques des produits, et il n'y a pas d'économies de gamme. En revanche, [Dobson and Waterson \(1996\)](#) supposent que les produits se différencient également par leur provenance<sup>7</sup> en plus de leurs caractéristiques, et les deux firmes peuvent réaliser des économies de gamme.

Chez [Shaked and Sutton \(1990\)](#) deux variétés d'un bien<sup>8</sup> peuvent être produits par deux

---

7. [Mañez and Waterson \(2001\)](#) illustrent cette situation en expliquant que "certains consommateurs préféreront acheter de la margarine X chez Sainsbury plutôt que chez Tesco". [Fudenberg and Tirole \(2000\)](#) appelle ce phénomène la *préférence idiosyncratique* du consommateur.

8. Les auteurs étendent leur analyse à 3 biens, nous ne présentons ici leurs résultats ne concernant que deux biens.

firmes. Les différents équilibres en profits peuvent être donc :  $\pi(2, 0)$ ,  $\pi(1, 1)$  et  $\pi(1, 0)$ , où  $\pi(k, l)$  représente les profits d'une firme proposant  $k$  produits quand sa rivale en propose  $l$ . Introduire un produit a un coût  $\epsilon$  pour les firmes. Les auteurs supposent que (i) la situation du monopole mono-produit est rentable ( $\pi(1, 0) > \epsilon$ ), (ii) l'introduction d'un nouveau bien augmente le profit d'un monopole ( $\pi(2, 0) > \pi(1, 0)$ ), (iii) la monopolisation du marché augmente le profit total ( $\pi(2, 0) > 2\pi(1, 1)$ ).

Deux effets vont alors expliquer l'équilibre de marché : *l'effet d'expansion*, qui mesure l'augmentation relative du profit pour un monopole lorsqu'il introduit un nouveau bien :

$$E = \frac{\pi(2, 0) - \pi(1, 0)}{\pi(1, 0)}$$

Et *l'effet de compétition*, qui mesure la différence relative des profits de l'industrie entre une situation de monopole et de duopole :

$$C = \frac{\pi(2, 0) - 2\pi(1, 1)}{\pi(1, 1)}$$

Les auteurs montrent alors que l'équilibre de marché dépend du degré de substitution entre les deux biens, noté  $\sigma$ <sup>9</sup>. Par exemple lorsque le jeu est simultané et que  $C$  et  $E$  sont faibles, l'équilibre fragmenté  $(1, 1)$ , correspondant à deux firmes monoproduits, prévaut. Lorsque  $C$  et  $E$  sont forts, l'équilibre est un monopole multi-produit  $(2, 0)$ . Or, [Shaked and Sutton \(1990\)](#) montrent que  $C$  et  $E$  dépendent fortement de  $\sigma$  : lorsque le degré de substitution des produits est très faible, *l'effet de compétition* tend vers 0 et *l'effet d'expansion* est à son maximum. Lorsque les biens sont des substituts parfaits, *l'effet de compétition* tend vers l'infini et *l'effet d'expansion* vers 0, et cette dernière situation crée une très forte incitation à monopoliser le marché et à ne produire qu'un seul bien. Ainsi l'équilibre du marché dépend avant tout du degré de substituabilité entre les biens. Lorsqu'il est très élevé, l'équilibre est un monopole mono-produit. Lorsqu'il est intermédiaire, le marché est fragmenté en un duopole de deux mono-produit. Lorsqu'il est très faible, soit le marché reste fragmenté, soit l'équilibre est alors un monopole multi-produits. Enfin les auteurs montrent que lorsque le degré de substituabilité des biens prend des valeurs intermédiaires, il n'y a pas de stratégie de préemption de la firme en place et le marché est fragmenté. Ainsi la contribution principale de [Shaked and Sutton \(1990\)](#) a été de formaliser l'influence de la substitution des produits

---

9. Cet indice provient de la fonction d'utilité du consommateur représentatif. Pour  $n$  variétés en quantités  $(x_1, \dots, x_n)$  cette utilité est :  $U(x_1, \dots, x_n) = \sum_i (\alpha x_i - \beta x_i^2) - \beta \sigma \sum_{i < j} x_i x_j + Y - \sum_i p_i x_i$ , avec  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$  et  $0 \leq \sigma \leq 2$ .

sur l'équilibre de la structure du marché. Cette différenciation entre les biens va donc avoir une influence déterminante à la fois pour les incitations des firmes à étendre leurs gammes (si on considère que chaque firme a une gamme) mais également pour la compétition entre les firmes. Par exemple [Ottaviano and Thisse \(1999\)](#) montrent que la largeur de la gamme de produits des firmes augmente avec le degré de différenciation des produits, tandis que pour [Mazzeo \(2002\)](#) les firmes multi-produits vont chercher à se différencier au maximum, en offrant des produits moins substituables à ceux de leurs concurrents.

[Dobson and Waterson \(1996\)](#) proposent une analyse plus fine de l'influence de la différenciation des produits sur la structure du marché. Ils reprennent le modèle de [Shaked and Sutton \(1990\)](#) en supposant que la différenciation des biens repose sur deux paramètres : un paramètre  $\gamma$  qui traduit la *compétition inter-produit* qui ne dépend que des caractéristiques intrinsèques ( $\gamma > 0$  pour deux produits substituables,  $\gamma < 0$  pour deux produits complémentaires), d'autre part la *compétition intraproduit*  $\beta$ , qui traduit, pour un produit donné, la préférence des consommateurs pour un distributeur en particulier ( $\beta = 0$  indique une indifférence du consommateur pour le détaillant,  $\beta > 0$  indique une substituabilité entre les détaillants). Leur analyse montre qu'en l'absence d'économie de gamme, lorsque ces deux paramètres sont élevés, l'équilibre du marché est la structure  $(1, 0)$  (monopole spécialisé). *A contrario* lorsque les valeurs de ces paramètres sont faibles, l'équilibre du marché devient la structure  $(2, 2)$ , soit un duopole multi-produits. Enfin la situation d'un duopole de deux firmes mono-produit  $(1, 1)$  apparaît lorsque la *compétition inter-produit* augmente, même si la *compétition intra-produit* est très élevée. Contrairement à [Shaked and Sutton \(1990\)](#), ils introduisent ensuite la possibilité pour les firmes de réaliser des économies de gamme. Lorsque celles-ci sont prises en compte, leurs effets dominant et comme attendu, la structure de diversification  $(2, 2)$  devient beaucoup plus probable.

## La gamme de produits comme stratégie de préemption

Parmi les considérations stratégiques des firmes lors de leurs choix en gamme de produits, les *stratégies de préemption* ont reçu une attention particulière dans la littérature. L'idée principale derrière ce type de stratégies est d'utiliser sa gamme de produits comme barrière à l'entrée pour un éventuel nouveau compétiteur. D'une manière très générale, la littérature en économie industrielle considère que le profit d'une firme dans un oligopole décroît avec le nombre de ses concurrents ([Tirole, 1988](#); [Belleflamme and Peitz, 2010](#)). Les firmes ont dès



lors de fortes incitations à créer des barrières à l'entrée pour limiter le degré de concurrence sur le marché. Utiliser sa gamme de produit comme barrière à l'entrée peut s'effectuer de plusieurs manières : en l'augmentant agressivement, ce qui correspond à une stratégie de *prolifération*, ou en ciblant des segments particuliers en fonction de la concurrence.

Schmalensee (1978) montre par exemple qu'une stratégie de *prolifération* peut être une stratégie de *préemption*. Il s'agit alors pour la firme en place d'augmenter agressivement le nombre de biens de sa gamme, de sorte qu'un nouvel entrant ne puisse réaliser un profit positif. L'équilibre de Nash montre que les firmes ont alors plus intérêt à produire des biens moins substituables, et donc réduire leurs économies d'échelle, dans le but de se prévenir d'un nouvel entrant. L'idée est la suivante : si les firmes sont placées dans un espace séparé d'une distance  $d$ , que toutes vendent au même prix, alors leur profit est proportionnel à  $d$ . Un nouvel entrant se placera entre deux firmes et aura un revenu de  $d/2$ . En situation de collusion, les firmes peuvent choisir  $d$  tel que  $d/2$  soit inférieur au coût fixe d'entrée sur le marché mais suffisamment grand pour conserver une marge, et ainsi créer une barrière à l'entrée.

Putsis Jr and Bayus (2001) indiquent que lorsque les barrières à l'entrée du marché sont faibles (peu de produits, industrie peu concentrée) les firmes ont tendance à user de stratégies de *prolifération* comme barrière à l'entrée. Il est important de souligner que cela a un effet bénéfique quant au nombre de variétés proposées sur le marché : le degré de variété sera plus important pour un monopole menacé par des nouveaux entrants potentiels en comparaison d'un monopole qui ne subit pas une telle menace.

*A contrario*, Mayer *et al.* (2014) montrent que lorsque l'intensité de la concurrence augmente, les firmes ont tendance à restreindre leur gamme sur leur cœur de compétence (résultats similaires chez Bernard *et al.* (2010), et Lacovone and Smarzynska Javorcik (2008)), les stratégies de *prolifération* devenant impossibles.

La constitution de la gamme de produits peut également représenter une barrière à l'entrée en elle-même. Comme nous l'avons vu précédemment, le schéma d'entrelacement chez Brander and Eaton (1984) rend le marché impénétrable pour un nouvel entrant. Pour Shaked and Sutton (1990) la stratégie de *préemption* ne prévaudra que si les biens sont très peu substituables entre eux, tandis que pour Dobson and Waterson (1996) ce type de stratégie arrivera si le jeu est séquentiel et que la firme en place peut jouir d'économies de gamme.



## Analyses empiriques

Cette partie va couvrir quelques résultats d'analyses empiriques sur les firmes multi-produits. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les études théoriques sur le sujet reconnaissent la grande complexité du comportement de la firme multi-produits dans son ensemble. Une multitude de paramètres est à prendre en compte, dont certains ont des effets ambigus sur le profit des entreprises, comme, par exemple, l'impact d'un renforcement de la concurrence. Une difficulté supplémentaire s'ajoute pour l'économètre : il est très difficile d'obtenir des données fiables au niveau de la firme. En effet, à de rares exceptions près (voir [Eckel \*et al.\* \(2015\)](#)), les paramètres clés de la production (coûts marginaux, coûts fixes) sont indisponibles. En revanche, il est possible d'observer les gammes de produits des firmes et surtout leurs évolutions dans le temps. Ces observations, nécessitant une analyse en données de panel, permettent alors de capturer certaines stratégies des firmes d'une année sur l'autre, en observant la ré-allocation des produits dans le portefeuille des firmes.

[Bernard \*et al.\* \(2010\)](#) considèrent cette approche. Dans leur étude, basée sur un panel de portefeuilles de produits des entreprises manufacturières américaines entre 1987 et 1997, ils observent les changements en gamme de produits des firmes, et leurs impacts sur les résultats de l'entreprise (chiffre d'affaires, nombre d'employés etc..). Selon eux, quatre types de stratégies simples de ré-allocation des produits sont possibles : soit ne rien faire (*stratégie d'inertie*), soit retirer des produits (*stratégie de concentration d'activité*), soit ajouter des produits (*stratégie de prolifération*), soit enfin les deux à la fois. Ils constatent que l'ajout de produits est associé à une augmentation de la taille de l'entreprise (qu'elle soit mesurée par la production ou l'emploi) ainsi qu'à la main-d'œuvre. De même, ils constatent que la baisse de produits est associée à une diminution de la taille de l'entreprise. Enfin, ils concluent que les entreprises ajoutent et retirent des produits avec une intensité et une fréquence surprenantes. En moyenne, 54 % des entreprises manufacturières américaines modifient leur gamme de produits tous les cinq ans, et ces ajustements amènent en moyenne 41 % des entreprises à entrer dans de nouvelles industries ou à en sortir.

[Putsis Jr and Bayus \(2001\)](#) s'intéressent également aux déterminants qui poussent les firmes à modifier leur gamme de produits. S'appuyant sur l'industrie des ordinateurs personnels aux États-Unis sur la période 1981-1992, ils étudient les variables qui influencent le choix d'une firme pour restreindre ou augmenter son portefeuille de produits. Ils utilisent un modèle probit ordonné standard, dans lequel la probabilité de restreindre, ne pas changer ou augmenter sa gamme de produits dépend de variables de marché (croissance annuelle du marché, nombre de nouveaux produits introduits, indices de concentration) et de variables

intrinsèques à la firme (âge, part de marché). Leurs résultats mettent en évidence deux effets qui mènent les firmes à étendre leur gamme : lorsque les barrières de l'industrie sont faibles (peu de nouveaux produits introduits sur le marché et faible concentration de l'industrie), et lorsque les firmes jouissent d'opportunités de marchés importantes, comme par exemple lorsqu'elles disposent de parts de marché conséquentes.

De nombreuses études empiriques récentes se sont intéressées aux gammes de produits des firmes dans un contexte de concurrence internationale, et à l'effet de l'ouverture à la concurrence sur la gamme de produits. Par exemple, [Bernard \*et al.\* \(2010\)](#) montrent que les firmes américaines avaient restreint leur nombre de produits à l'export suite à une série d'accords de libre-échange initiés dans les années 1980. [Lacovone and Smarzynska Javorcik \(2008\)](#) montrent un résultat similaire pour le Mexique : à la suite de la mise en application de l'ALENA en 1994, les firmes mexicaines ont exporté de plus en plus leurs produits de meilleures performances, recentrant leurs activités sur leur cœur de compétence, et réduisant leur portefeuille de produits. De même, [Mayer \*et al.\* \(2014\)](#) développent un modèle de firmes multi-produits dans lequel les firmes peuvent exporter une part de leur production dans des espaces géographiques différents, et l'appliquent au cas des entreprises exportatrices en France. Ils montrent que le choix de la gamme de produits est dirigé par l'intensité de la compétition, et que comme précédemment les firmes françaises concentrent leurs exportations sur leurs produits les plus performants lorsque les marchés à l'export sont grands, et que la présence de compétiteurs étrangers y est importante. *A contrario*, [Lelarge and Nefussi \(2010\)](#) montrent que face à la concurrence des pays du sud, c'est-à-dire de firmes à bas coût de production, les entreprises exportatrices françaises sont significativement plus diversifiées que celles opérant sur le seul marché local : elles modifient davantage et plus souvent leur gamme de produits.

Enfin, [Mazzeo \(2002\)](#) propose un modèle de différenciation de produits dans une structure de marché oligopolistique. Reprenant le modèle de [Shaked and Sutton \(1990\)](#), il montre que lorsque les firmes choisissent leur gamme de produits, deux mécanismes déterminent la structure d'équilibre du marché : chaque entrée de firme et sa décision de se placer sur un type particulier de produit, et comment ces choix affectent les autres firmes sur le marché. Il définit trois types de produits (haut, médium, bas) différenciés par leur qualité, et applique son modèle au marché des motels sur les autoroutes des États-Unis. Il incorpore des variables de demande (population, trafic, type de région) et des variables de marché (présence de concurrents sur les trois types possibles de motels). Conformément aux prédictions de son

modèle théorique, il montre que les firmes cherchent à offrir des produits différents de leurs concurrents, l'effet négatif d'un compétiteur sur la fonction de profit étant doublé lorsque les produits sont identiques. Deuxièmement, les caractéristiques de la demande ont dans la plupart des cas des effets qui surpassent largement les effets liés à la compétition entre firmes. En effet, les coefficients des effets de la demande, comme la population de la ville la plus proche du motel ou le trafic journalier sur l'autoroute sont nettement plus significatifs et élevés que la présence ou l'ajout d'un compétiteur. Ainsi, ces effets liés à la demande peuvent être suffisamment forts dans certains cas pour désinciter les firmes à la différenciation, et créent des marchés peu différenciés.

## **Conclusion**

L'étude du comportement de la firme multi-produits est complexe et continue à poser des challenges aux économistes industriels. En effet, la constitution d'un portefeuille de produits nécessite la prise en compte simultanée des caractéristiques de la demande, de la production et de la concurrence. Or, ces trois facteurs génèrent des effets ambigus. Par exemple, une augmentation de la taille de marché incite les firmes à proposer plus de variétés de produits, mais aura également tendance à augmenter la concurrence, ce qui peut avoir comme effet une restriction de la variété. Il en va de même concernant la baisse des coûts de production : augmenter les économies de gamme incite les firmes à se diversifier, mais réduit dans le même temps les barrières à l'entrée de l'industrie et augmente donc la compétition. De plus, les études empiriques se heurtent à la difficulté d'obtenir des données au niveau des firmes, en particulier au niveau de leurs productions, rendant particulièrement difficile l'observation de résultats de la littérature théorique.

## 1.3 Données et statistiques descriptives

### 1.3.1 Données

*Plusieurs sources statistiques ont été assemblées dans le cadre de cette étude :*

- *Semence et Progrès : catalogue professionnel français trimestriel présentant l'offre des firmes en semences de grandes cultures.*

- *DISAR : source de données fournie par le ministère français de l'agriculture qui donne les surfaces cultivées par espèces sur le sol français.*

- *GNIS<sup>10</sup> : enquêtes sur les pratiques culturales donnant la proportion de semences de fermes pour chaque culture.*

Notre analyse se porte sur les trois années 2001, 2006 et 2011 sur 20 cultures. Nous considérons qu'un marché correspond à une espèce (ou culture agricole), nous étudions donc 20 marchés différents. Ces sources de données ont été appareillées sur la variable marché, cependant les nomenclatures suivant les sources sont différentes, en conséquence nous avons dû procéder à des regroupements que nous détaillons en annexe. Nous n'avons retenu que ces 20 cultures et avons exclu les autres espèces car ne disposant pas de toute l'information nécessaire à notre estimation statistique, comme la disponibilité du nombre de variétés proposées ou les surfaces cultivées. Par exemple, les cultures fourragères n'ont pas été retenues parce que le détail de leurs surfaces par espèce n'est pas fourni par DISAR, et pour la pomme de terre, toutes les variétés ne sont pas dans *Semences et Progrès*.

L'activité agricole est une activité saisonnière, avec une saison de production par an, et donc une seule période d'achat de semence par an. En conséquence, le catalogue d'une firme ne change que d'une année à l'autre.

### Gamme de produits des entreprises semencières

La principale source statistique utilisée dans notre étude provient de *Semences et Progrès*. Elle nous permet de définir de façon exhaustive la gamme de produits des semenciers sur le marché français. Ce portefeuille est ainsi défini par le nombre de variétés différentes proposées à la vente par chaque firme et sur chaque marché. A titre d'exemple, Caussade semence, société française indépendante qui crée et met en marché des semences pour les grandes cultures, proposait à la vente en 2001 : 55 variétés de maïs, 3 de blé tendre d'hiver, 6 de

---

10. Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants

colza, 2 d'orge d'hiver, 12 de tournesol et 1 de blé tendre de printemps. Elle se plaçait ainsi sur 6 marchés, proposant plus ou moins de variétés pour chaque culture.

A partir de ces données, il est donc possible de définir la présence ou non de chaque firme sur les différents marchés, mais aussi l'intensité de cette présence avec le nombre de produits proposé sur chaque marché. Chaque année, la firme peut renouveler sa gamme de produits en introduisant de nouvelles variétés, en retirant d'autres, en pénétrant un nouveau marché ou en quittant un autre. A moins de racheter en partie ou totalement la gamme d'une autre firme, introduire une nouvelle variété est un processus long, car il faut plusieurs années pour développer une nouvelle variété de semences. Par exemple, dans le cas du blé tendre, il faut au moins 7 ans entre le croisement initial de deux parents et la sortie variétale (GNIS).

Selon un rapport du GNIS<sup>11</sup>, les variétés ont des durées de vie moyennes (entre leur mise sur le marché et leur sortie du marché) assez variables, mais typiquement entre 3 et 8 ans<sup>12</sup>. Nous considérons dans notre étude qu'une durée de 5 ans est nécessaire pour qu'une firme ait renouvelé une bonne partie de sa gamme de produits. Ceci explique pourquoi nous avons considéré trois années espacées de 5 ans : 2001, 2006 et 2011. L'ensemble de notre échantillon est composé pour ces trois années de respectivement 57, 55 et 47 entreprises semencières pour un total de 1752, 1959 et 2179 variétés proposées.

Parmi les offreurs de semence répertoriés dans *Semence et Progrès*, certains sont des obtenteurs, c'est-à-dire celui qui détient le Certificat d'Obtention Végétal (COV), i.e celui qui détient le droit de propriété du produit et d'autres des représentants, celui qui la commercialise. Certains sont des filiales d'autres firmes semencières, ou encore ont été rachetées par une autre firme entre deux périodes étudiées. Nous avons donc regroupé ces informations pour déterminer quelles entreprises pouvaient être considérées comme tirant bénéfice de la vente du produit, et ainsi établir de façon exhaustive un catalogue de l'offre des firmes semencières.

## Surfaces cultivées et semences de ferme

La deuxième source statistique utilisée dans cette étude provient du ministère de l'agriculture avec la base de donnée DISAR. Cette base de donnée est constituée des surfaces cultivées par espèces sur le sol français pour les trois années étudiées. Cela nous permet de caractériser les marchés par leur taille. Nous mesurons alors la taille de marché de chaque culture comme étant sa surface cultivée réelle par rapport aux 20 autres cultures étudiées.

---

11. Indicateurs de biodiversité : flux variétal, segmentation et concentration du marché pour huit espèces de grandes cultures de 1985 à 2007.

12. Certaines variétés peuvent aller bien au-delà. Citons comme exemple la variété de blé tendre d'hiver "Soissons" mis en marché par Florimond-Desprez en 1988, et toujours commercialisée de nos jours.

Cependant, afin de spécifier entièrement la taille de marché réelle de chaque culture il est indispensable de décompter les semences de ferme. En effet, le privilège de l'agriculteur lui permet de prélever une partie de sa récolte pour réensemencer ses champs l'année suivante. Mais cela crée un effet économique négatif sur la taille de marché pour deux raisons (voir [Fugerey-Scarbel \*et al.\* \(2017\)](#)). D'une part en volume, car les semences de ferme diminuent mécaniquement la quantité de semences certifiées vendues. D'autre part en marge, car cette dernière est limitée pour l'obtenteur : il ne peut pas vendre beaucoup plus cher que le coût de production, sinon les agriculteurs vont choisir de faire leurs propres semences. C'est le cas par exemple pour les céréales à paille (espèces autogames). Ce phénomène ne concerne néanmoins pas les semences hybrides, dont la technologie de production ne permet pas une reproduction des variétés. Par ailleurs, la réglementation européenne n'autorise les semences fermières que pour 21 espèces. Parmi les espèces que nous considérons dans le cadre de notre travail, cela concerne : le blé tendre, le blé dur, l'avoine, l'orge, le riz, le seigle, le triticale, le colza et le pois. A titre d'exemple, les semences certifiées ne représentaient en 2011 que 56 % des surfaces cultivées pour le blé tendre d'hiver et 50 % pour le pois protéagineux de printemps.

Nous avons utilisé des données fournies par le GNIS<sup>13</sup> donnant la part des semences de ferme dans la surface cultivée totale, et soustrait cette part à la surface cultivée totale pour déterminer un indicateur de volume des ventes de semences certifiées. Dans toute la suite de cette étude les 20 cultures sont classées par ordre décroissant de taille de marché pour l'année 2001, allant du maïs (31,27 % des surfaces cultivées) au chanvre (0,08 % des surfaces cultivées), pour un total de plus de 10 millions d'hectares provenant de semences certifiées, couvrant plus d'un tiers de la surface agricole utilisée. En effet en 2011, 28 millions d'hectares étaient occupés par des activités agricoles en France<sup>14</sup>, dont 95 % en grandes cultures et prairies, réparties comme montré en figure 1.2.

### 1.3.2 Statistiques descriptives

*Nous présentons une série de statistiques descriptives sur les données utilisées. Pour les trois années nous indiquons : le nombre de variétés par culture, les fréquences cumulées du nombre de variétés et des surfaces cultivées, le nombre de firmes présentes sur un nombre plus ou moins grand de marché (entre 1 et 15), le nombre de firmes présentes sur chaque culture ainsi qu'un indice de type Herfindhal sur la concentration de l'offre mesurée à partir du*

---

13. par le biais d'enquêtes sur les pratiques culturales, il s'agit de notre troisième source statistique

14. [www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier21integral.pdf](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier21integral.pdf)

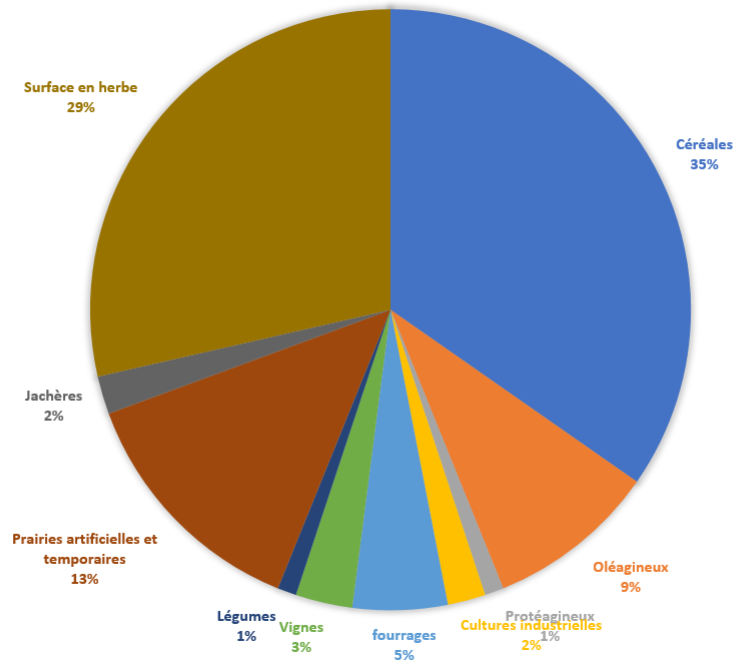


FIGURE 1.2 – Répartition des surfaces cultivées en France en 2011.

*nombre de produits. Enfin, nous proposons une Analyse en Composantes principales (ACP) permettant de mesurer la proximité entre certaines firmes et entre certaines cultures.*

### **Nombre de variétés par culture et taille de marché**

La figure 1.3 présente le nombre total de variétés en fonction des surfaces cultivées (indiquées en pourcentage) sur chaque marché. Le premier enseignement de ce tableau est que le nombre de variétés est croissant avec la surface cultivée : plus cette dernière est importante et plus les firmes vont proposer à la vente des variétés différentes. Deuxièmement, nous constatons que le maïs est sur-représenté en terme de variétés proposées. En effet, il existe 1020 variétés de maïs en 2011 pour 31,27 % de surface cultivée, contre par exemple 259 de blé tendre d’hiver pour 25,48 %. Enfin, mises à part quelques cultures comme la betterave sucrière ou fourragère, le nombre de variétés proposées augmente d’année en année.

Ces observations sont cohérentes avec la littérature économique, qui reconnaît que la taille de marché est un facteur incitatif clé quant à l’innovation et au nombre de produits mis en vente par les firmes (Acemoglu and Linn, 2004; Dubois *et al.*, 2015; Charlot *et al.*, 2015). Dès

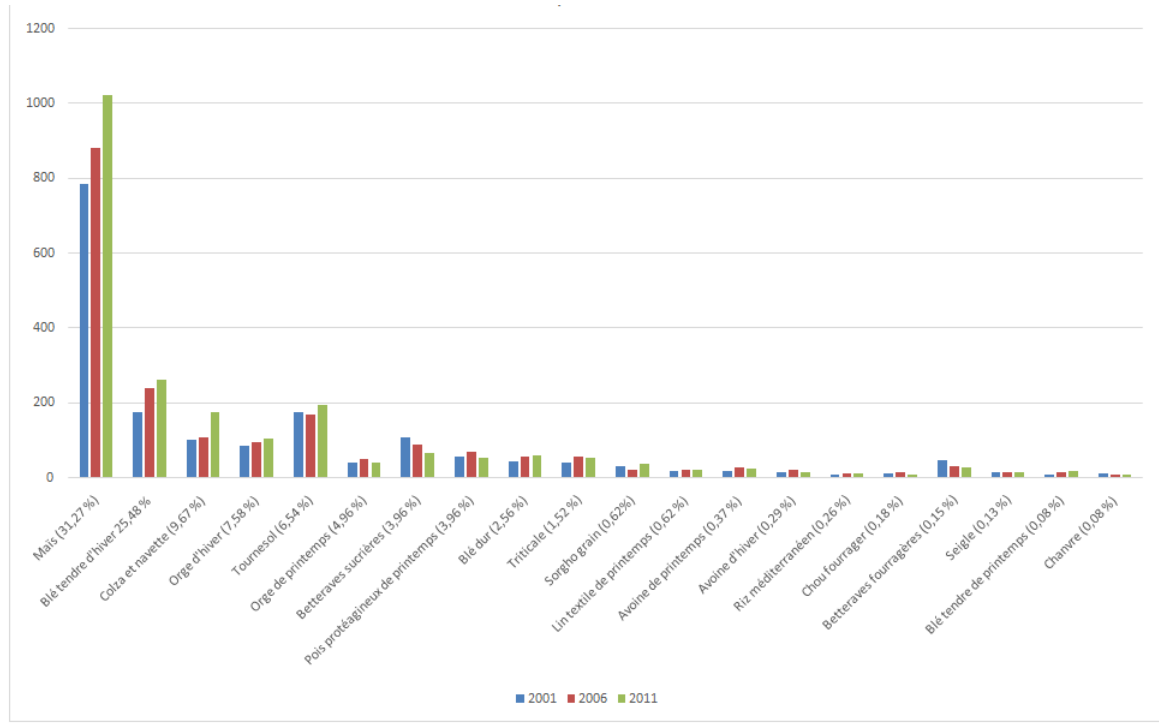


FIGURE 1.3 – Nombre total de variétés par culture et surfaces cultivées.

lors, et comme montré dans la figure 1.3, il est attendu que le nombre de variétés proposées à la vente soit plus élevé pour les marchés de grande taille. Cependant, il est intéressant de se demander si le ratio nombre de produit/taille de marché est plus grand pour les grands marchés. Nous présentons en figure 1.4 un nuage de points des 20 cultures avec en abscisse la taille de marché  $m$  et en ordonnée le nombre de variétés par surface cultivée  $N/m$  :

La courbe de tendance ainsi obtenue nous permet de constater que le rapport  $N/m$  peut s'écrire :  $N/m = \alpha m^\beta$ .  $\beta$  représente l'élasticité du ratio nombre de produits/taille de marché par rapport à la taille de marché. En effet, un passage en logarithme nous donne :

$$\ln(N/m) = \ln(\alpha) + \beta \ln(m)$$

Et ainsi  $\beta = \frac{\partial \ln(N/m)}{\partial \ln(m)}$ . Ici nous obtenons  $\beta = -0.46$  ( $R^2 = 0.85$ ), résultat proche de propriétés trouvées dans la littérature.



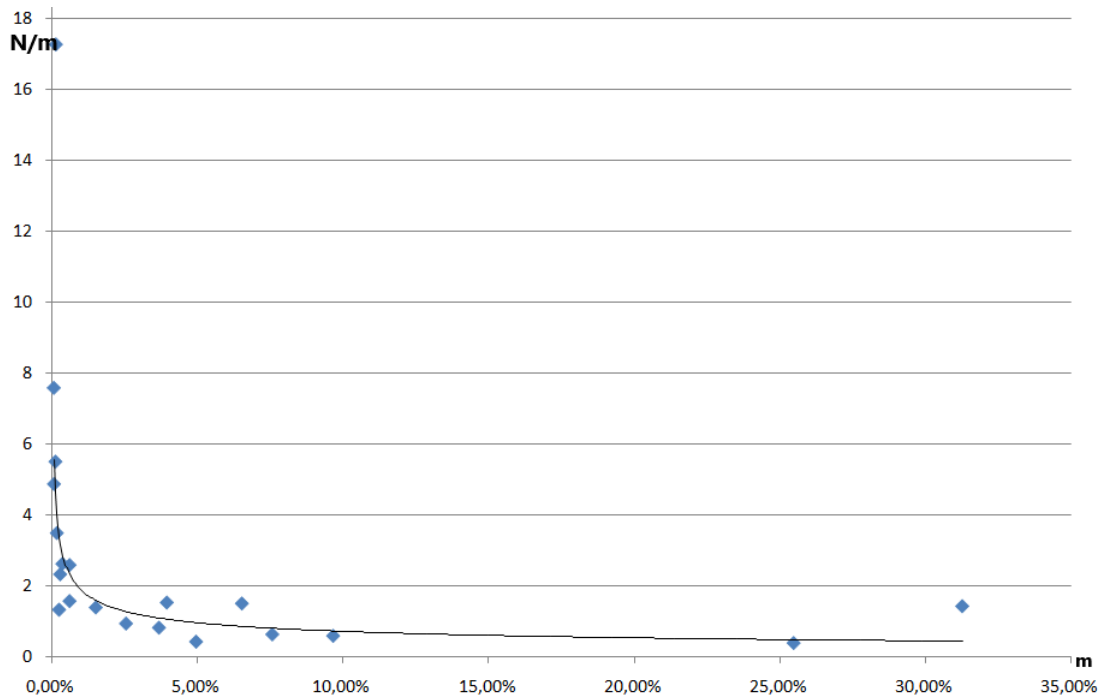


FIGURE 1.4 – Ratio nombre de produit/taille de marché en fonction des tailles de marchés.

Dubois *et al.* (2015) proposent par exemple un modèle *à la Salop*, dans lequel une masse  $m$  de consommateurs est uniformément distribuée le long du périmètre d'un cercle de longueur 1. Le long de ce cercle,  $N$  firmes sont placées à égales distances les unes des autres et peuvent proposer un unique produit en payant un coût fixe d'investissement  $K$  à un coût marginal égal à 0. Le marché est supposé couvert, de telle sorte que tous les consommateurs achètent un produit à l'une des firmes. Pour un coût de transport  $t$  dans la fonction d'utilité des consommateurs, le nombre de firmes, et donc le nombre de produits à l'équilibre proposé par les firmes est :

$$N^* = \sqrt{\frac{mt}{2K}}$$

Il s'agit d'une fonction croissante en fonction de  $m$  mais concave. Le nombre de produits augmente bien avec la taille de marché, mais cette augmentation est de moins en moins forte à la marge. Avec un tel modèle l'élasticité du nombre de produits par rapport à la taille de marché est de 0.5. En réécrivant cette dernière équation en terme de nombre de produits par taille de marché nous obtenons :

$$\frac{N^*}{m} = \sqrt{\frac{t}{2mK}}$$

Soit  $\beta = -0.5$ , très proche des  $-0.46$  que nous observons dans nos données.

D'une façon similaire, nous présentons en figure 1.5 les courbes de fréquences cumulées pour les surfaces et le nombre de variétés<sup>15</sup>. Il est ainsi attendu que la courbe des surfaces soit au dessus de celle des variétés. Sur le premier graphique de la figure 1.5 notre constat est bien celui-ci, et l'on peut voir que mise à part pour le maïs, les fréquences cumulées des surfaces sont au dessus de celles du nombre de variétés, ce qui aurait plutôt tendance à valider notre hypothèse. En réalité, seul le maïs est sur-représenté en terme de variétés : en 2011, 47 % du total des variétés proposées par les firmes était du maïs, alors que celui-ci ne représentait que 31,27 % de la surface cultivée, soit un ratio de 1,5. En enlevant le maïs de notre traitement dans le deuxième graphe de la figure 1.5, il apparait que la courbe des fréquences cumulées du nombre de variétés est systématiquement au dessous de celle des surfaces : **les firmes offrent, en proportion des surfaces cultivées, plus de produits pour les marchés de petite taille.**

Nous n'observons pas ainsi de disproportion offre/demande en faveur des cultures majeures (mis à part pour le maïs) au détriment des cultures orphelines. Si l'on définit par exemple une culture orpheline dans notre étude comme étant une culture dont la surface cultivée représente moins de 1 % de la surface cultivée totale, en 2011, 10 cultures peuvent être considérées comme "orphelines", soit la moitié de notre échantillon : le sorgo grain, le lin textile de printemps, l'avoine de printemps, l'avoine d'hiver, le riz méditerranéen, le chou fourrager, la betterave fourragère, le seigle, le blé tendre de printemps et le chanvre. Cumulées elles représentent 2,26 % de la surface cultivée, pour 7,6 % des variétés proposées. Par exemple l'avoine de printemps comptait pour 0.21 % de la surface cultivée, et 8 firmes proposaient un total de 22 variétés différentes, soit 1 % du nombre total de variétés toutes cultures confondues.

---

15. Les courbes présentées en figure 1.5 sont celles pour l'année 2011. Les résultats de 2006 et 2001 sont néanmoins identiques.

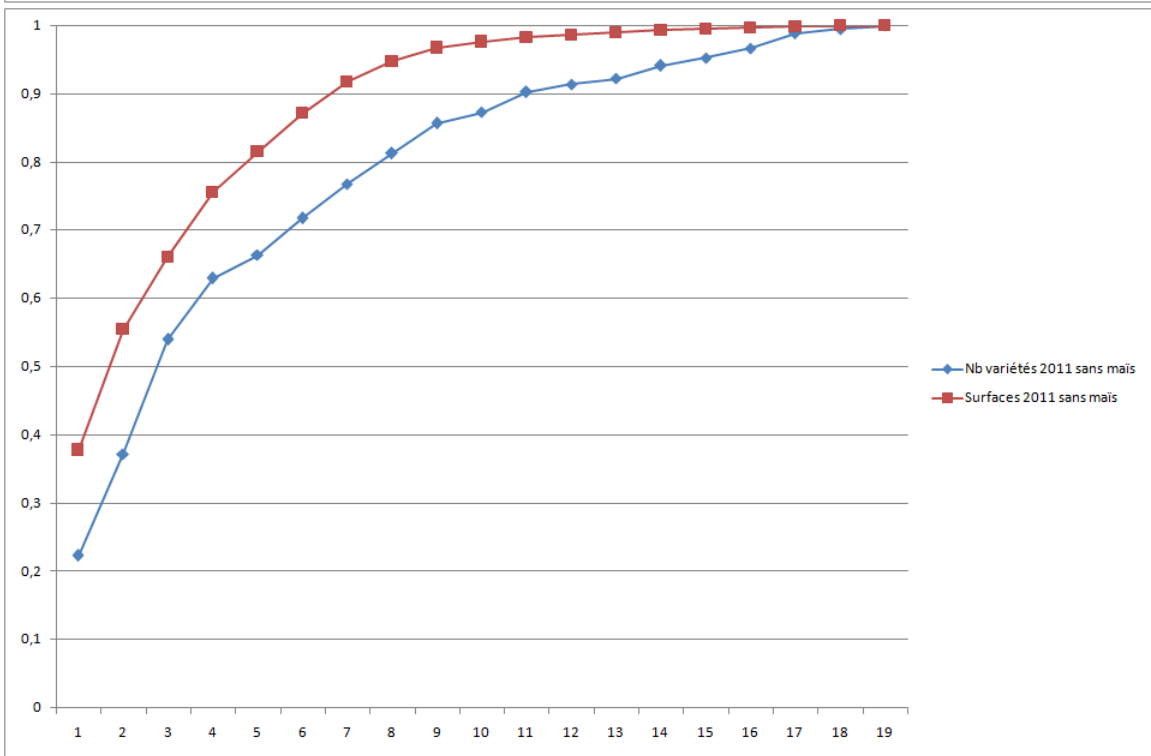
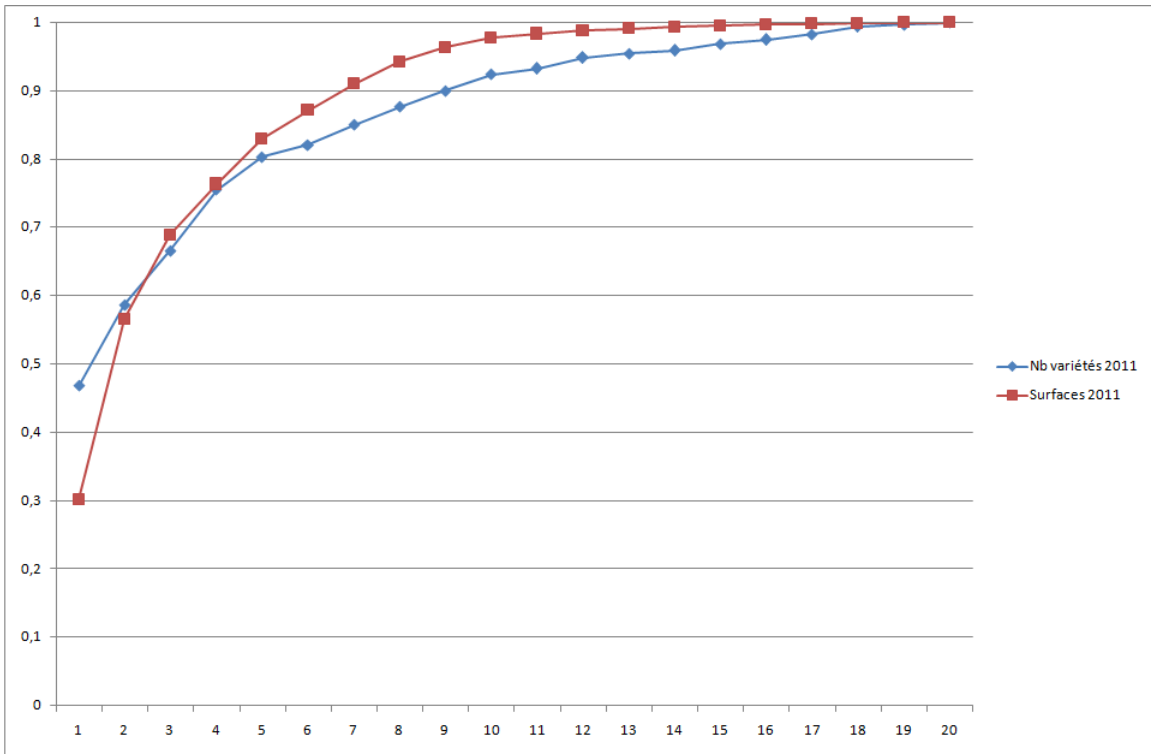


FIGURE 1.5 – Fréquences cumulées du nombre de variétés et des surfaces

## Concentration des marchés et intensité de la concurrence

Le degré de concurrence sur chaque marché est également un déterminant clé des gammes de produits des firmes. [Putsis Jr and Bayus \(2001\)](#) montrent par exemple qu'une augmentation de la pression concurrentielle a un impact positif sur la probabilité d'une firme de modifier sa gamme de produits. [Lelarge and Nefussi \(2010\)](#) montrent que la concentration des activités d'une entreprise, c'est-à-dire l'augmentation du poids de son produit le plus vendu dans son portefeuille, augmente significativement à mesure que la concurrence s'affaiblit. Nous cherchons dans cette section à mesurer ce degré de concurrence pour chaque culture et chaque année.

Premièrement, il s'agit d'observer le nombre de firmes proposant au moins une variété pour chaque culture, ce que nous présentons dans le premier diagramme de la figure 1.6. Cet indice, noté  $I_{jt}$ , mesure donc la structure simple de la concurrence sur chaque marché ([Mazzeo, 2002](#)) : monopole, duopole ou oligopole, comme proposé dans le tableau des hypothèses en première partie de cet article. Deuxièmement, il s'agit de créer un indice de concentration de chaque marché du type Herfindahl-Hirschmann (HHI) dans le but de mesurer le degré de concurrence sur chaque culture. Cependant, nous ne disposons pas de données sur les ventes par produit. Nous sommes donc contraints de mesurer le HHI à partir du nombre de produits de chaque firme, ce qui revient à supposer que les produits ont les mêmes ventes.

Pour chaque année  $t$  et chaque firme  $i$  ( $i \in \{1, \dots, I_t\}$ ), nous notons  $\omega_{ijt}$  le nombre de variétés proposées pour la culture  $j$  ( $j \in \{1, \dots, 20\}$ ).  $\omega_{jt}$  est alors le nombre total de variétés proposées pour la culture  $j$  à l'année  $t$ . L'indice HHI est alors calculé comme la somme des carrés des parts relatives de chaque firme pour chaque culture :

$$HHI_{jt} = \sum_{i=1}^{I_t} \left( \frac{\omega_{ijt}}{\omega_{jt}} \times 100 \right)^2$$

Cet indice varie de 0 à 10 000. Une faible valeur ( $\leq 1000$ ) indiquant un marché assez peu concentré, et donc assez concurrentiel, 10 000 indiquant le cas d'un monopole.

La figure 1.6 présente les deux indices  $I_{jt}$  et  $HHI_{jt}$  pour les 20 cultures étudiées et sur les trois années. Plusieurs éléments peuvent en être tirés. Premièrement, les marchés de cultures majeures sont tous des marchés assez peu concentrés, et donc assez concurrentiels, leurs indices HHI étant sous les 2000 points. La culture où prévaut la plus forte concurrence est le blé tendre d'hiver, avec plus de 20 firmes proposant des variétés et un indice HHI sous les 1000 points pour les trois années. Dans des proportions similaires, nous trouvons le maïs, l'orge

d'hiver ou encore la triticale. A quelques exceptions près les marchés d'espèces orphelines ont tous un degré de concurrence moindre : leurs indices HHI étant presque systématiquement au dessus des 2000 points. L'intensité de la concurrence semble donc augmenter avec la taille de marché.

Deuxièmement, il ne semble pas se dégager de tendance temporelle globale. Certains marchés voient leur degré de concurrence augmenter (Colza, blé dur, sorgho, blé tendre de printemps), d'autres diminuer (tournesol, chou fourrager) et d'autre stagner (blé tendre d'hiver, avoine d'hiver). Cependant, ces variations sont assez faibles, nous permettant de considérer que la concentration de chaque marché est relativement stable au fil des années.

Enfin 2 cas de monopoles sont observés. Celui du riz méditerranéen en 2011, où seul Semences de Provence proposait 9 variétés, et celui du chanvre pour les trois années<sup>16</sup>.

---

16. Le chanvre est un cas particulier de culture dans notre étude. En effet, la réglementation française impose une teneur en THC inférieure à 0,2 % pour les variétés de chanvre, et une seule coopérative, la Coopérative Centrale des Producteurs de Semences de Chanvre (CCPSC) est autorisée à produire des semences certifiées, donc en situation de monopole sur les trois années. Il est important de noter que l'utilisation de semences de ferme est rigoureusement interdite de manière à éviter de réaliser une culture qui ne remplirait pas les critères de production maximale autorisée de THC. Seules 9 variétés françaises (inscrites au Code de la Santé Publique) sont autorisées à la multiplication en France.

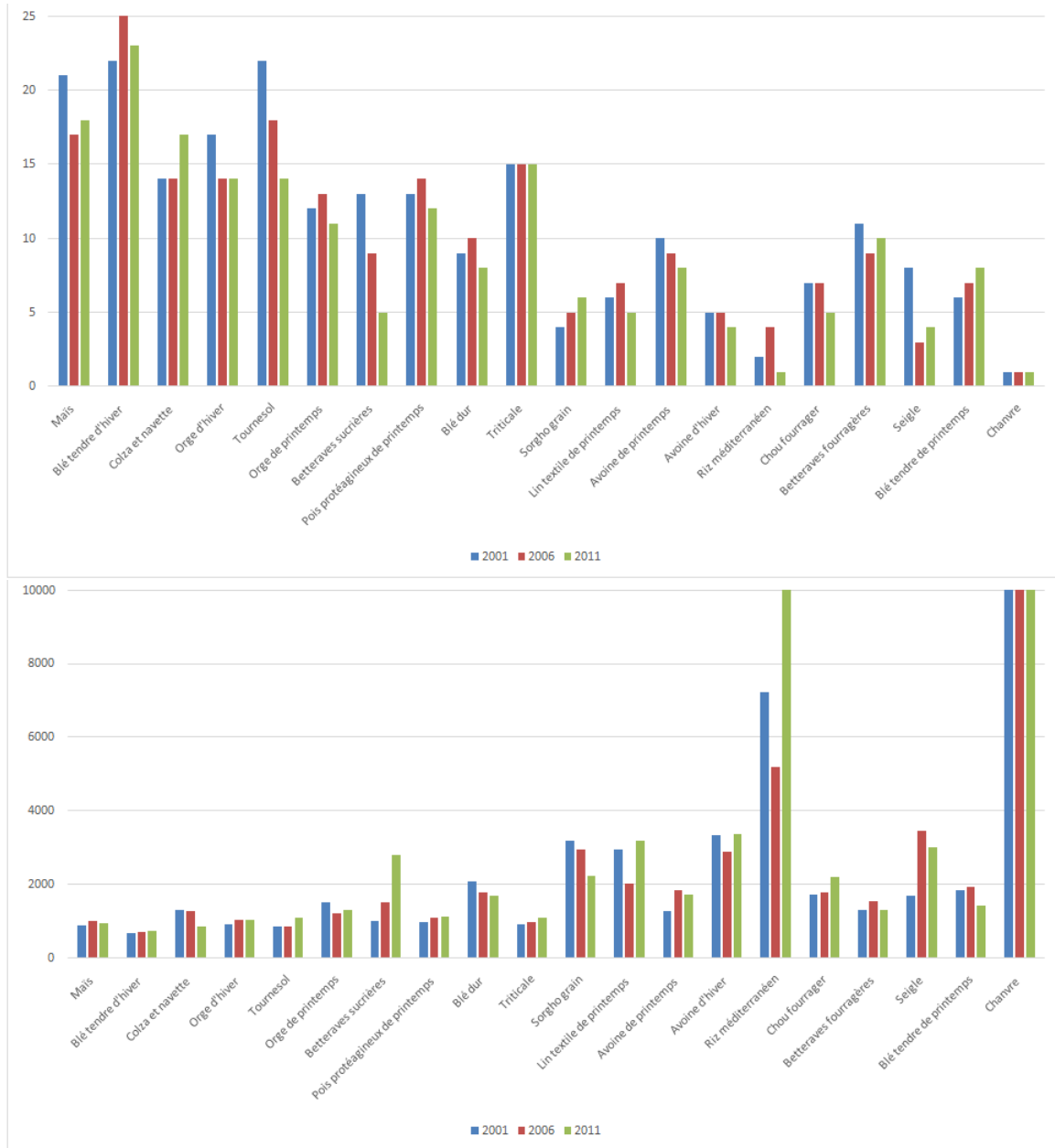


FIGURE 1.6 – Intensité de la concurrence : nombre de firmes présentes sur les marchés (en haut) et indice d’Herfindhal sur le nombre de produits (en bas).

## Firmes multi-produits

Comme souligné en première section, les firmes sont multi-produits parce qu'elles vendent plusieurs produits par marché et/ou parce qu'elles sont présentes sur plusieurs marchés. Une firme peut proposer plusieurs variétés mais n'être présente que sur une seule culture, comme par exemple Alpha Semence, qui proposait 3 variétés de betterave sucrière en 2006, mais était absente des autres cultures. Nous considérons dans notre étude qu'une firme est multi-produits si elle est placée sur plusieurs cultures différentes.

La figure 1.7 présente le nombre de firmes présentes sur 1 à 15 marchés différents :

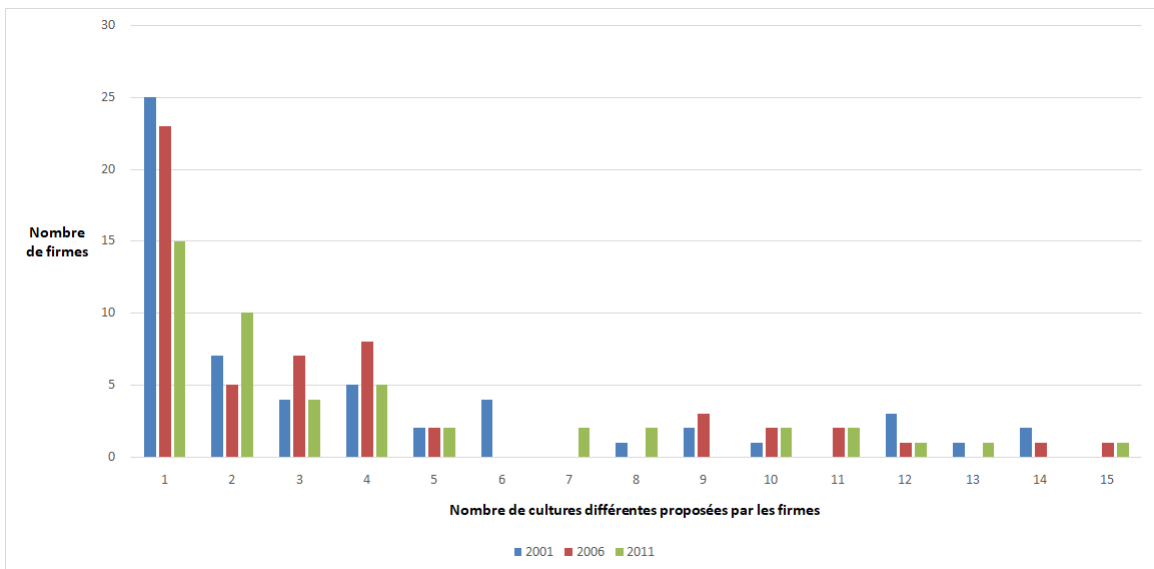


FIGURE 1.7 – Nombre de firmes/nombre de cultures

Entre 2001 et 2011, le nombre de firmes mono-produit a fortement diminué, passant de 25 à 15. Elles représentaient 44 % du total des firmes en 2001 pour 32 % en 2011. C'est le cas d'Alpha Semence cité précédemment, qui n'était présent que sur la betterave en 2001 et 2006, mais sorti de ce marché en 2011. En 2001, 25 firmes sont mono-produit, 7 sont sur 2 marchés, 4 sur 3 marchés, 5 sur 4 marchés et 2 sur 5 marchés.

Parallèlement, seul un petit nombre de firmes se place sur un grand nombre de marchés. En effet, 7 semenciers sont présents sur plus de 10 cultures en 2011 : Caussades semences, Florimond-Desprez, l'INRA, Invivo, Limagrain, Momont et Sempartners. A eux 7, ils représen-

tent 41 % du total des variétés proposées à la vente : les firmes présentes sur le plus grand nombre de marchés sont également celles qui proposent le plus de variétés.

### **Typologie des firmes selon leur présence sur différents marchés**

La dernière étape de notre analyse descriptive est de typer les firmes en fonction de leur présence sur les différentes cultures. Un outil de statistiques descriptives multidimensionnelles bien adapté ici est l'Analyse en Composante Principale (ACP). Il va s'agir de faire ressortir des données brutes les liens éventuels entre ces variables et ces individus, et ces liens s'expriment sous forme de corrélation sur certains facteurs discriminants. L'ACP va définir ces facteurs discriminants en projetant le nuage de points formé par les données brutes sur une série d'axes. Nous allons alors observer les deux principaux axes obtenus, c'est-à-dire les deux axes expliquant au mieux l'inertie totale du nuage de points, et donc susceptibles d'observer des corrélations fortes entre les variables et les individus. Par exemple, deux cultures peuvent être très souvent couplées, car les firmes qui proposent du maïs ont très souvent aussi une offre en tournesol, ou deux firmes peuvent avoir des gammes de produits très similaires. L'ACP formera alors des groupes de variables et des groupes d'individus qui permettent d'observer ces similarités.

En particulier, nous étudions si les cultures orphelines sont corrélées avec d'autres cultures. Nous avons pour cela regroupé les 10 espèces orphelines du catalogue en une variable, et conservé toutes les espèces majeures. Nous avons ainsi 11 variables et 47 individus. Les résultats de la projection de l'ACP sur les deux principaux axes sont donnés en figure 1.8. Elle montre le cercle des corrélations des variables ainsi que le nuage de points des individus projetés sur les deux axes.

Le premier axe représente 40.52 % de l'inertie du nuage. Le second axe représente une part importante de l'inertie totale, 17.83 %.

Le premier axe montre un *effet de taille*. En effet les variables sont toutes du même côté de l'axe, i.e. elles contribuent toutes dans le même sens à la formation de l'axe. Les variables qui contribuent le plus sont le blé tendre d'hiver, le colza et l'orge d'hiver. Celles contribuant le moins sont la betterave sucrière et les espèces orphelines. Pour les individus (firmes), nous avons un *effet de forme* : certains contribuent positivement, d'autres négativement. Ceux qui participent le plus à l'inertie de l'axe sont : Invivo (19), Limagrain (24), Syngenta (40). Ce sont des firmes aux portefeuilles très diversifiés, et très présentes sur les marchés les plus compétitifs. Une majorité des autres firmes contribue négativement, comme le montre



l'accumulation de points dans le nuage des individus, tel Deleplanque & Cie (8), présent uniquement sur la betterave sucrière. Nous pouvons conclure que l'axe 1 de l'ACP est un facteur de concurrence (ou de concentration du marché) : en adéquation avec nos résultats sur l'intensité de la concurrence par marché, les variables contribuant le plus à la formation de l'axe sont les cultures où règne le plus haut degré de concurrence. De même, les firmes très présentes sur des marchés compétitifs ont le plus de poids dans l'inertie de l'axe 1.

L'axe 2 sépare les marchés en deux : le maïs, le tournesol, le colza, et dans une moindre mesure le blé dur contribuent négativement. Du côté des firmes, celles présentes en dessous de l'axe, tel Euralis (12), sont en général très présentes en maïs, colza et tournesol et moins dans les autres cultures. A contrario, celles présentes au dessus de l'axe, tel l'INRA (18) ne proposent que très peu de ces trois espèces dans leur portefeuille. L'axe 2 présente un facteur d'hybridation, ou de taux d'usage de semences de fermes. Il montre que les cultures sont divisées en deux : celles ayant un taux élevé d'utilisation de semences de fermes (triticale, 37 %, pois protéagineux de printemps, 42 %) qui contribuent positivement à la création de l'axe, contre celles sans semences fermières, tels le maïs et le tournesol (non autorisés par la réglementation communautaire).

Notre analyse nous permet ainsi de classer les cultures en deux groupes. Pour les firmes, trois groupes se distinguent : celles très présentes sur les marchés "hybrides" et concurrentiels : Caussades Semences (4), Euralis (12), Limagrain (24), RAGT (31) et Syngenta (40). Celles sur les marchés non-hybrides et concurrentiels : Florimond Desprez (15), INRA (18), Invivo (19), Lemaire Deffontaines (23), Momont (27), Saaten (33), Secobra (35) et Sempartner (36). Enfin celles ayant un portefeuille moins réparti sur les marchés à haut degré de concurrence, mais assez hétérogènes en terme de présence sur les deux types de cultures. Nous notons par la suite ces firmes le "Groupe 1", ce groupe inclue toutes les entreprises non citées dans ce paragraphe.

Plusieurs enseignements peuvent être tirés du cercle des corrélations. Premièrement, certaines cultures sont très corrélées : c'est le cas du maïs et du tournesol, presque identiques dans l'ACP, ou du blé tendre d'hiver, de l'orge d'hiver et de l'orge de printemps. Les espèces orphelines semblent quant à elles décorrélées du groupe des cultures hybrides : les firmes spécialisées dans les cultures hybrides ont tendance à proposer à la vente peu de cultures orphelines.

Concernant les firmes, certaines sont très proches en gamme de produits, tel Limagrain (24) et Syngenta (40), ou Lemaire Deffontaines (23) et Florimond-Deprez (15), ces deux dernières étant très peu présentes sur les cultures hybrides. L'un des enseignements du nuage

de points projetés pour les individus est qu'une majorité de firmes se situe à gauche de l'axe 1 et autour de l'axe 2. Nous avons formulé l'hypothèse que ce groupe 1 était le groupe des individus les moins diversifiés en gamme de produits (i.e n'étant pas présent sur un grand nombre de marchés) et les moins présents sur les marchés les moins concentrés. La partie économétrique de cet article testera l'hypothèse que les individus appartenant à ce groupe sont les plus présents sur les marchés orphelins.

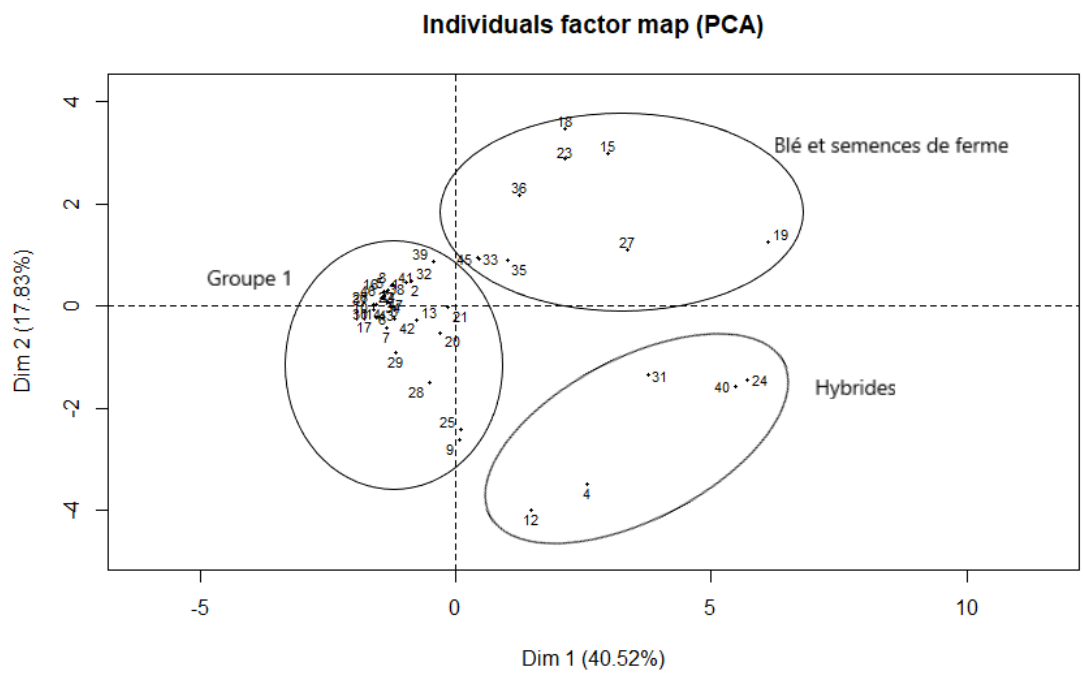
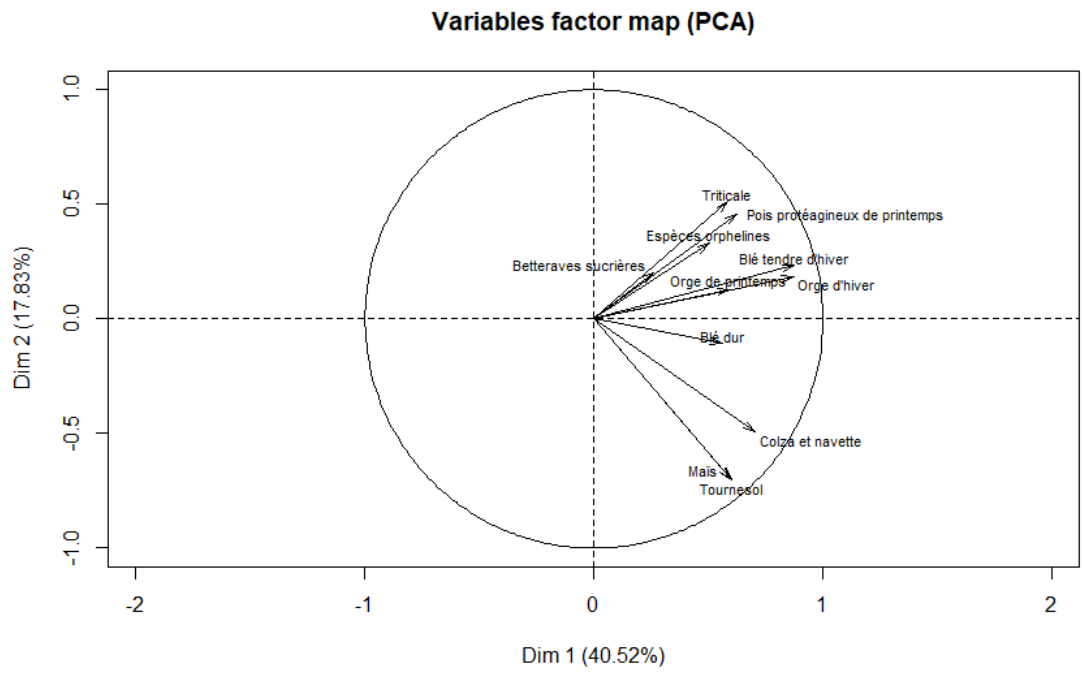


FIGURE 1.8 – Analyse en Composantes Principales

### 1.3.3 Résumé

L'observation de nos données par le biais d'analyses descriptives nous permet de dégager quelques grandes tendances :

- Le nombre de variétés de chaque culture augmente avec la taille de marché.
- Cette élasticité est de l'ordre de 0.5.
- Les cultures orphelines bénéficient donc d'un rapport nombre de variétés/taille de marché favorable en comparaison des cultures majeures.
- Le nombre de firmes mono-produit diminue dans le temps.
- Peu de firmes ont un portefeuille très diversifié.
- Les firmes présentes sur le plus grand nombre de marchés sont également celles qui proposent le plus de variétés différentes.
- Le degré de concurrence augmente avec la taille de marché.
- Certaines cultures sont très corrélées et nous pouvons les diviser en deux groupes : les espèces hybrides d'un côté, les espèces avec un taux élevé de semences de ferme de l'autre.
- Certaines firmes ont des gammes de produits très proches.
- Les firmes très présentes sur les cultures hybrides sont peu présentes sur les cultures orphelines.

Il s'agit alors de tester ces hypothèses à l'aide d'une analyse économétrique que nous présentons dans la section suivante.

## 1.4 Stratégies des firmes en gamme de produits

### 1.4.1 Modèle estimé

L'idée centrale de cet article est que nous étudions la **compétition en gamme de produits** des firmes. Nous n'observons pas les prix, mais l'offre de chaque firme sur chaque marché, et comment celle-ci évolue dans le temps en fonction d'un certain nombre de facteurs. D'une période à l'autre, les firmes peuvent décider de ré-allouer des produits dans leurs portefeuilles en modifiant leurs gammes de produits. Elles peuvent ajouter des variétés, en retirer, choisir de se diversifier sur différents marchés ou au contraire se recentrer sur quelques cultures.

Ces choix stratégiques sont observables d'une année à l'autre par la modification de la gamme de produits des firmes. Par exemple, certaines firmes ne modifient pas ou très peu leur gamme de produits entre deux années, on parlera alors de *stratégie d'inertie*. C'est le cas de Terre de Lin ou Van de Bild pour le lin textile de printemps, ou encore de CCPSC pour le chanvre. Ces trois firmes se placent sur des niches de marché et ne sont présentes que sur ces marchés, leur inertie nous montrent alors qu'elles ne jugent pas nécessaire de se diversifier. *A contrario*, d'autres firmes vont chercher à modifier leurs portefeuilles, soit par introduction ou suppression d'activités, soit par modification du poids de chaque culture dans leurs gammes. Il peut alors s'agir de *stratégie de prolifération* (Schmalensee, 1978), de *stratégie de concentration des activités* (Eckel and Neary, 2010) ou de *stratégie de ré-allocation* (Bernard et al., 2010).

Afin d'expliquer ces stratégies, nous expliquons la variable  $STRAT_{it}$  par l'équation suivante :

$$STRAT_{it} = \beta X_{it-1} + \epsilon_{it}$$

Nous allons considérer plusieurs variables pour ce qui est de la stratégie (présentées dans la section suivante).  $X_{it-1}$  est un vecteur de variables explicatives pris en  $t - 1$ <sup>17</sup> et les  $\epsilon_{it}$  des termes d'erreurs aléatoires supposés i.i.d. Nous commençons notre analyse économétrique par un modèle linéaire simple.

Dans toute la suite de ce chapitre nous notons  $N_{ijt}$  le nombre de variétés de la culture  $j$  proposées par la firme  $i$  à l'année  $t$ .  $\omega_{ijt}$  représente la part relative de ce nombre dans le

---

17. Nous rappelons que dans notre étude les variables sont retardées sur 5 ans. Ici,  $t - 1$  correspond donc à une variation entre 5 années.  $X_{it-1}$  est pris en  $t - 1$ , car la stratégie d'une firme consiste à modifier son portefeuille entre deux périodes.

portefeuille de la firme :  $\omega_{ijt} = N_{ijt} / \sum_j N_{ijt}$ .  $\Delta\omega_{ijt}$  représente la variation entre  $t$  et  $t - 1$  de cette part :  $\Delta\omega_{ijt} = \omega_{ijt} - \omega_{ijt-1}$ .

## 1.4.2 Variables dépendantes

Parmi les différentes stratégies des firmes recensées dans la littérature et présentées en première section de cet article, l'observation de l'évolution des gammes de produit nous permet d'en mesurer différentes formes. Les variables dépendantes que nous présentons ici sont pour la plupart tirées de [Lelarge and Nefussi \(2010\)](#), mais nous trouvons des approches très similaires chez [Putsis Jr and Bayus \(2001\)](#), [Mazzeo \(2002\)](#) ou encore [Bernard et al. \(2010\)](#).

- **L'inertie d'activité** : Il s'agit d'un indice compris entre 0 et 1 dont la valeur diminue quand une firme modifie ses activités. Entre deux années étudiées une firme peut choisir de modifier la part relative de chaque culture dans son portefeuille de produits, ou au contraire user d'une *stratégie d'inertie* consistant à conserver cette pondération dans sa gamme de produits. Cet indice se calcule comme suit :

$$Inertie_{it} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{20} |\Delta\omega_{ijt}|$$

Ainsi, une firme ne modifiant aucune de ses activités entre deux années ( $\Delta\omega_{ijt} = 0, \forall j$ ) aura un indice d'inertie égal à 1. C'est le cas par exemple de Van de Bild, entreprise ne proposant à la vente que des semences de lin textile de printemps pour les trois années :  $\forall t, j = \text{Lin Textile de printemps}, \omega_{jt} = 1$ .

- **La concentration des activités** : C'est le maximum du pourcentage de chaque culture dans le portefeuille de la firme :  $Conc_{it} = \max_j \{\omega_{ijt}\}$ . Il nous permet de constater un recentrage ou non des activités de la firme sur ses produits représentant la plus grosse part de son portefeuille entre deux années étudiées. la variable que nous étudions est alors :

$$\Delta Conc_{it} = Conc_{it} - Conc_{it-1}$$

- **L'ajout de produits** : Il s'agit simplement de constater si la firme a ajouté des produits dans sa gamme. Cette variable vaut 1 si c'est le cas, 0 sinon. Nous notons Add cette stratégie.

- **La différence entre le nombre des marchés** : c'est simplement la valeur du nombre de marché quitté ou pénétré d'une année sur l'autre, notée DM.

- **Le nombre de marchés pénétrés** : Il s'agit du nombre de nouveaux marchés où sont

rentré les firmes, que nous indexerons par Dmp.

### 1.4.3 Variables de contrôle

Nous allons utiliser plusieurs variables de contrôle :

- **Diversification** : La diversification du portefeuille d'une firme s'opère à deux niveaux. Premièrement, il s'agit du nombre de cultures sur lesquelles se place la firme  $i$  que nous notons  $N_i$ . Deuxièmement, une firme peut proposer plus ou moins de variétés par culture. Afin de prendre en compte la diversité des portefeuilles, nous calculons la somme des carrés des parts de chaque culture dans le portefeuille d'une firme.

$$Div_{it} = \left[ \sum_j \omega_{ijt}^2 \right]^{-1}$$

Cet indice varie de 1 à 20. 1 indique le cas d'une firme mono-produit, i.e présente uniquement sur une seule culture, 20 celui d'une firme dont le portefeuille serait parfaitement réparti sur les 20 cultures :  $20 \times (1/20)^2 = 20$ .

- **Concurrence** : Suivant [Lelarge and Nefussi \(2010\)](#), cet indice peut être mesuré en faisant la somme pondérée des indices d'Herfindahl sur chaque marché où est placée la firme. Il se calcule comme suit :

$$HHI_{it} = \sum_j \omega_{ijt} \times HHI_{jt}$$

- **Taille** : En l'absence de données au niveau de la firme, telles que le chiffre d'affaires ou le nombre d'employés, nous créons un indicateur de taille en mesurant le poids du portefeuille d'une firme dans le marché :

$$W_{it} = \frac{\sum_j \omega_{ijt}}{\sum_i \sum_j \omega_{ijt}}$$

- **Espèces orphelines et cultures hybrides** : Enfin nous contrôlons le degré de spécialisation des firmes en espèces orphelines et cultures hybrides, en déterminant le poids des 10 cultures considérées comme orphelines dans leurs portefeuilles. Ces indices sont notés respectivement  $WEO_{it}$  et  $WH_{it}$ .

## 1.4.4 Résultats

### Typologie des firmes

Notre première étape va être d'observer si les firmes se catégorisent par groupes, comme nous le suggère les résultats de l'ACP, et de vérifier si les degrés de spécialisation sont stables dans le temps. Pour cela, nous présentons dans le tableau 1.1 les résultats de la régressions suivantes<sup>18</sup> :

$$W_{kit} = \beta_0 + \beta_1 \ln(HHI_{it-1}) + \beta_2 \ln(Div_{it-1}) + \beta_3 Wl_{it-1} + \beta_4 Gp1 + \beta_5 Gp2 + \epsilon_{it}$$

Où  $k, l \in \{EO, H\}$ , et  $Gp1$  et  $Gp2$  étant respectivement les groupes donnés par l'ACP (Groupe 1 identique et Groupe2 référant aux firmes supposées être spécialisées en cultures hybrides). En accord avec la littérature sur les estimations en données de panel ([Greene, 2003](#); [Wooldridge, 2010](#)), nous utilisons une méthode d'effet aléatoire sur les individus<sup>19</sup>. En effet, observer un effet sur le temps n'est pas possible ici car nous ne disposons que de trois années. De plus, 70 observations ne semblent pas suffisantes pour pouvoir observer d'effets fixes. Les estimations de notre régression ont été obtenus à l'aide des packages *plm* (panel linear model) du logiciel *R*, créés par [Croissant and Millo \(2018\)](#).

Notre constatation est que le degré de spécialisation pris en  $t - 1$  est la variable semblant expliquer au mieux le degré de spécialisation en  $t$ . Ainsi, les firmes varient peu leur spécialité au cours du temps. Cela est plus marqué pour les firmes qui se spécialisent en cultures orphelines que pour celles sur les hybrides. En effet, la variable  $WEO$ , retardée en  $t - 1$  est la seule à avoir un impact clair sur  $WEO$  en  $t$ , avec  $\beta_3^*$  très proche de 1, à un seuil significatif de 1 %. Tandis que la variable  $WH$ , retardée en  $t - 1$  est bien significative au seuil de 1%, mais  $\beta_3^* = 0.64$  et  $\beta_0^* = 0.69$ .

Deuxièmement, la classification des firmes obtenues par l'ACP semble se confirmer. Les firmes du groupe 2 sont bien celles qui sont très spécialisées en cultures hybrides, et ces firmes semblent se détourner de manière générale des cultures orphelines.

---

18. Les variables de contrôle  $HHI$  et  $Div$  sont ici prises en logarithme, comme chez [Lelarge and Nefussi \(2010\)](#), afin de mesurer des *semi-élasticités*.

19. Le principe des modèles à effets fixes ou aléatoires est de supposer que le terme d'erreur  $\epsilon_{it}$  comprend une composante spécifique au groupe auquel il appartient, et un terme aléatoire spécifique à l'observation considérée. On écrit donc  $\epsilon_{it} = \alpha_i + u_{it}$ , où  $\alpha_i$  est une composante aléatoire sur les individus, normale, d'espérance nulle et de variance finie.



TABLE 1.1 – Typologie des firmes et spécialisation

|                                | <i>Dependent variable :</i> |                    |                     |                    |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                                | WEO                         |                    | WH                  |                    |
|                                | (1)                         | (2)                | (3)                 | (4)                |
| lag(LHHI, -5)                  | -0.037<br>(0.040)           | 0.149*<br>(0.060)  | -0.080<br>(0.052)   | 0.055<br>(0.048)   |
| lag(Ldiv, -5)                  | 0.011<br>(0.026)            | 0.029<br>(0.040)   | -0.050<br>(0.040)   | 0.024<br>(0.023)   |
| lag(WEO, -5)                   | 0.997***<br>(0.059)         |                    |                     | -0.192*<br>(0.092) |
| lag(WH, -5)                    |                             | -0.199*<br>(0.081) | 0.640***<br>(0.071) |                    |
| Gp1                            | 0.051<br>(0.046)            | 0.317*<br>(0.066)  | 0.050<br>(0.146)    | 0.275              |
| Gp2                            | 0.004<br>(0.053)            | 0.062<br>(0.171)   | 0.190<br>(0.117)    | 0.664**<br>(0.196) |
| Constant                       | 0.240<br>(0.283)            | -0.947*<br>(0.441) | 0.698*<br>(0.382)   | -0.279<br>(0.358)  |
| Observations                   | 70                          | 70                 | 70                  | 70                 |
| R <sup>2</sup>                 | 0.909                       | 0.279              | 0.685               | 0.206              |
| Adjusted R <sup>2</sup>        | 0.222                       | 0.717              | 0.660               | 0.144              |
| Residual Std. Error (df = 100) | 0.157                       | 0.222              | 0.285               | 0.077              |
| F Statistic (df = 4; 100)      | 128.25***                   | 4.956***           | 27.850***           | 3.3230***          |

Note :

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

### Statégies en gamme de produits

Nous présentons en table 1.2 les résultats de la régression suivante :

$$STRAT_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(HHI_{it-1}) + \beta_2 \ln(Div_{it-1}) + \beta_3 WH_{it-1} + \beta_4 WEO_{it-1} + \epsilon_{it}$$

Où  $STRAT_{it}$  est l'une des variables dépendantes décrites plus haut.

Les résultats de la régression suggèrent que la stratégie d'inertie dépend positivement des degrés de spécialisation, et en particulier de spécialisation en espèces orphelines (coefficient positif et significatif, deux fois plus élevé que pour la spécialisation en cultures hybrides)<sup>20</sup>. De même, un portefeuille assez diversifié amènera les firmes à le modifier d'une période à l'autre, avec un effet négatif sur l'inertie, mais positif sur la concentration des activités et négatif sur le nombre de marchés pénétrés. En d'autres termes, les firmes assez diversifiées ont tendances à recentrer leurs activités dans le temps en quittant certains marchés. Cependant, nous ne sommes pas en mesure de déterminer si le degré de concurrence global auquel fait face une firme va avoir ou non un impact sur leurs stratégies de ré-allocation, aucun des coefficients de cette variable de contrôle étant significatif au seuil des 5 %. Enfin, le degré de spécialisation en cultures orphelines semble être la seule caractéristique des firmes les amenant à retirer des produits d'une année à l'autre.

Ainsi, bien que notre analyse soit limitée par le nombre de données auxquelles nous avons accès, plusieurs tendances globales semblent se dégager :

- Les degrés de spécialisation des firmes varient peu dans le temps.
- Les firmes sont bien décomposées en trois groupes distincts, et les plus spécialisées sur les cultures hybrides se détournent des marchés orphelins.
- Plus une firme a un portefeuille diversifié, et plus elle a tendance (en comparaison des firmes spécialisées) à se recentrer sur certains cœurs d'activité dans le temps.

---

20. Prenons un exemple (non exhaustif) : l'entreprise Van de Bild ne propose que du lin textile à la vente. Nous avons donc  $WEO = 1$ ,  $WH = 0$ ,  $Ldiv = 0$ ,  $LHHI = 8.12$  en 2011. Comme cette firme ne modifie jamais sa gamme,  $Inertie = 1$ . Les résultats de la régression suggèrent alors que  $Inertie = 0.814 + 1 * 0.39 - 8.12 * 0.031 = 0.96$ , résultat très proche de 1, ce qui semble confirmer le modèle.

TABLE 1.2 – Stratégie en gamme de produits des firmes

|                               | <i>Dependent variable :</i> |                      |                     |                   |                      |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
|                               | Inertie<br>(1)              | $\Delta$ conc<br>(2) | Add<br>(3)          | DM<br>(4)         | Dmp<br>(5)           |
| lag(LHHI, -1)                 | -0.031<br>(0.070)           | -0.026<br>(0.060)    | 0.144<br>(0.176)    | -0.209<br>(0.445) | 0.109<br>(0.330)     |
| lag(Ldiv, -1)                 | -0.093*<br>(0.036)          | 0.137***<br>(0.033)  | -0.036<br>(0.097)   | -0.044<br>(0.281) | -0.498**<br>(0.175)  |
| lag(WH, -1)                   | 0.187**<br>(0.065)          | 0.152**<br>(0.055)   | 0.058<br>(0.162)    | -5.129<br>(5.632) | -0.555*<br>(0.304)   |
| lag(WEO, -1)                  | 0.390***<br>(0.109)         | 0.233*<br>(0.094)    | -0.687**<br>(0.277) | -0.238<br>(0.685) | -1.448***<br>(0.512) |
| Constant                      | 0.814<br>(0.482)            | -0.416<br>(0.410)    | -0.231<br>(1.196)   | 1.756<br>(3.049)  | 0.582<br>(2.247)     |
| Observations                  | 70                          | 70                   | 70                  | 70                | 70                   |
| R <sup>2</sup>                | 0.254                       | 0.244                | 0.186               | 0.024             | 0.193                |
| Adjusted R <sup>2</sup>       | 0.208                       | 0.1986               | 0.136               | -0.036            | 0.143                |
| Residual Std. Error (df = 65) | 1.139                       | 1.095                | 13.66               | 1.225             | 18.01                |
| F Statistic (df = 4; 65)      | 5.552***                    | 5.262***             | 3.73**              | 0.408             | 3.897**              |

*Note : individual random effect*

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

## Chapitre 2

# Research incentives and tradeoff for improving productivity of different crops

*Joint with Stéphane Lemarié, INRA-GAEL, Université Grenoble-Alpes. We would like to thank Cécile Aubert for her very helpful comments on this chapter.*

## 2.1 Introduction

Crop diversification is at the core of agricultural economics issues. It is expected that a more productive crop should be more often used in crop rotations and consequently in cropping-plans. However this higher frequency may be curbed, in particular because it generally leads to more frequent pest problems as well as to decreasing output prices. There is consequently an interest for having crops with relatively similar productivity levels in order to maintain a minimum level of crop diversification (Meynard *et al.*, 2013) In this paper we focus more particularly on crop genetic improvement, which is an important determinant of crop productivity. We more particularly analyze the pricing strategy and research incentives for various crops.

This economic issue is related to the economic literature on the drivers of innovation. The survey by Cohen (2010) shows that these drivers are related to industry structure, appropriability (e.g., Intellectual Property Rights), demand (e.g., market size) and technological opportunities. In this paper, we are more particularly interested in market size. Empirical analysis suggests that research investment should be modeled as a fixed cost, so that firms want to invest in large markets to better cover this cost. Recent empirical analysis applied to the pharmaceutical industry shows a positive relationship between product innovation (new drugs) and the market size associated with different type of diseases, or drug classes (Acemoglu and Linn, 2004; Dubois *et al.*, 2015) In agriculture, and more particularly seed supply, Charlot *et al.* (2015) show that the market size for different cash crops has a positive effect on the number of new products (seed varieties) introduced each year (they measure market size by crop acreage and a dummy related to crop with hybrid seed). Hence, as one crop becomes more frequently used by farmers, we can expect seed companies to invest more in research for this crop. And this leads consequently to more unbalanced productivity levels between the crops. The lack of R&D in crops with relatively small market size is thus likely to increase the productivity difference between seeds, possibly creating orphan markets, i.e. : markets where very few innovations occur.

In this paper, we model a situation with a representative farmer allocating land across two crops. This allocation is determined by the seed productivity and price of each crop. Hence, the allocation of the farmer determines a demand system for seeds. Seeds are assumed to be supplied by a monopoly who sequentially chooses research investment (that determines seed productivity) and seed prices. The two crops are substitutes. However, an important assumption is that, as one crop becomes more frequently used, the farmer faces more important

crop protection problems for this crop (leading to yield damages or spendings on pesticide to decrease this damage). This is actually a *congestion effect*. As for a golf club (Hart and Moore, 1996), the larger the number of members using the green, the lower the value of the club for a new member. The latter would prefer another club if this one was saturated by players. This issue can be solved by increasing the membership price to deter the entrance of new members. Here, the structure of our model is different, in the sense that the congestion effect does not depend on the number of a good's users, but on the good's market share. Total market size (i.e. the land available to the farmer) is indeed fixed, so that the market is shared between the two crops. Standard literature on public goods, such as Atkinson and Stiglitz (2015) presents the congestion effect as a decrease in a good's value when its users become too numerous, which generates a negative externality on each user. This congestion effect, by creating rivalry, can also transform an (excludable) "club-good" into a "private good", or a (non excludable) "public good" into a "common pool resource".

Our analysis shows different important results. First, we show that that, if the congestion effect is important enough, the first best is to grow both crops, with a larger proportion of the most productive one. The monopoly can decide prices that lead to this first best proportion, but this pricing is not optimal for the monopoly because it leaves important rent to the farmer. If the the yield potential of the two crops are given, we show that the two crops remain on the market only if the difference between the yield potential of the two crops is small or if the congestion effect is high. Conversely, a weak congestion effect would create an orphan market to the benefit of the most productive crop. In this latter case, it is not profitable for a farmer to buy the less productive crop anymore. With a large enough congestion effect, the seed supplier changes drastically its strategy and prices the most productive seed at a high price, leading to a lower proportion of this seed compared to the less productive one. In both case, the rent let to the farmer is very low or even equal to 0. Hence the monopoly pricing strategy is qualitatively different from the first best. If the potential productivity is endogenous and related to a research investment chosen by the monopoly, we show that the zone of parameters leading to one crop or two crops are different. More precisely, the limit between the two zones depends more drastically on the congestion effect.

The structure of the paper is as follows. The general model is set out in section 2. The first best and the equilibrium of the game without R&D is derived in section 3. Section 4 analyzes the research incentives and their effect on the proportion of crops at the equilibrium. Section 5 concludes the paper.

## 2.2 The model

The problem examined in this paper is modeled as a three-stage game. In the very first stage, a monopoly determines the optimal level of R&D to allocate to two seeds, say  $A$  and  $B$ , in order to improve their productivity. He then chooses the seed prices that maximize its profit. In the last stage, a representative farmer chooses the optimal partition between the two crops, given that each seed is an input to produce each crop, and that the partition affects each crop's final productivity. We solve the game by backward induction, starting with the last stage of the game. When analyzing the second (pricing) stage, we suppose, without loss of generality, that the crop  $A$  is more productive than the crop  $B$ .

The farmer can produce two outputs, corresponding to the two crops  $A$  or  $B$ . For this purpose he needs to use one input, a seed with price  $w_i$ ,  $i \in \{A; B\}$  for each crop. The maximum, potential, revenue generated by one crop is  $y_i$ . This is the revenue one would obtain if there was no congestion effect. In the rest of this paper  $y_i$  will be called the *potential productivity*.<sup>1</sup> Crop  $A$  is more productive than crop  $B$  (under equal market shares), so  $y_A \geq y_B$ . We also assume that the aggregate market size is normalized to 1 and that the market is fully covered with the two crops. We denote  $\theta \in [0; 1]$  the share of the market covered by crop  $A$  ( $1 - \theta$  is the share covered by  $B$ ).

The core assumption of our model is that there is a “congestion” effect : for each crop, a fraction of the potential productivity  $y_i$  is lost when this crop is increasingly used. More precisely, we define a damage function  $k_i \in [A; B]$ , which is increasing with the proportion of the crop  $i$ . We assume that this increase is linear and proportional to  $y_i$ . The farmer thus faces a damage function equal to  $k_A = y_A \alpha \theta$  for crop  $A$  and  $k_B = y_B \alpha (1 - \theta)$  for crop  $B$  (with  $\alpha \in [0; 1]$ ). This is a fundamental assumption of our model : the larger the adoption of a specific crop, the lower its productivity. This effect is frequently observed in agricultural economics, especially when a lack of crop rotation leads to pest adaptation<sup>2</sup>, and to productivity decrease. When  $\alpha = 1$ , each crop faces a full damage function (if  $\theta = 1$  the farmer loses all revenues, i.e, the congestion effect is total), while when  $\alpha = 0$ , we observe no effect of the proportion of the crop. It is important to note that the damage reduces multiplicatively the revenues generated by the crop. Yield loss in agriculture are frequently defined in relative term (such disease generated a  $x\%$  yield loss). Indeed, if a disease appears

---

1. Here  $y_i$  is an aggregate measure of a revenue generated by the sale of one crop, gross of the congestion effect. It takes into account the performance of the seed, as well as the output price of the crop. An assumption in our model is that the increase in productivity for one crop has no impact on output prices.

2. For a more precise and detailed analysis of this issue, see the Meynard (2013).

in a field where the yield potential is, say, 1 ton/ha, the yield loss will be much lower compared to a field where the yield potential is twice as large (i.e. 2 tons/ha).

The profit of the farmer is thus given by :

$$\pi^F = \theta \cdot (y_A(1 - \alpha\theta) - w_A) + (1 - \theta) \cdot (y_B(1 - \alpha(1 - \theta)) - w_B) \quad (2.1)$$

Hence, the only decision taken by the farmer, seed prices being given, is to choose the proportion of crop  $A$ ,  $\theta$ , to maximize profits.

Consider now the seed supplier, who acts as a monopoly on the whole market. The demand for seed  $A$  is  $\theta$ , while that for  $B$  is  $1 - \theta$ . We assume that the marginal cost of production can be normalized to 0 for both seeds. Thus, the monopolistic supplier's (gross) profit is :

$$\pi^M = \theta w_A + (1 - \theta) w_B \quad (2.2)$$

At the second stage ( $y_A$  and  $y_B$  being exogenous) the monopoly have to find the optimal prices ( $w_A, w_B$ ) that maximize its gross profit. The monopoly faces participation constraints for the farmer, as we assume that he has to make a positive profit for each of the two crops. One important assumption here is that that monopoly is not allowed to sell a bundle of both seed with given proportion at one price. This assumption is realistic with reference to the seed market where seed for different crop are sold separately.<sup>3</sup>

Figure 2.1 illustrates the gain of both the farmer and monopoly as well as total welfare. The rectangle areas located at the top are the farmer's profit on each crop, while the rectangle areas located at the bottom are the monopoly's profit. As we will see, the monopoly pricing will have to maximize the sum of the two downer areas, taking into account the partition  $\theta$  chosen by the farmer, as well as the participation constraints.

## 2.3 Results with exogenous potential productivity

This section presents the results obtained for given seeds' potential productivity. The next section is devoted to the equilibrium when this potential are chosen in the very first stage by the monopoly, *via* R&D efforts.

---

3. If the monopoly could sell a bundle of both seed for which he decides both the proportion and the price, then he can capture the whole welfare. His strategy then leads to the first best



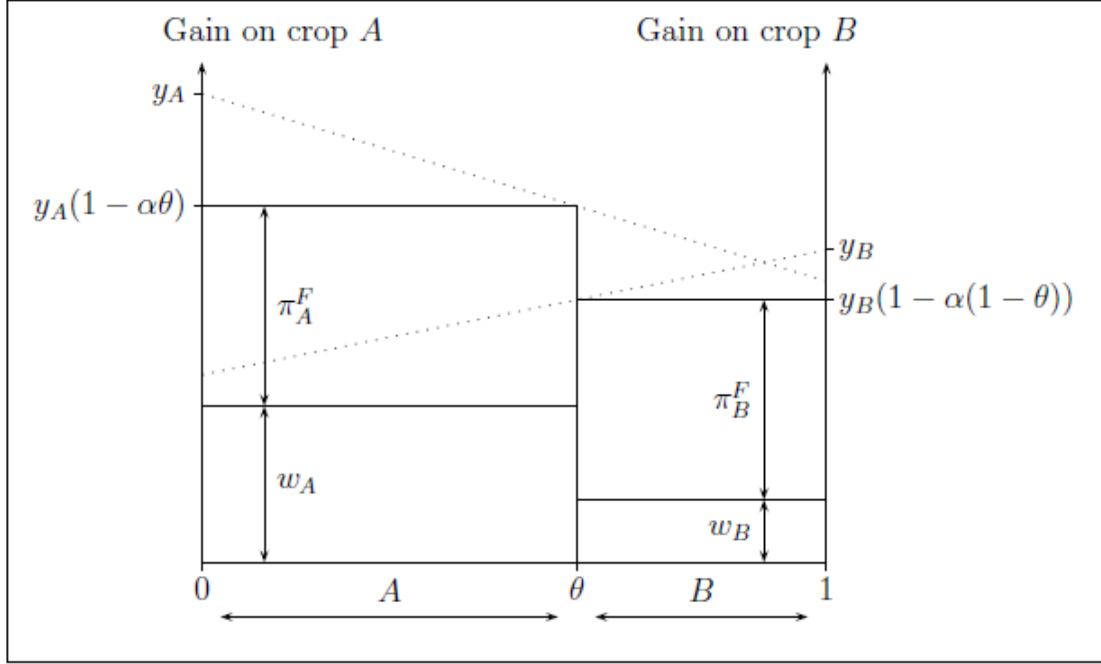


FIGURE 2.1 – Répartition des surfaces cultivées en France en 2011.

### 2.3.1 First best

For given potential productivities  $y_A$  and  $y_B$ , total welfare depends only on  $\theta$  :

$$W = \theta y_A(1 - \alpha\theta) + (1 - \theta)y_B(1 - \alpha(1 - \theta))$$

Total welfare is maximum for  $\theta = \theta^{FB}$  where :

$$\theta^{FB} = \frac{y_B}{y_A + y_B} + \frac{y_A - y_B}{2\alpha(y_A + y_B)} \quad (2.3)$$

Notice that  $\theta^{FB} < 1$  only if  $\alpha > (y_A - y_B)/(2y_A)$ . In other words, with a very small congestion effect, the first best is to have only crop  $A$ . Conversely, with a strong enough congestion effect, the first best corresponds to an interior solution with both crop  $A$  and crop  $B$ . Notice also that  $\theta^{FB}$  can be rewritten as follows :

$$\theta^{FB} = \frac{1}{2} + \frac{1 - \alpha}{2\alpha} \cdot \frac{y_A - y_B}{y_A + y_B}$$

Hence  $\theta^{FB} \geq 1/2$  which means that, despite the congestion effect, the collective interest is

to grow a larger share the most productive crop ( $A$ ).

It should be observed also that, at the first best, the per unit welfare is greater for crop  $A$  than for crop  $B$ .

$$y_A(1 - \alpha \cdot \theta^{FB}) > y_B(1 - \alpha \cdot (1 - \theta^{FB}))$$

This result can be established by direct computation.<sup>4</sup>

To show that differently, suppose that the farmer chooses a value of  $\theta$  such that the per unit welfare generated is identical for the two crops :

$$y_A(1 - \alpha \cdot \theta) = y_B(1 - \alpha \cdot (1 - \theta)) \quad \Leftrightarrow \quad \theta = \frac{1}{2} + \frac{2 - \alpha}{2\alpha} \cdot \frac{y_A - y_B}{y_A + y_B}$$

It can be shown that welfare can then be increased by decreasing  $\theta$ . To do so we can compute :

$$\begin{aligned} \frac{dW}{d\theta} &= \frac{d}{d\theta}(\theta y_A(1 - \alpha \cdot \theta)) + \frac{d}{d\theta}((1 - \theta)y_B(1 - \alpha \cdot (1 - \theta))) \\ &= y_A(1 - \alpha \cdot \theta) - \theta \alpha y_A - y_B(1 - \alpha \cdot (1 - \theta)) + (1 - \theta)\alpha y_B \\ &= -\theta \alpha y_A + (1 - \theta)\alpha y_B < 0 \end{aligned}$$

We indeed have  $\theta \alpha y_A > (1 - \theta)\alpha y_B$  because  $\theta > 1/2$  and  $y_A > y_B$ . Finally, if we decrease  $\theta$  welfare increases because (i) we have a positive per unit gain on crop  $A$  that is greater than the per unit loss on crop  $B$ ; and (ii) the (per unit) gain on crop  $A$  applies to a larger number of units compared to  $B$  (because  $\theta > 1/2$ ).

This result can be summarized as follows :

**Lemma 1.** *At the first best allocation, the per unit welfare is higher for the crop with the highest potential productivity.*

### 2.3.2 The farmer's allocation of land across crops

In the last stage of the game, the farmer chooses the profit-maximising crop partition  $\tilde{\theta}$ . The farmer's profit is given by (2.1), which is concave in  $\theta$  (so that the second-order conditions

---

4.  $y_A(1 - \alpha \cdot \theta^{FB}) - y_B(1 - \alpha \cdot (1 - \theta^{FB})) = (y_A - y_B)/2$ .

are met<sup>5</sup>). The first order condition yields :

$$\tilde{\theta} = \frac{y_B}{y_A + y_B} + \frac{(y_A - w_A) - (y_B - w_B)}{2\alpha(y_A + y_B)}$$

This value corresponds to an interior solution (i.e.  $\tilde{\theta} \in [0, 1]$ ) if  $w_A - w_B \in [y_A - y_B - 2\alpha y_A, y_A - y_B + 2\alpha y_B]$ . Otherwise, the farmer only produces crop  $A$  (i.e.  $\theta = 1$ ) if  $w_A - w_B < y_A - y_B - 2\alpha y_A$  and, conversely, only produces crop  $B$  (i.e.  $\theta = 0$ ) if  $w_A - w_B > y_A - y_B + 2\alpha y_B$ . This result is illustrated in figure 2.2. Notice that the higher is  $\alpha$  the larger is the price interval leading to an interior solution. In other words, a weaker congestion effect favors a bang-bang solution with either  $\theta = 0$  or  $\theta = 1$ .

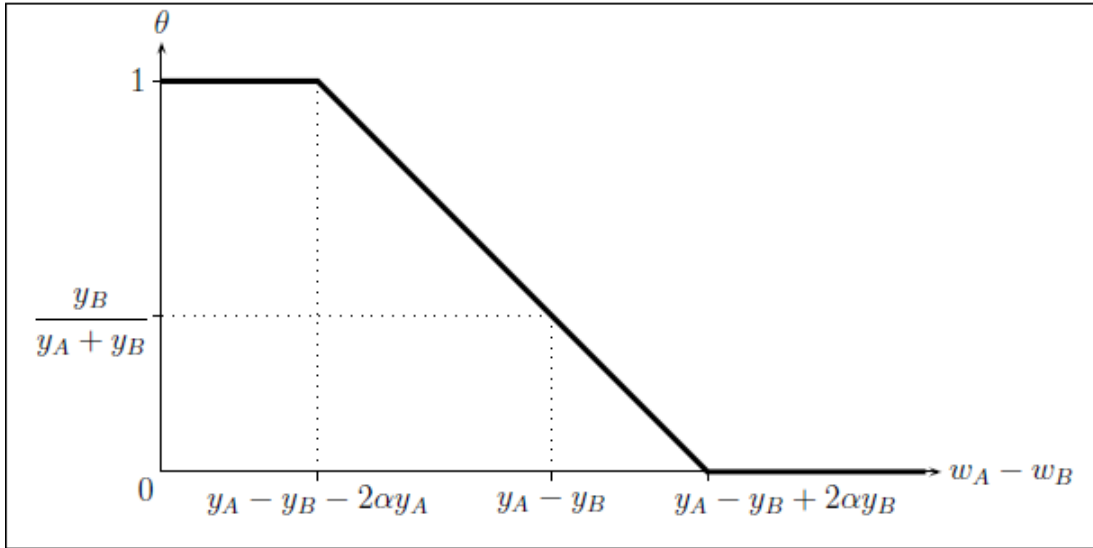


FIGURE 2.2 – Crop partition as a function of the seed price difference

We now describe some properties of  $\tilde{\theta}$  when it corresponds to an interior solution.

From the expression of  $\tilde{\theta}$ , it is clear that the two products are substitutes. Indeed, by computing the cross-price elasticity one can observe, for instance with a variation of the price of seed  $B$ , that

$$e_{w_B} = \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial w_B} \times \frac{w_B}{\tilde{\theta}} = \frac{w_B}{(y_A - w_A) - (y_B - w_B) + 2\alpha y_B} > 0,$$

---

5. We have :  $\frac{\partial^2 \pi^F}{\partial \theta^2} = -2\alpha y_A - 2\alpha y_B < 0$

since the latter quantity is positive. The same reasoning can be made on the price of seed  $A$ , and we find :

$$e_{w_A} = \frac{\partial(1 - \tilde{\theta})}{\partial w_A} \times \frac{w_A}{1 - \tilde{\theta}} = \frac{w_A}{(y_A - w_A) - (y_B - w_B) + 2\alpha y_A} > 0.$$

Thus, raising the price of seed  $A$  would increase the demand for product  $B$ , and *vice-versa*.

Note also that any pricing decision  $(w_A, w_B)$  such that  $w_A = w_B + \Delta$  (with any positive or negative value  $\Delta$ ) leads to the same value of  $\tilde{\theta}$  and consequently the same welfare level. In other words, partition  $\tilde{\theta}$  and welfare depend only on  $\Delta = w_A - w_B$ . We can see that  $\tilde{\theta} = \theta^{FB}$  if  $w_A = w_B$ ,  $\tilde{\theta} < \theta^{FB}$  if  $w_A > w_B$  and  $\tilde{\theta} > \theta^{FB}$  if  $w_A < w_B$ .

These results are illustrated in figure 2.3. All points leading to a given value of  $\tilde{\theta}$  and of total welfare level are on the same (iso-welfare) line. The first best  $\theta^{FB}$  corresponds the specific line such that  $w_A = w_B$ . Note also that the points on the same iso-welfare line differ by the sharing of the surplus between the monopoly and the farmer. As we move toward the north-est part of the graph, prices increase, leading to a higher profit for the monopoly and lower profit for the farmer.

### 2.3.3 The seeds pricing decision of the monopoly

The monopoly's pricing decision can lead the farmer to grow either two crops ( $\theta \in ]0, 1[$ ) or only one crop ( $\theta = 0$  or  $1$ ). Hence, several equilibrium candidates are possible, each of them corresponding to an optimization by the monopoly under some participation constraint(s) of the farmer (i.e. non negative profit with each crop). Two equilibrium candidates are possible when the two crops are cultivated ; they will be denoted  $2C$  and  $2I$ . One equilibrium candidate is possible when only one crop is cultivated, and will be denoted  $1A$ .

Consider first the cases with cultivation of the two crops. The participation constraints of the farmer, that are met for both crops, translate into constraints on the monopoly prices.

$$y_A(1 - \alpha\tilde{\theta}) \geq 0 \quad \Leftrightarrow \quad w_A \leq w_A^{max}$$

$$\text{with : } w_A^{max} = \frac{y_A(y_A + (3 - 2\alpha)y_B)}{y_A + 2y_B} - \frac{y_A}{y_A + 2y_B} \cdot w_B$$

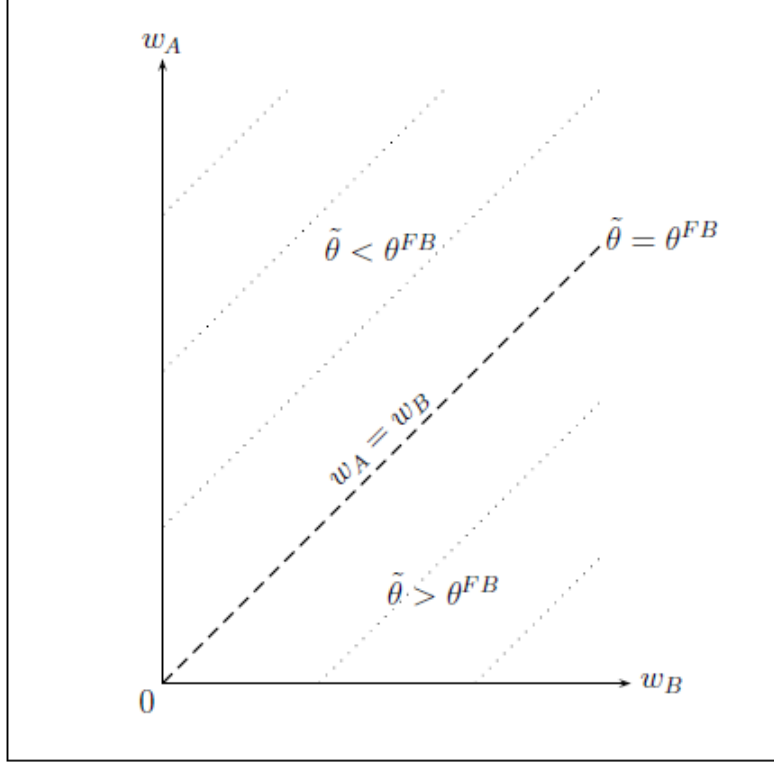


FIGURE 2.3 – Iso-welfare lines

$$y_B(1 - \alpha(1 - \tilde{\theta})) \geq 0 \quad \Leftrightarrow \quad w_B \leq w_B^{max}$$

$$\text{with : } w_B^{max} = \frac{y_B(y_B + (3 - 2\alpha)y_A)}{y_B + 2y_A} - \frac{y_B}{y_B + 2y_A} \cdot w_A$$

Figure 2.4 illustrates these maximum values  $w_A^{max}$  and  $w_B^{max}$ . Note that, for any difference  $\Delta = w_A - w_B$  (i.e. for any  $\tilde{\theta}$ ), the monopoly increases its profit by increasing both  $w_A$  and  $w_B$  by the same amount. This price change does not affect total welfare ( $\tilde{\theta}$  is constant) and only affects its sharing between the monopoly and the farmer. Hence, the monopoly is better off moving north-east along the line  $w_A = w_B + \Delta$  until he binds one of the two participation constraints,  $w_A \leq w_A^{max}$  or  $w_B \leq w_B^{max}$  (or both of them).

**Equilibrium candidate 2C.** One equilibrium candidate for the optimal monopoly price is the point where the two constraints  $w_A \leq w_A^{max}$  and  $w_B \leq w_B^{max}$  are binding (see figure

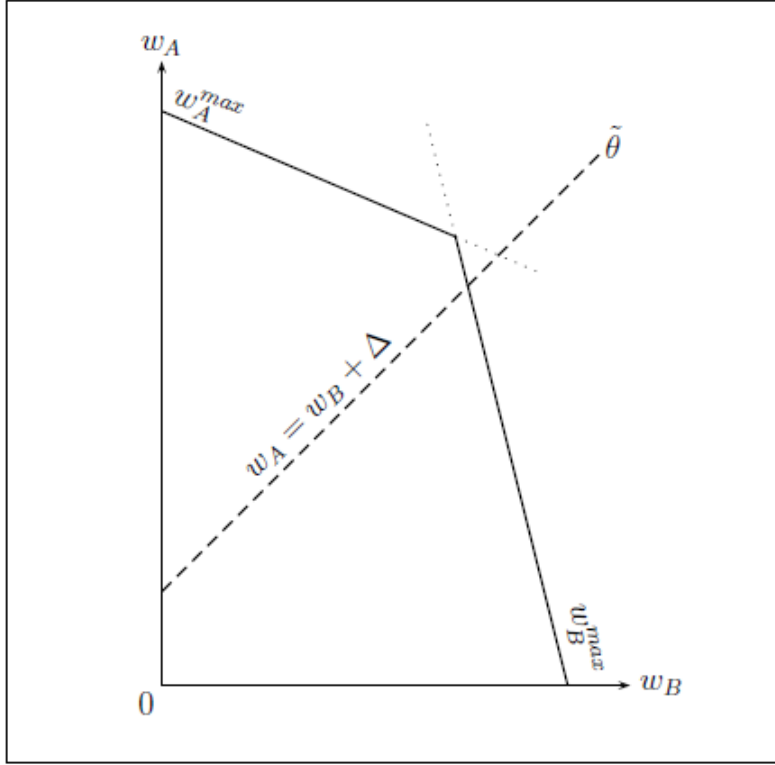


FIGURE 2.4 – Participation constraints if the farmer grows two crops

2.5). The corresponding pricing is :

$$w_A^{2C} = y_A - \alpha \cdot \frac{y_A y_B}{y_A + y_B} \quad \text{and} \quad w_B^{2C} = y_B - \alpha \cdot \frac{y_A y_B}{y_A + y_B}$$

With these prices, the farmer gains no profit so that the monopoly captures all the welfare. For the monopoly, this equilibrium candidate attempts at maximizing its profit by minimizing the surplus left to the farmer.

The proportion of crop  $A$  is then :

$$\tilde{\theta}^{2C} = \frac{y_B}{y_A + y_B}$$

We have  $\tilde{\theta}^{2C} \in [0, 1]$ . Note that  $w_A^{2C} - w_B^{2C} = y_A - y_B > 0$ , so that  $\tilde{\theta}^{2C} < \theta^{FB}$ . Hence, although the monopoly appropriates it, total welfare is not maximum with this candidate  $2C$ .

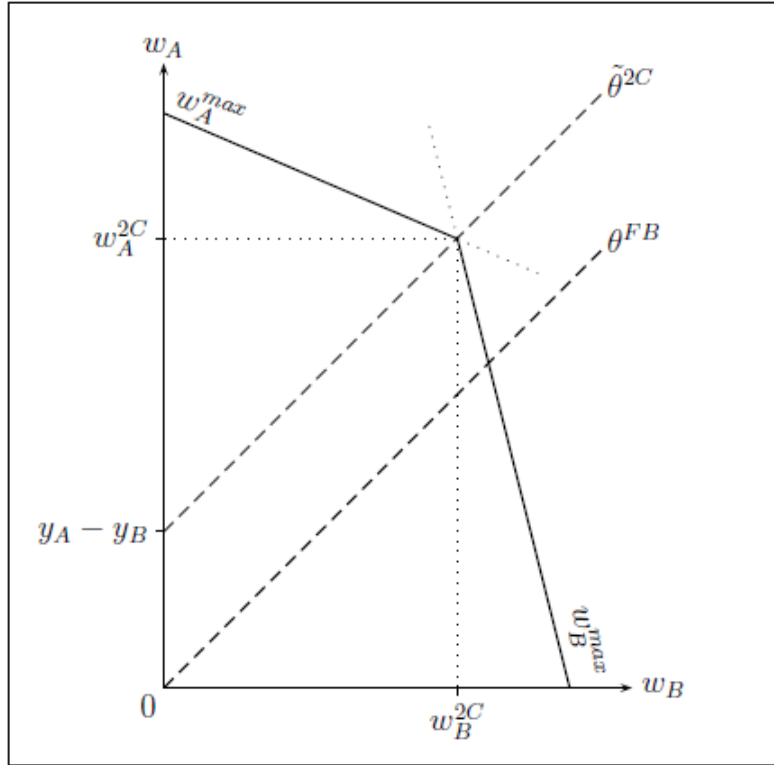


FIGURE 2.5 – Monopoly pricing with equilibrium candidate  $2C$

**Equilibrium candidate  $2I$ .** This second candidate is one in which the monopoly binds one of the two constraints by choosing the highest input price for that crop (i.e. either  $w_A = w_A^{max}$  or  $w_B = w_B^{max}$ ) and chooses the price for the second crop in order to maximize its profit. The price of the second crop corresponds to an interior solution, lower than the maximum level, so that the farmer earns some profit on this crop. The monopoly does not appropriate the whole surplus.

We can show first that the interest of the monopoly is to bind the constraint on crop  $B$  (i.e.  $w_B^{2I} = w_B^{max}$ ). More precisely, we can show that for any pricing that binds the constraint on crop  $A$  (i.e. such that  $w_A = w_A^{max}$ ), the monopoly's profit is lower compared to the candidate  $2C$ . This result can be understood graphically from figure 2.5. If only the constraint on crop  $A$  is binding, then we have  $w_A - w_B > y_A - y_B$  and  $\tilde{\theta} < \tilde{\theta}^{2C}$ . Hence (i) total welfare is lower compared to that under candidate  $2C$  (i.e.  $\tilde{\theta}$  is further away from  $\theta^{FB}$  compared to  $\tilde{\theta}^{2C}$ ) and (ii) some profit is left to the farmer because only one constraint is binding. Hence the monopoly profit is lower than with candidate  $2C$  because the total welfare is lower and the profit left to the farmer is higher.

The equilibrium candidate is therefore such that  $w_B = w_B^{max}$ . After introducing this constraint in the monopoly profit, we can maximize the monopoly profit with respect to  $w_A$ . Profit maximization leads to :

$$w_A^{2I} = \frac{2y_A^2 + (5 - 2\alpha)y_A y_B + (1 + \alpha)y_B^2}{4(y_A + y_B)}$$

When introducing  $w_A^{2I}$  in  $w_B^{max}$ , we get :

$$w_B^{2I} = \frac{(5 - 4\alpha)y_A y_B + (3 - \alpha)y_B^2}{4(y_A + y_B)}$$

With such pricing, the proportion of crop  $A$  is :

$$\tilde{\theta}^{2I} = \frac{3}{4} \cdot \frac{y_B}{y_A + y_B} + \frac{y_A - y_B}{4\alpha(y_A + y_B)}$$

This candidate requires that  $\tilde{\theta}^{2I} \in [\tilde{\theta}^{2C}, 1]$ .

$$\tilde{\theta}^{2I} > \tilde{\theta}^{2C} \quad \Leftrightarrow \quad \alpha < \alpha_{max}^{2I} \quad \text{with :} \quad \alpha_{max}^{2I} = \frac{y_A - y_B}{y_B}$$

and

$$\tilde{\theta}^{2I} < 1 \quad \Leftrightarrow \quad \alpha > \alpha_{min}^{2I} \quad \text{with :} \quad \alpha_{min}^{2I} = \frac{y_A - y_B}{4y_A + y_B}$$

Hence, this equilibrium candidate requires that  $\alpha \in [\alpha_{min}^{2I}, \alpha_{max}^{2I}]$ .

**Equilibrium candidate 1A.** Consider now the equilibrium candidate that leads the farmer to grow only one crop. It is straightforward that this crop should be the one with the highest potential productivity (i.e.  $A$ ). The farmer gain is  $\pi^F = y_A(1 - \alpha) - w_A$ . The monopoly defines a price that binds the participation constraint of the farmer ( $w_A = y_A(1 - \alpha)$ ). Seed price  $w_B$  should be high enough that the farmer grows only crop  $A$ . With reference to figure 2.2, we can see that we should have  $w_A - w_B < y_A - y_B - 2\alpha y_A$  which is equivalent to  $w_B > y_B + \alpha y_A$ . In summary, the candidate 1A is such that  $w_A^{1A} = y_A(1 - \alpha)$  and  $w_B^{1A} > y_B + \alpha y_A$ .

**Comparison of equilibrium candidates.** Table 2.1 provides a synthesis of the conditions for applying the three equilibrium candidates. We start by comparing them by pairs, and



TABLE 2.1 – Synthesis of equilibrium candidates with monopoly pricing

|  | 2C | 2I          | 1A |
|--|----|-------------|----|
| $\alpha < \alpha_{min}^{2I}$                     | X  | $\emptyset$ | X  |
| $\alpha_{min}^{2I} < \alpha < \alpha_{max}^{2I}$ | X  | X           | X  |
| $\alpha > \alpha_{max}^{2I}$                     | X  | $\emptyset$ | X  |

then synthesize to define the equilibrium.

First, whenever candidate 2I is feasible (i.e.  $\alpha \in [\alpha_{min}^{2I}, \alpha_{max}^{2I}]$ ), it leads to a higher profit compared to candidate 2C.<sup>6</sup>

Second, if we compare the candidates 2I and 1A, we have :

$$\pi^M(w_A^{2I}, w_B^{2I}) - \pi^M(w_A^{1A}, w_B^{1A}) = \frac{(8y_A^2 + y_B^2)\alpha^2 - 2(y_A - y_B)(4y_A + y_B)\alpha + (y_A - y_B)^2}{8\alpha(y_A + y_B)}$$

This difference is positive if the numerator is positive. This numerator is quadratic and convex in  $\alpha$ . The lower root is lower than  $\alpha_{min}^{2I}$ , and the higher root is

$$\alpha^{12} = \frac{y_A - y_B}{8y_A^2 + y_B^2} \cdot \left( 4y_A + y_B + 2\sqrt{2y_A(y_A + y_B)} \right)$$

This higher root is between  $\alpha_{min}^{2I}$  and  $\alpha_{max}^{2I}$ . Hence if  $\alpha$  is between  $\alpha_{min}^{2I}$  and  $\alpha^{12}$  then the profit difference is negative, so that the profit is higher with candidate 1A. Conversely, if  $\alpha$  is between  $\alpha^{12}$  and  $\alpha_{max}^{2I}$  then the profit difference is positive, so that the profit is higher with candidate 2I.

Last, let us compare candidates 2C and 1A. We have :

$$\pi^M(w_A^{2C}, w_B^{2C}) - \pi^M(w_A^{1A}, w_B^{1A}) = \frac{y_A}{y_A + y_B} \cdot (y_A(\alpha - 1) + y_B)$$

This difference is positive if  $\alpha > (y_A - y_B)/y_A$ .

Figure 2.6 synthesizes the pairwise comparisons and defines the equilibrium for each value of  $\alpha$ . Figure 2.7 defines the parameters region leading to the different types of equilibrium. Finally, the equilibrium monopoly pricing decision can be summarized as follows :

---

6. We indeed have :  $\pi^M(w_A^{2I}, \hat{w}_B^{2I}) - \pi^M(w_A^{2I}, w_B^{2I}) = \frac{(y_A - y_B(1 + \alpha))^2}{8\alpha(y_A + y_B)} > 0$

**Lemma 2.** *Under monopoly supply of seed, the equilibrium pricing is :*

- $(w_A^{1A}, w_B^{1A})$  if  $\alpha < \alpha^{12}$  — this lead to a full coverage of the market by crop A and no profit for the farmer.
- $(w_A^{2I}, w_B^{2I})$  if  $\alpha \in [\alpha^{12}, \alpha_{max}^{2I}]$  — this leads to a sharing of the market among the two crops and positive profit for the farmer on crop A.
- $(w_A^{2C}, w_B^{2C})$  if  $\alpha > \alpha_{max}^{2I}$  — this lead to a sharing of the market among the two crops and no profit for the farmer.

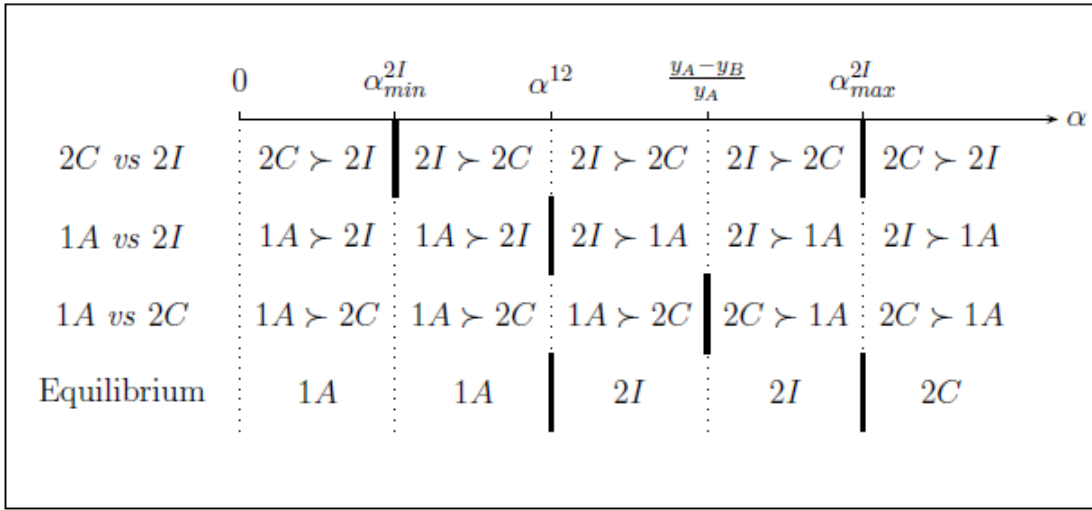


FIGURE 2.6 – Comparison of the three equilibrium candidates

The candidates  $2C$  and  $2I$  on the one hand and  $1A$  on the other hand correspond to two opposite strategies. This is illustrated in figure 2.8 with the strategies  $2C$  and  $1A$ , the strategy  $2I$  being close to  $2C$  as will be seen later. Let us first assume that the monopoly wants to reach the first best. He needs to set  $w_A = w_B$ . As indicated in lemma 1, per unit welfare is higher with crop A. Hence the best pricing for the monopoly is to define prices equal to the per unit welfare generated by crop B ( $w_A = w_B = y_B(1 - \alpha(1 - \theta^{FB}))$ ). With this pricing the monopoly's and farmer's profit are :

$$\pi^M = y_B(1 - \alpha(1 - \theta^{FB})) \quad \text{and} \quad \pi^F = \theta^{FB} \cdot (y_A(1 - \alpha\theta^{FB}) - y_B(1 - \alpha(1 - \theta^{FB})))$$

This strategy leads to the highest welfare but a significant part of it is left to the farmer, so that the monopoly profit is not maximal. Starting from this point, the monopoly can adopt

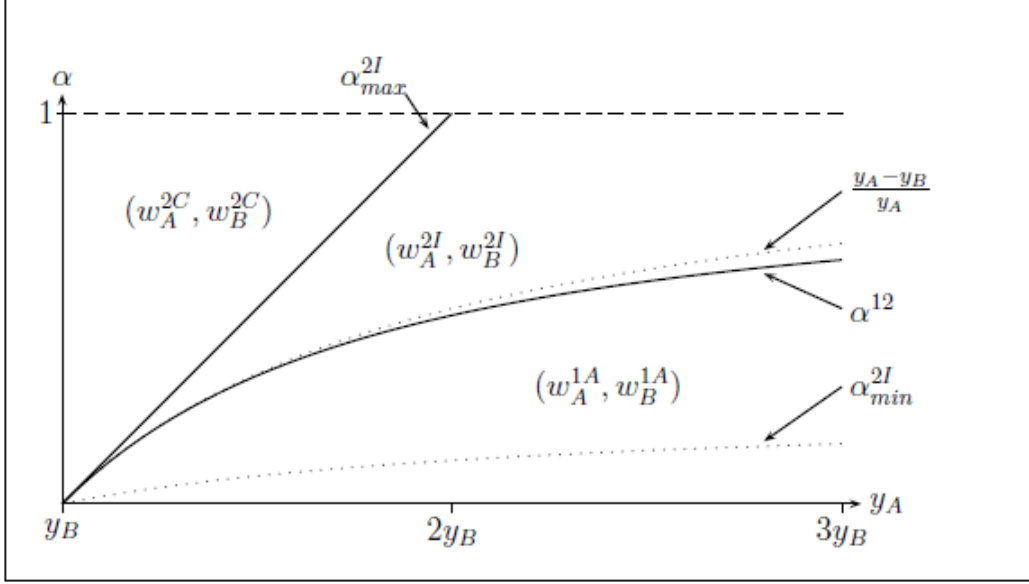


FIGURE 2.7 – Equilibrium with monopoly supply

two opposite strategies that reduce the farmer surplus to 0. With the example given in figure 2.8, these two strategies are beneficial, compared to the original situation leading to  $\theta^{FB}$ . One first strategy is to increase  $w_A$  in order to capture a larger part of the per unit welfare generated by crop A. Increasing  $w_A$  leads to a decrease of  $\theta$  and a decrease of the per unit welfare on crop B, so that  $w_B$  has to be decreased. However, as can be seen on figure 2.8, the gain on crop A outweighs the loss on crop B.<sup>7</sup> The alternative strategy is to fully cover the market with crop A and define a price equal to the per unit welfare generated by crop A. The congestion on crop A is maximum, leading to a decrease of the per unit welfare on this crop. However, with the specific value taken for figure 2.8, this level is higher compared to the per unit welfare with crop B when  $\theta = \theta^{FB}$ , so that this strategy is also beneficial.

In summary, figure 2.8 illustrates three strategies that have pros and cons for the monopoly.  $FB$  leads to the highest welfare but leaves significant profit to the farmer. The profit of the farmer is reduced to 0 with  $2C$  and  $1A$ , but the most productive crop is underused with strategy  $2C$  and overused with strategy  $1A$ .

7. Formally we have :

$$\begin{aligned} \tilde{\theta}^{2C} \cdot (y_A(1 - \alpha\tilde{\theta}^{2C}) - y_B(1 - \alpha(1 - \theta^{FB}))) &> \\ (1 - \tilde{\theta}^{2C}) \cdot (y_B(1 - \alpha(1 - \theta^{FB})) - y_B(1 - \alpha(1 - \tilde{\theta}^{2C}))) & \end{aligned}$$

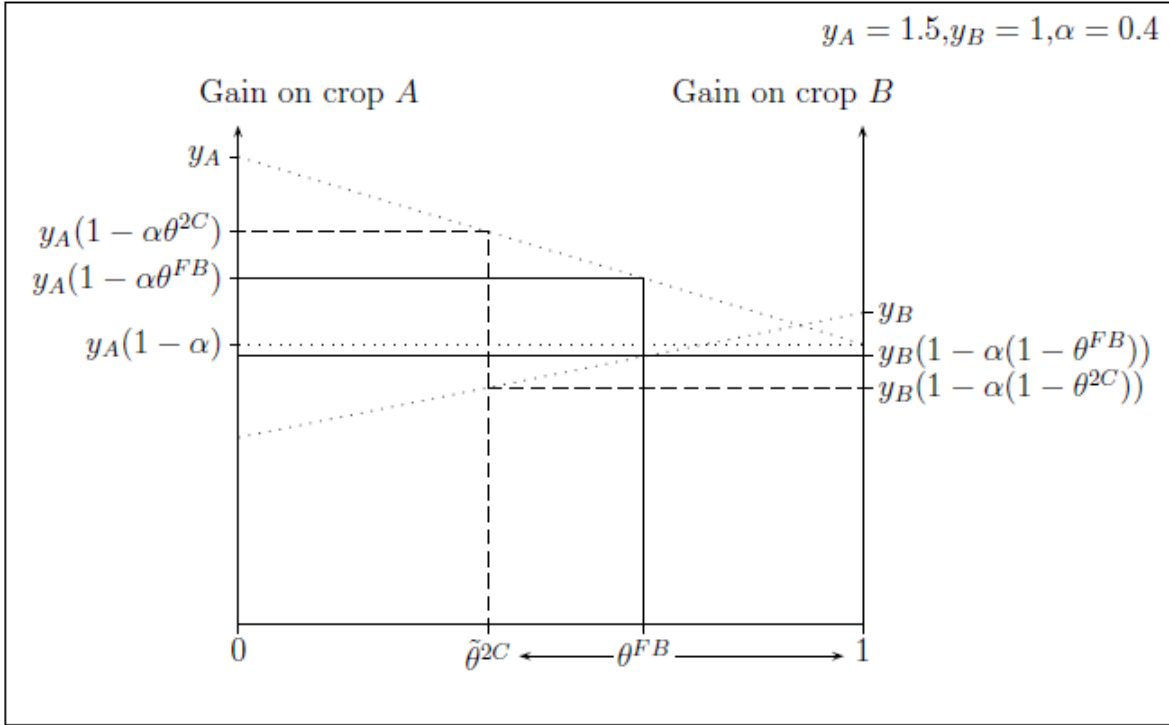


FIGURE 2.8 – Contrasting strategies 2C and 1A

Table 2.2.a provides two numerical examples that complement figure 2.8. In both examples, we can check that the farmer surplus is large if  $\theta = \theta^{FB}$ . Candidate 2I, that is not illustrated in figure 2.8, leads to a situation very close to 2C. Both strategies correspond to the same mechanism of price discrimination and lead to similar proportions of crops A and B.

These two examples illustrate the switch from one type of strategy to the other. The equilibrium is 1A in the first example ( $\alpha = 0.30$ ), and 2I in the second example, which corresponds to a small increase in the congestion effect ( $\alpha = 0.35$ ). In the two examples, the profit levels of the monopoly with the three candidates are similar with a given set of parameters. Hence, a small change in one parameter leads to a switch in the ranking of candidates. This switch has a drastic effect on the proportion of the two crops : we jump from  $\tilde{\theta}^{2I} = 0.467$  for  $\alpha = 0.35$  to the extreme value  $\tilde{\theta}^{1A} = 1$  for  $\alpha = 0.30$ .

The discontinuity in the equilibria can also be seen when the maximum potential productivity of crop A increases (table 2.2.b). In this case, the equilibrium is 2C for  $y_A = 1.6$ , and 1A for a small increase in  $y_A$  up to  $y_A = 1.8$ . This switch entails a jump in the crops' proportion from  $\tilde{\theta}^{2I} = 0.43$  (for  $y_A = 1.6$ ) to  $\tilde{\theta}^{1A} = 1$  (for  $y_A = 1.8$ ). An interesting implication is that a small increase in the potential productivity of one crop leads to the other crop no

TABLE 2.2 – Characteristics of the first best and equilibrium candidates : some examples

Table 2.2.a. Two values for  $\alpha$  with  $y_A = 1.5, y_B = 1$

|                  | $\alpha = 0.30$ |           |           |           | $\alpha = 0.35$ |           |           |           |
|------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
|                  | <i>FB</i>       | <i>2C</i> | <i>2I</i> | <i>1A</i> | <i>FB</i>       | <i>2C</i> | <i>2I</i> | <i>1A</i> |
| $w_A$            | 0.920           | 1.320     | 1.240     | 1.050     | 0.890           | 1.290     | 1.230     | 0.975     |
| $w_B$            | 0.920           | 0.820     | 0.840     | > 1.450   | 0.890           | 0.790     | 0.805     | > 1.525   |
| $\tilde{\theta}$ | 0.733           | 0.400     | 0.467     | 1         | 0.686           | 0.400     | 0.443     | 1         |
| $W$              | 1.103           | 1.020     | 1.050     | 1.050     | 1.061           | 0.990     | 1.010     | 0.975     |
| $W^F$            | 0.183           | 0         | 0.022     | 0         | 0.171           | 0         | 0.017     | 0         |
| $W^M$            | 0.920           | 1.020     | 1.037     | 1.050     | 0.890           | 0.990     | 0.993     | 0.975     |

Table 2.2.b. Two values for  $y_A$  with  $y_A = 1.5, \alpha = 0.4$

|                  | $y_A = 1.6$ |           |           |           | $y_A = 1.8$ |           |           |           |
|------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|                  | <i>FB</i>   | <i>2C</i> | <i>2I</i> | <i>1A</i> | <i>FB</i>   | <i>2C</i> | <i>2I</i> | <i>1A</i> |
| $w_A$            | 0.87        | 1.35      | 1.27      | 0.96      | 0.89        | 1.54      | 1.38      | 1.08      |
| $w_B$            | 0.87        | 0.75      | 0.77      | > 1.64    | 0.89        | 0.74      | 0.78      | > 1.72    |
| $\tilde{\theta}$ | 0.67        | 0.38      | 0.43      | 1         | 0.71        | 0.36      | 0.45      | 1         |
| $W$              | 1.07        | 0.98      | 1.01      | 1.00      | 1.17        | 1.03      | 1.09      | 1.08      |
| $W^F$            | 0.20        | 0         | 0.02      | 0         | 0.28        | 0         | 0.04      | 0         |
| $W^M$            | 0.87        | 0.98      | 0.99      | 0.96      | 0.89        | 1.03      | 1.05      | 1.08      |

longer being cultivated.

Figure 2.9 illustrates more the discontinuity in the equilibrium value of  $\tilde{\theta}$  at the threshold value  $\alpha^{12}$ , when one switches from strategy *1A* to strategy *2I*. More precisely, if  $\alpha < \alpha^{12}$ , crop *B* is no longer cultivated ( $\tilde{\theta}^{1A} = 1$ ). Conversely, if  $\alpha > \alpha^{12}$  we can show<sup>8</sup> that we always have  $\tilde{\theta} < 0.5$ . Figure 2.10 also illustrates this discontinuity for various  $y_A$  increases over

8. Both  $\tilde{\theta}^{2C}$  and  $\tilde{\theta}^{2I}$  are lower than 0.5 when  $\alpha > \alpha^{12}$ . We have  $\tilde{\theta}^{2C} = y_B/(y_A + y_B) < 0.5$ . We also have  $\tilde{\theta}^{2I} < 0.5$  because  $\tilde{\theta}^{2I}$  is decreasing in  $\alpha$  and lower than 0.5 if  $\alpha = \alpha^{12}$ .

$$\tilde{\theta}^{2I} \Big|_{\alpha=\alpha^{12}} = \frac{1}{2} - \frac{(2y_A - y_B)\sqrt{2y_A(y_A + y_B)} - y_B(y_A + y_B)}{2(y_A + y_B)(4y_A + y_B + 2\sqrt{2y_A(y_A + y_B)})}$$

This value is lower than 1/2 because

$$(2y_A - y_B)\sqrt{2y_A(y_A + y_B)} - y_B(y_A + y_B) = y_B^2 \cdot \left( 2y_A/y_B - 1\sqrt{2y_A/y_B(y_A/y_B + 1)} - (y_A/y_B + 1) \right) \geq 0 \quad \text{for } y_A/y_B \geq 1$$

$y_B$  and for various values of  $\alpha$ .<sup>9</sup>

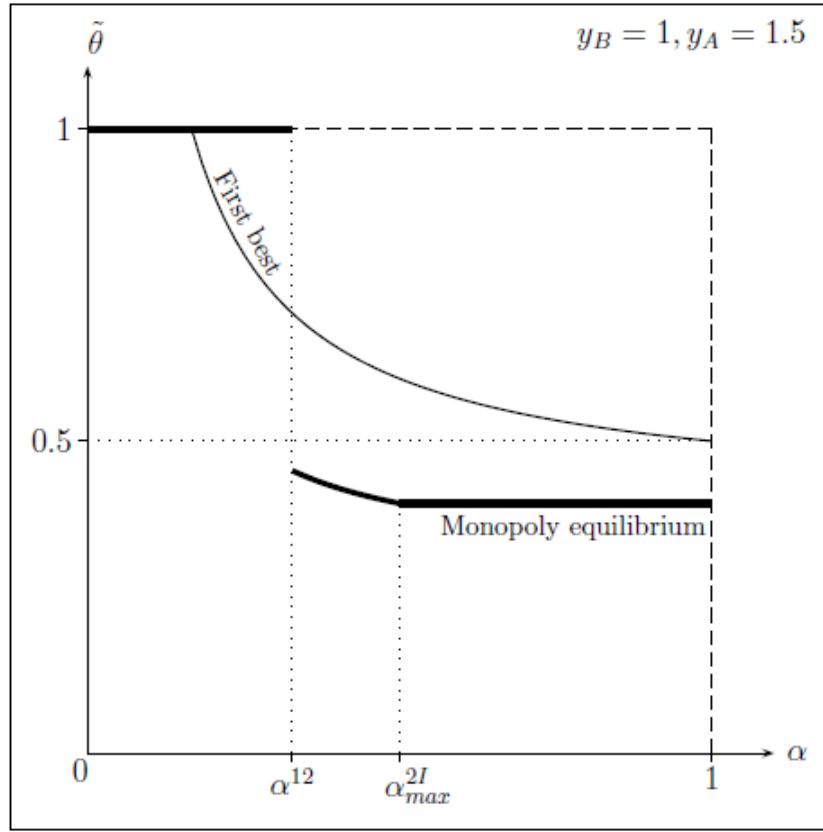


FIGURE 2.9 – Equilibrium and first best value of  $\theta$  as a function of  $\alpha$

Last, figure 2.11 synthesizes the properties of the equilibrium value of  $\tilde{\theta}$  for any parameter value. This result is summarized in the following proposition.

**Proposition 1.** *When the congestion effect is weak, the first best is to grow only the most productive crop, and this is implemented in equilibrium.*

*When the congestion effect is larger, the first best is to grow both crops with a higher share of the one with the highest potential productivity. The equilibrium never leads to the first best : it leads to a full (and excessive) coverage by the most productive crop for intermediate values*

9. Note that the threshold value  $\alpha^{12}$  between  $2I$  and  $1A$  is equivalent to a threshold value on  $y_A$  :

$$\alpha > \alpha^{12} \Leftrightarrow \alpha > 0.85 \text{ or } y_A < y_A^{12} \quad \text{with} \quad y_A^{12} = \frac{1 - 3\alpha - 2\alpha\sqrt{2(2 - \alpha - \alpha^2)}}{1 - 8\alpha - 8\alpha^2} \cdot y_B$$

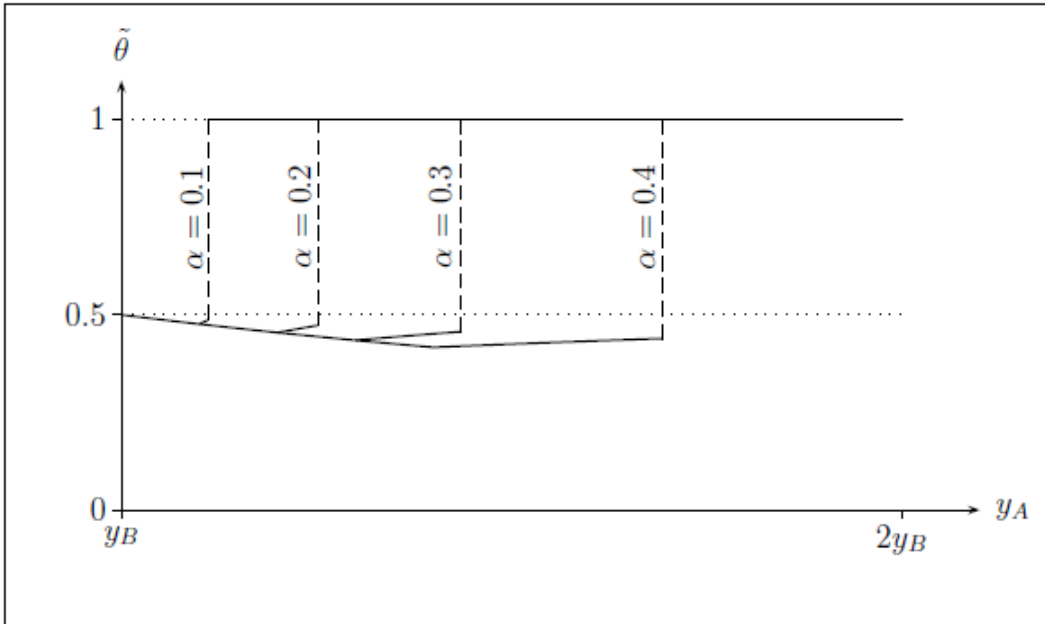


FIGURE 2.10 – Crop proportion at the equilibrium ( $\tilde{\theta}^*$ ) as a function of  $y_A$

*of the congestion effect; and to a minority (and insufficient) coverage by the most productive crop for high values of the congestion effect.*

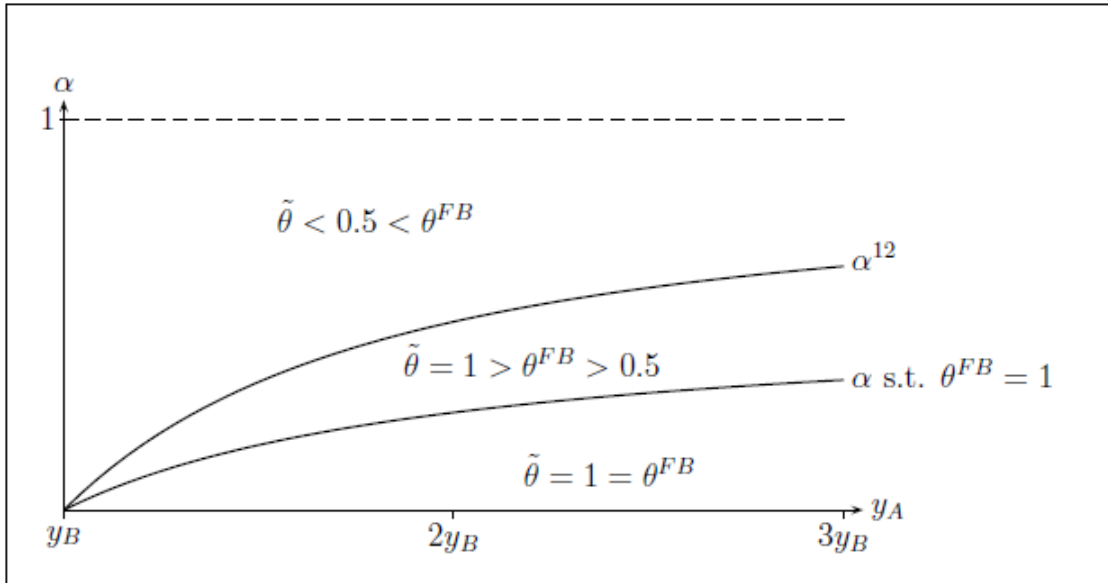


FIGURE 2.11 – Crop proportion at the equilibrium ( $\tilde{\theta}^*$ ) and the first best ( $\theta^{FB}$ )



## 2.4 R&D investment by the monopoly

We assume now that the monopoly has the opportunity to increase the potential productivity by investing in research and development. We suppose that the research investment on crop  $i$  leads to an improvement of the yield from  $y_i$  to  $y_i + \delta_i$ , and costs  $\delta_i^2/2$ . There is no economies of scope between the research on the two crops so that the research costs for the two crops are separable and additive. In the symmetric case where the yield before the research investment are identical ( $y_A = y_B$ ), then the research investment on the two crops are identical. We examine here the situation where the initial situation is asymmetric, and keep the assumption that  $y_A > y_B$ . Does research investment leads to increase or to attenuate this asymmetry ?

The net profit of the monopoly is

$$\Pi^M = \pi^M(y_A + \delta_A, y_B + \delta_B) - \frac{\delta_A^2}{2} - \frac{\delta_B^2}{2}$$

The research investment is chosen on the basis of the marginal effect on the profit earned *ex post*, after the research investment. Note that the pricing equilibrium correspond now to a subgame equilibrium. The different types of pricing equilibrium presented before (2C, 2I, 1A) leads to different level of research investment. We first characterize the optimal research decision knowing the equilibrium research *after* the investment. We then analyze the optimal research decision for any initial situation ( $y_A, y_B$ ) *before* the investment. For this second part, the analysis is restricted to the case where  $y_B = 1$  because the the solution for the optimal investment are not tractable in some cases.

**Lemma 3.** *If the optimal research investment leads to a subgame equilibrium where the two crops are grown, then we can conclude that the investment on the most productive crop (ex post) has been lower compared to the other crop. Conversely, if the optimal research investment leads to a subgame equilibrium where only one crop is grown, then we can conclude that the investment has been focused only on this crop.*

Consider first the subgames 2C and 2I where the two crops are grown. The result can be established by analyzing the impact of a marginal variation of  $y_A$  or  $y_B$  on the gross profit. More precisely, we need to show that, at the *ex post* position ( $y'_A, y'_B$ ), we have  $\partial \pi^M / \partial y'_A < \partial \pi^M / \partial y'_B$ .

This is indeed checked with  $2C$  because :

$$\frac{\partial \pi_{2C}^M}{\partial y'_A} - \frac{\partial \pi_{2C}^M}{\partial y'_B} = -\frac{(2-\alpha)(y'_A - y'_B)}{y'_A + y'_B} < 0$$

With  $2I$  we have :

$$\frac{\partial \pi_{2I}^M}{\partial y'_A} - \frac{\partial \pi_{2I}^M}{\partial y'_B} = \frac{(4y'_A - 5y'_B)\alpha^2 - (7y'_A - 5y'_B)\alpha + 2(y'_A - y'_B)}{4(y'_A + y'_B)}$$

The numerator is quadratic in  $\alpha$  and it can be shown that it is always negative for  $\alpha > \alpha^{12}$ , which is a condition for being in situation  $2I$ .<sup>10</sup>

Consider now the subgame  $1A$  where only one crop is grown. Then the most simplest way to prove lemma 3 is to compile directly the optimal level of investment :

$$\frac{\partial \Pi_{1A}^M}{\partial \delta_A} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \delta_A = \delta_A^{1A} \quad \text{with} \quad \delta_A^{1A} = 1 - \alpha$$

and

$$\frac{\partial \Pi_{1A}^M}{\partial \delta_B} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \delta_B = \delta_B^{1A} \quad \text{with} \quad \delta_B^{1A} = 0$$

In the rest of this section we denote :

$$(\delta_A^X, \delta_B^X) = \operatorname{argmax}_{(\delta_A^X, \delta_B^X)} \Pi_X^M \quad \text{with} \quad X \in \{2C, 2I, 1A\}$$

$(\delta_A^{1A}, \delta_B^{1A})$  is defined above.  $(\delta_A^{2A}, \delta_B^{2A})$  and  $(\delta_A^{2I}, \delta_B^{2I})$  are not tractable but they can be compiled numerically for any value of  $y_A$ ,  $y_B$  and  $\alpha$ .

The properties of lemma 3 are defined with respect to the value of  $y_A$  and  $y_B$  *after* the R&D. We now analyze the equilibrium for any value of  $y_A$  and  $y_B$  (such that  $y_A > y_B$ ) *before* the R&D. One important observation is that, for a given initial (i.e. before R&D) position, different investment strategies leading to different types of subgame (pricing) equilibrium can be adopted.

This is illustrated with figure 2.12. Note that this figures requires to translate the condition

---

10. The numerator is negative because : if  $y'_A < 4y'_B/5$ , it is concave in  $\alpha$  and the higher root is lower than  $\alpha^{12}$ , and alternatively, if  $y'_A > 4y'_B/5$ , it is convex in  $\alpha$  and the interval  $[\alpha^{12}, 1]$  is included between the two roots.

on  $\alpha$  leading  $2C$ ,  $2I$  or  $1A$  (cf. lemma 2 and figure 2.7) as conditions on  $y_A$ .<sup>11</sup> The initial position ( $\circ$ ) is such that, without research investment, the monopoly adopt a  $2C$  pricing strategy. We then consider the best research investment with each type of pricing strategy ( $2C$ ,  $2I$  and  $1A$ ) and check whether the strategy that has been considered can indeed be implemented in the final position after R&D. This is indeed the case for  $1A$  and  $2C$ . More precisely, the pricing strategy in the position  $(y_A^\circ + \delta_A^{1A}, y_B^\circ + \delta_B^{1A})$  is indeed  $1A$ , and the pricing strategy in the position  $(y_A^\circ + \delta_A^{2C}, y_B^\circ + \delta_B^{2C})$  is indeed  $2C$ . Conversely, this is not the case with  $2I$  because  $(y_A^\circ + \delta_A^{2I}, y_B^\circ + \delta_B^{2I})$  is in the region where the pricing strategy is  $2C$ . The optimal research strategy requires to compare the net profit with  $(y_A^\circ + \delta_A^{1A}, y_B^\circ + \delta_B^{1A})$  and  $(y_A^\circ + \delta_A^{2C}, y_B^\circ + \delta_B^{2C})$ . The results are presented in table 2.3 and we observe that the net profit is higher if the monopoly chooses  $(\delta_A^{1A}, \delta_B^{1A})$ . Hence, starting at  $(y_A^\circ, y_B^\circ)$ , the pricing strategy without research investment is  $2C$ , leading the farmer to grow two crops, while the optimal research investment leads to a pricing strategy  $1A$  and the farmer to grow only one crop. In table 2.3, we also consider the alternative case where  $y_A = 1.1$  (instead of  $y_A = 1.2$  in the previous example). In this case, the research investment can also lead to  $(y_A^\circ + \delta_A^{1A}, y_B^\circ + \delta_B^{1A})$  and  $(y_A^\circ + \delta_A^{2C}, y_B^\circ + \delta_B^{2C})$ , but the profit is higher in the last case.

Table 2.4 illustrates an alternative case with higher congestion effect ( $\alpha = 0.5$  instead of  $\alpha = 0.25$  in figure 2.12 and table 2.3). With the two initial positions ( $y_A = 2.2$  or  $2.3$ ) the optimal pricing strategy without research is  $1A$ . Research strategy can lead either to as pricing strategy  $2I$  and  $1A$  and, with  $y_A = 2.2$ , the net profit is higher if the final position leads to a  $2I$  pricing. In this particular case, the pricing strategy leads the farmer to grow two crops with research and only one crop without research.

The comparison made in table 2.3 and 2.4 can be extended to any value of  $\alpha$  (between 0 and 1) and  $y_A$  between 1 and 3. The results are presented in figure 2.13. Remind that the optimal research investment leading to a pricing  $2C$  and  $2I$  are not tractable. Hence, we build figure 2.13 on the basis of numerical compilation for a large number of parameters value.<sup>12</sup> This figure enables to establish the following proposition.

---

11.  $\alpha = \alpha_{max}^{2I}$  is equivalent to  $y_A = y_A^{IC}$  with  $y_A^{IC} = (1 + \alpha) \cdot y_B$ . Also

$$\alpha = \alpha^{12} \Leftrightarrow y_A = y_A^{12} \quad \text{with} \quad y_A^{12} = \frac{1 - 3\alpha - 2\alpha\sqrt{2(2 - \alpha - \alpha^2)}}{1 - 8\alpha - 8\alpha^2} \cdot y_B$$

The subgame pricing equilibrium is  $2C$  if  $y_A < y_A^{IC}$ ,  $2I$  if  $y_A \in [y_A^{IC}, y_A^{12}]$ , and  $1A$  if  $y_A > y_A^{12}$ .

12. The compilation was made with a program in C. We compile the equilibrium for all combinations between 21 values of  $y_A$  between 1 and 3 (with a step of 0.1) and 1001 values of  $\alpha$  between 0 and 1 (with a step of 0.001).

**Proposition 2.** *Research investments affect the range of crops grown at the equilibrium. The set of parameters leading to an equilibrium where two crops are grown (rather than one) is reduced with low congestion effect and extended with large congestion effect.*

In other words, research investments attenuate the effect of the initial difference between  $y_A$  and  $y_B$  and increase the impact of the congestion effect  $\alpha$ . Indeed, if we observe the threshold value on  $\alpha$  between the equilibrium with one and two crops (figure 2.13) this value is less sensitive to  $y_A$  if the potential productivity is endogenous rather than exogenous.

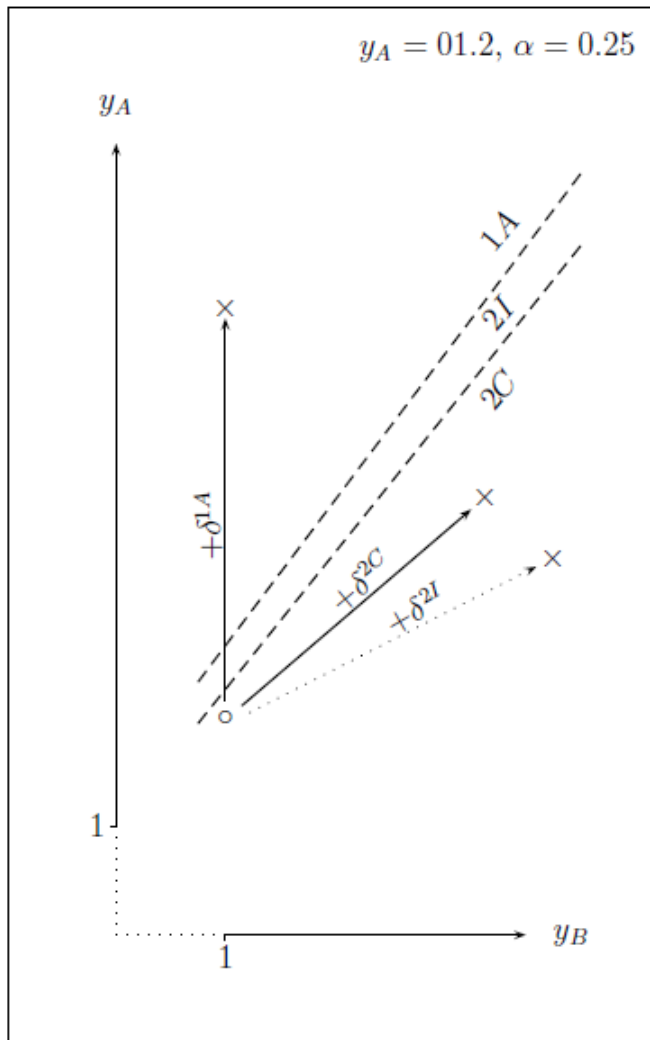


FIGURE 2.12 – An example of position shift resulted from R&D

TABLE 2.3 – Some examples of comparison of research strategies ( $\alpha = 0.25$ )

| $y_A$                               | 1.1   |       |       | 1.2   |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pricing strat. after R&D            | 2C    | 2I    | 1A    | 2C    | 2I    | 1A    |
| $\delta_A$                          | 0.419 | 0.271 | 0.750 | 0.402 | 0.291 | 0.750 |
| $\delta_B$                          | 0.456 | 0.671 | 0     | 0.475 | 0.599 | 0     |
| $(y_A + \delta_A)/(y_B + \delta_B)$ | 1.043 | 0.848 | 1.850 | 1.086 | 0.932 | 1.950 |
| $\Pi^M$                             | 1.109 | 1.142 | 1.106 | 1.150 | 1.170 | 1.181 |

with  $\alpha = 0.25$ ,  $y_A^{IC}/y_B = 1.25$  and  $y_A^{I2}/y_B = 1.33$

TABLE 2.4 – Some examples of comparison of research strategies ( $\alpha = 0.50$ )

| $y_A$                               | 2.2   |       |       | 2.3   |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pricing strat. after R&D            | 2C    | 2I    | 1A    | 2C    | 2I    | 1A    |
| $\delta_A$                          | 0.229 | 0.241 | 0.500 | 0.221 | 0.241 | 0.500 |
| $\delta_B$                          | 0.558 | 0.539 | 0     | 0.570 | 0.538 | 0     |
| $(y_A + \delta_A)/(y_B + \delta_B)$ | 1.559 | 1.586 | 2.700 | 1.606 | 1.652 | 2.800 |
| $\Pi^M$                             | 1.242 | 1.243 | 1.225 | 1.264 | 1.267 | 1.275 |

with  $\alpha = 0.50$ ,  $y_A^{IC}/y_B = 1.50$  and  $y_A^{I2}/y_B = 2.08$

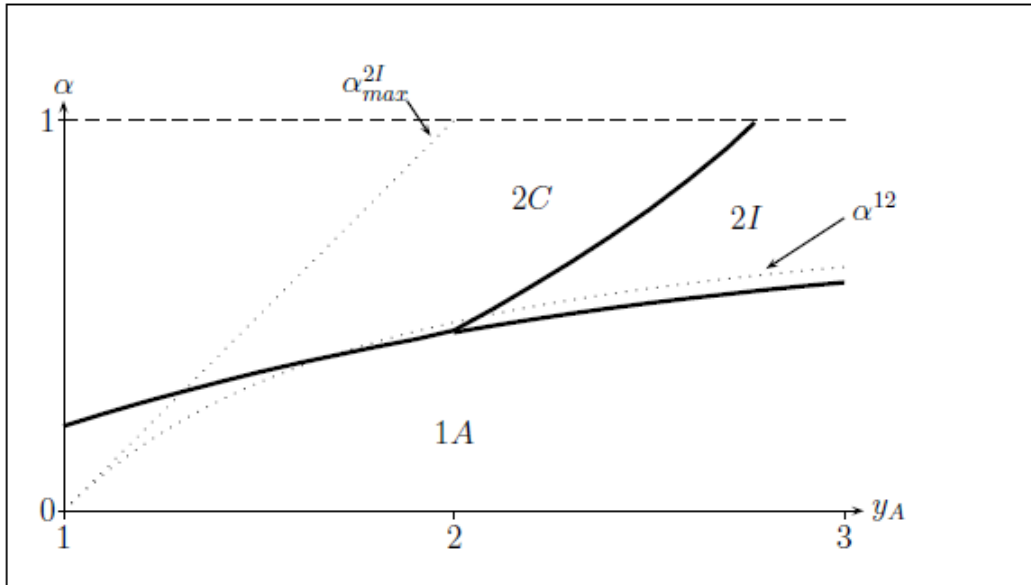


FIGURE 2.13 – Equilibrium with monopoly supply and endogenous R&D

## 2.5 Conclusion

This chapter presents a model where we analyze how some congestion on the demand side affects the pricing and research strategy of a monopoly. With high enough congestion effect, the first best is to grow a mix of two crops. However, the equilibrium is qualitatively different and the monopoly strategy leads either to an full coverage of the market by the most productive crop or to an insufficient proportion of this crop. This result is still observed if research incentives are taken into account. Taking research incentives into account increases the impact of the congestion effect and attenuates the effect of the initial difference between the potential productivity of the two crops.

Several extension of this analysis are worth mentioning. First, the robustness of the results should be analyzed when some assumption are relaxed. What are the properties when some competition is introduced on the supply side (ex : duopoly between one supplier of seed  $A$  and one supplier of seed  $B$ )? We need also to consider the possibility for the farmer not to cover the whole market with crop  $A$  and  $B$  when the congestion effect is important. Secondly, more general setting should be considered. If we consider the pest problem as the reason for the congestion effect, the farmer can eliminate all or part of the congestion problem by using pesticide. How does this influence the seed supply equilibrium? Also, what would happen if the pesticide and one of the seed are supplied by the same company as it can be

anticipated from the merger of Bayer and Monsanto? At last, we consider a setting without externality. Indeed, if market power is eliminated, the two prices are identical and the first best is reached. However, growing only one crop rather than two reduces the biodiversity and this may generate negative externality. Also, using technology like pesticide to eliminate congestion effect can also generate negative externality. What are the policy instrument that can be used to moderate such negative externalities?

## Chapitre 3

# Alternative Plant Breeding Research Funding

*We would like to thank Richard Gray for his very helpful comments on this chapter.*



## 3.1 Introduction

Research and Development are in the core of crops improvement. Typically, three different systems undertake R&D in plant breeding : the public sector, where research is made by national organizations such as the USDA in the U.S or INRA in France, and thus funded by the tax payers. The private sector, where research is funded by the market, and where price equilibrium reflects a price mark-up that covers the costs of R&D. The Producer Controlled Organizations (PCO), where farmers are directly involved in crop improvement decisions, and where research is funded either by patronizers fees, or by a system of end-point royalties (EPR).

There is a growing body of recent evidences that shows that private R&D is growing faster than public (Alston *et al.*, 2009; Fuglie *et al.*, 2012). As stated by Curtis and Nilson (2012), in developed areas of the world plant breeding is not a priority for public research investment anymore, and new varieties are now almost exclusively developed and owned by Investor Own Firms (IOF). The latter are typically interested in collecting royalties in return for the use of their Intellectual Property Rights, by different mechanisms such as : Plant Breeder's Rights (PBR), patents on genes, use of contract law, Hybrid crops (that deters the use of farm saved seeds) and trade secrets.

One of the major factor influencing returns to investments in R&D by for-profit firms is market size. As shown by Acemoglu and Linn (2004) or Dubois *et al.* (2015) in the pharmaceutical sector, firms have an incentive to invest in big-size markets, and therefore tend to focus their R&D effort level on those major markets. Charlot *et al.* (2015) find a similar results in the seed markets in France. This leads to a chronic under-investment in minor crops, and thereby create orphan markets.

Nevertheless, it exists other mechanisms to cover the costs of R&D without charging a higher seeds price. In what follows, we present some successful Producers Control Organization (PCO) that have been able to address the funding gap through a levyfunding system. Other non-profit organizations can also play a major role in some areas, such as philanthropic associations in Africa and local crops.

The purpose of this note is to present examples of such alternative funding mechanisms in different countries. We start by PCOs using end-point royalties to fund R&D, and we then introduce some important philanthropic organizations that have been playing an increasing function in crop research for the last decades.

## 3.2 The Producers Associations and the Levyfunding

An important alternative way to fund R&D in agriculture is the collective Levyfunding. In such systems, R&D is collectively funded through compulsory levies imposed on farmers, who become directly involved in the research process. It ensures organizational efficiency in that seeds users can exert influence on the content of research. Because of a large number of levy payers, farmers are usually represented through a board with decision-making authority. Unlike a classical market-based funding, as a monopoly who charge a price mark-up that reflects the costs of R&D in an input seed royalty system, the levy is generally collected by an End Point Royalty (EPR).

An EPR is a mechanism used by plant breeding companies to recover their return on investment. It is a fee paid on every tonne of grain produced (and sold as grain) by growers for each particular variety. The EPR amount is set by the variety owner (breeder) when the variety is released, and may vary between varieties. It is a risk sharing mechanism, whereby the grower of the crop pays a royalty based on production rather than a defined fee for the relevant variety, and has the advantage of giving industry voice in research funding and allocation decisions. The basic mechanism is as follows : Patronizers pay a tax (levy) on the gross sale of their production, an organism is charged to collect and redistribute the amount of the levy raised, and allocate it to a R&D organization. Among different EPR systems that we will see later, several differences occur :

- The amount of the levy can be different among varieties, or uniform among crops (and thereby raises a cross-subsidization issue : a levy collected on lentils in the Saskatchewan Pulse Growers for instance can be used to create new chickpeas varieties)

- The collected funds can be allocated to a public or private organization, or to private-public-producers partnerships. It is thus managed by an organism in charge to allocate it to research projects.

- The Levy can be refundable or not.

- A government matching rate can be added or not.

In what follows, we present several example of such a funding mechanism, in Canada, Australia and France<sup>1</sup>. Each country system has it own specificity, and differs in the levy

---

1. Many other examples exist we don't present here such as : Uk Cereals, Canadian Canola, US Cereals or the Dairy Commodity Board in Netherlands

rate, collecting process and redistribution. Even if producers controlled levy can also lead to under-investment in research, we present here three examples of successful programs, starting by the case of Canada and one of the most successful growers association, the Saskatchewan Pulse Growers.

### 3.2.1 The Saskatchewan Pulse Growers

In Canada, it exists a dozen of Growers associations, in general focused on specific geographical area and crops. We focus our study on the Saskatchewan Pulse Growers (SPG), recognized as a very successful producers association to fund R&D, and a very good example of how growers can become actively involved in the development of an industry. Indeed, according to [Gray and Bolek \(2010\)](#), crops producers have been generally able to address the funding gap through non-refundable levies. For instance, in the 2003-2013 period, the SPG was able to provide 89 % of the funds used to crop sector research while Alberta Pulse Growers, Manitoba Pulse Growers and Western Grain Research foundation provided respectively only 4.5, 4.8 and 1.7 % of this funds.

Established in 1984, the former Saskatchewan Pulse Development Board, now SPG, represents more than 20,000 pulse crop producers in Saskatchewan. It is directed by board of seven elected pulse farmers, for a length of 3 years. An independent organism appointed by the minister of Agriculture and Food, the Saskatchewan Agri-food council, is in charge to supervise the activities of the SPG.

The SPG is funded through a levy of 1 % of the value of the gross sale of all pulse crops, not refundable. When a producer sells pulse crops, a check-off is deduced at the first point of distribution. It is worthwhile to precise that in 2003, after 20 years of increasing yield for farmers, the latter voted for an increase in the levy rate, that was 0.5 % before. The SPG then uses this levy to fund research projects and others organization's activities. One can notice that in this case, the Canadian government doesn't provide matching rate grants, but rather has a system of ad hoc tax credits.

between 1985 and 2004, 25 million CAD have been collected by the SPG. According to [Gray \*et al.\* \(2008\)](#), the outcomes of research expenditures should be in 2024 in excess of 1.6 billions CAD, for a net benefice for producers of 682 million CAD. [Gray \*et al.\* \(2008\)](#) estimate an internal rate of return of 39 % for producers, far above market interest rate. The benefit/costs ratio is also very high. Those authors also estimate a 20.2 B/C from 1984 to 2024, in other words SPG research investment should create 20 \$ in benefits for every 1 \$

invested by producers (with a ratio going to 27.8 to 1 in genetic research).

The research is then undertaken by many SPG partners, such as the University of Saskatchewan’s Crop Development Center (CDC) pulse breeding program, Pulse Days, etc.. An effort is also made to increase the demand through Canadian and international market. All new varieties are owned by the CDC, and SPG receive the exclusive rights to distribution, providing the industry to have access to new pulse varieties through different release programs. The distribution rights of a new variety are given exclusively to a firm in exchange for royalties paid directly to the SPG, for a 10 years period, in order to create incentives to develop new markets.

As we can see in figure 3.1, this system led to a rapid increase in pulse crops areas in Saskatchewan. According to [Gray \*et al.\* \(2008\)](#), the number of pulse crops varieties has increased by 40 %, and in parallel allowed to diversify farmers incomes, augmented crop rotations, and improved carbon sequestration. Today, the SPG are the first pulse crops producers and exporters in Canada.

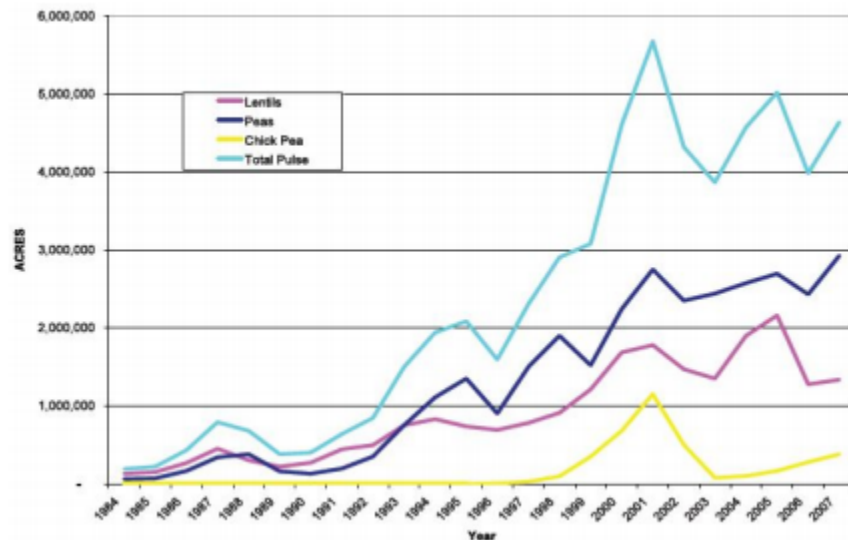


FIGURE 3.1 – Evolution of pulse crop areas in Saskatchewan.

### 3.2.2 The Australian Grain Research and Development Corporation

Established in 1989, the Australian Grain Research and Development Corporation (GRDC) is an example of public-private-producer partnerships that have had a profound effect on the

Australian agriculture research system. It established a large pool of levy based industry funding, and became the largest funding source for agricultural research in Australia.

It is funded by a mandatory levy of 1 % on the value of farm sales of 24 grains (which is determined by the industry's peak bodies Grains Producers Australia (GPA) and Graingrowers Ltd (GGL)), oilseed and pulse crops, and is matched by the Australian government up to a maximum of 0.5 % of the value of sales. With the creation of the Plant Breeder's Rights Acts in 1994, providing the legal framework for the collection of EPRs, this mechanism has provided an approximate amount of 100 millions Australian Dollars (AUD) per year through levies collecting, plus AUD 50 millions in matching government contributions (see [Alston and Gray \(2013\)](#)). Now, 100 % Wheat breeding in Australia is funded by EPR's, which includes work in public institutions and farmer led research groups.

It is involved in almost every field of R&D, from variety testing to strategy development. It is working with the Commonwealth, state governments and many research institutions, to create a coordinated national grains innovation system. It has a national advisory council, three regional councils, and its board is composed by eight members, of whom nominated by producers associations. In 1999, the GRDC announced three partnerships to create three new wheat companies, each with minority GRDC share ownership : Australian Grain Technologies, Intergrain and HRZ wheat, each firms also having shares in multinational private firms. Those firms invest revenues from EPRs to fund wheat breeding programs.

The GRDC is also a primary investor for wheat R&D, working with universities, provincial governments and major wheat variety development companies. In 2008, they spent AUD 56.3 millions on cross-commodity research, AUD 10 millions on coarse grains, 7.4 millions on grain legumes, 3.6 million on oilseed and 12 millions on wheat.

Hence, this public-private-producer partnership has reached the point where EPR revenues were sufficient to cover any breeding costs. The establishment of EPRs has attracted investment and created a private seed industry, well coordinated wheat research system that enforced the Australian competitive position in the global grain industry. Figure 3.2 provides a good overview of research intensity levels compared to other systems :

### 3.2.3 The French Contribution Volontaire Obligatoire

In France, the *Contribution volontaire Obligatoire* (CVO) is a dedicated tax aiming at developing the agricultural sector. It is collected by 90 inter-professional organisms in order to fund collective actions. It is voluntary (*volontaire*), because proposed by any profes-

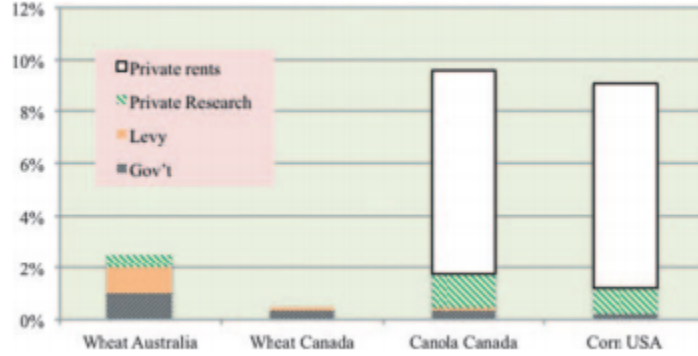


FIGURE 3.2 – Comparison of research intensities across funding regimes.

nal organizations branches in an inter-professional partnership framework, and mandatory (*obligatoire*), because every actors in a specific sector has to pay it. As for the SPG and the GRDC, in 2001 a system of EPRs has been established for the wheat industry.

The levy is an uniform 0.5 per metric tonne. It is collected by the grain handling companies, and then sent to the Groupement National Interprofessionnel des Semences (GNIS). After, a property rights management system, the SICASOV<sup>2</sup> receives the collected amount and allocates those royalties according to breeder's market share (saving 15 % of it for common interest projects). This organism members are plant breeders and right owners, both public and private.

In order to deal with the issue of farm-saved seeds, the levy applies to the harvested product and is collected at the first point of sale. Farmers have to declare their farmsaved seeds from their production<sup>3</sup>. Once funds are collected by the GNIS, they are redistributed at a 80 % level to the cultivar owner, and the other 20 % goes to wheat research, through the authority of the *Fond de Soutien a l'Obtention Vegetale* (FSOV), which represents around 15 millions Euros each year.

One can notice that in the French system, the royalties are paid twice. One as a EPR, paid at the first point of sale, a second one as private royalty paid on purchased seed (or on farm-saved seeds). An exemption occurs with small producers (that is to say producing less than 92 tonnes), or with public varieties (older than 20 years old). Hence, the CVO is in part returned to variety owners, and a special levy is paid for farm-saved seeds. In 2014, the CVO has been extent to other crops, such as barley, oat, rye, spelt and rice. The levy rate is the same for all varieties.

2. *Société Coopérative d'Intérêt Collectif Agricole des Sélectionneurs Obtenteurs de Variétés Végétales*

3. They have to pay 0.7 Euro/tonne CVO to the variety's owners

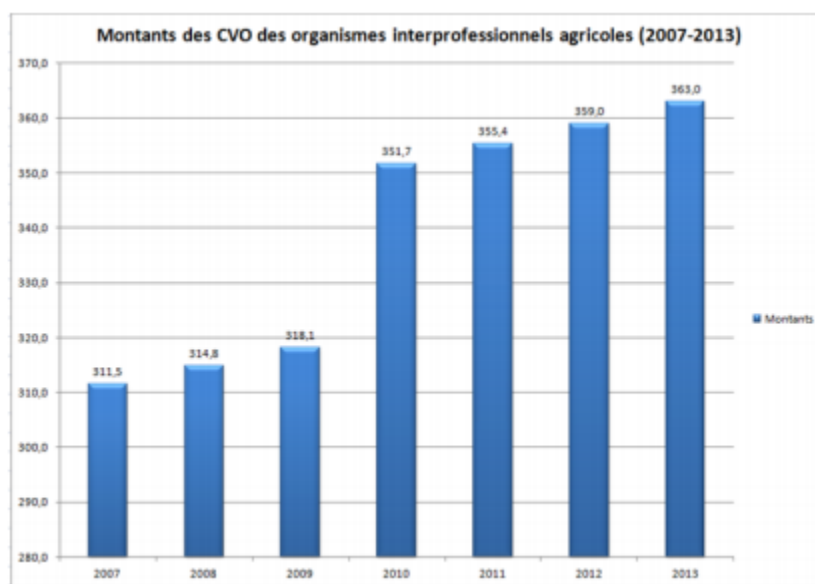


FIGURE 3.3 – CVO’s amount of agricultural inter-professional organisms.

The collective Levy-funding is a mechanism by which a breeder can license a variety to a grower and impose an EPR. In many cases, the amount collected by the organism will be redistributed in part to the variety owners, and in part to research projects (For instance, in France, 15 % of the collected levy is allocated to R&D, while the 85 % remained goes to varieties owners). According to the work of Richard Gray ([Gray et al., 2008](#); [Gray and Bolek, 2010](#); [Gray et al., 2012](#)), this system has many advantages over the use of classical strong Intellectual Property Rights :

First, it represents a performance based return to the breeder for successful crop breeding, the risk is shared between breeders and growers. Second, eliminating the seed royalty encourages growers to use optimal seeding rates, and thereby accelerates the adoption of new crops. Last, it provides an incentive to firms to invest in plant breeding and value add to the grains industry by producing better varieties that raise productivity (higher yield), price (improved quality), or protect loss in productivity (disease resistance and stress tolerance), therefore improving the profitability of cropping.

## **3.3 The philanthropic associations**

### **3.3.1 Bill and Melinda Gates Foundation**

In 2006, the Gates and Rockefeller Foundations established the Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA), in response to the call of Koffi Annan for a increased effort in food security. At this starting point, the Gates foundation provided more than 410 USD, including 56 million \$ to increase access and availability to higher yielding seed varieties, and 96 million \$ for improved production.

Agricultural Development Grant Overview (April 2011) provides information on how much funding goes to each project. “AGRA Program for African Seed Systems (PASS)” is the major seeds project of Bill and Melinda Gates Foundation in Africa, and this project received 100,000,000 \$ from 2006 to 2011. There are five principles of this project (PASS) : developing improved varieties of African crops (invest 43 million USD with a five-year goal of developing 100 new and improved crop varieties suitable for the ecologically varied agricultural environments), train new generations of African crops scientists, ensure improved seeds reach smallholders farmers, develop a network of African agro-dealers, and evaluate and manage.

As we can see in Figure 3.4, the Gates foundation gives to scientists and not to farmers. Indeed, the biggest recipient of grants from the foundation is the CGIAR, a consortium of 15 international agricultural research centers. The CGIAR has received over 720 millions USD from Gates since 2003, while another 678 millions went to universities (especially the Cornell University) and national research centers across the world. For instance, program for release hybrid varieties of corn and maize has been undertaken by the Cornell University, as well as a Sorghum introduction program in Malawi.

It is worthwhile to precise that the main goal of the Bill and Melinda Gates foundation is to build a ”private, African seed industry”. Indeed, ”The problem at the time was that even though green agricultural revolutions were already underway in other parts of the world including Asia and Latin America sustainable practices, which tripled food productivity in those regions, had not translated so well to Africa.”

### **3.3.2 The Center for Agriculture and Bioscience International (CABI)**

The CABI is a not-for-profit inter-governmental development and information organization based in the United Kingdom. Previously named the ”Commonwealth Agricultural Bu-



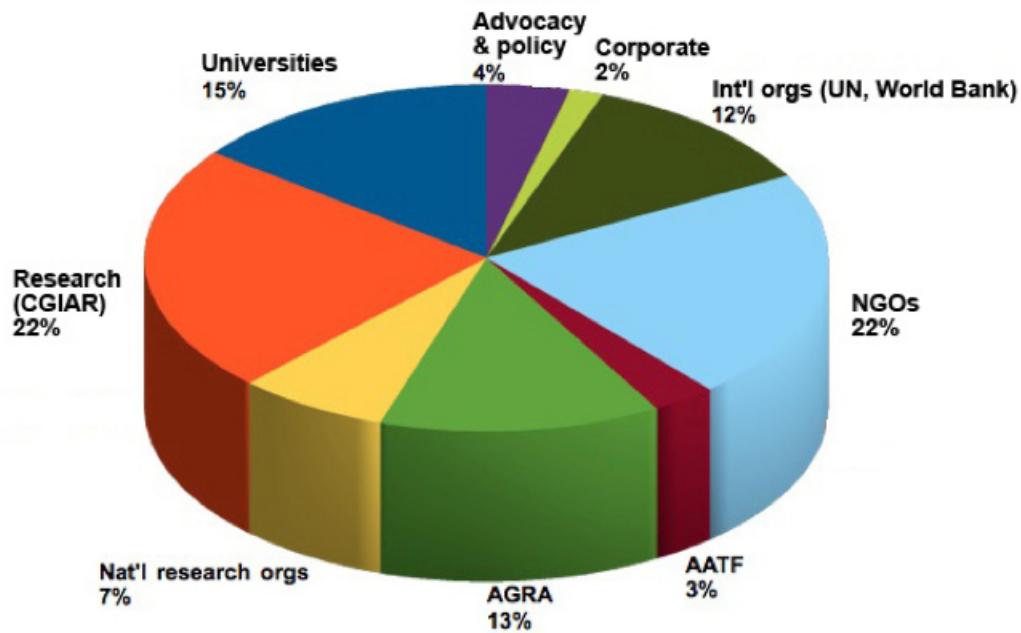


FIGURE 3.4 – The Gates Foundation’s \$ 3 billion pie.

reaux”, it was established in 1910, and focuses on agricultural issues in the developing world, mainly in Africa and south Asia. In 2014, its funding came from the UK’s Department for International Development (£4,962k), the Swiss Agency for Development and Co-operation (CHF 972k), the European Union (3,242k) and The International Fund for Agricultural Development (USD 570k). Some of the major public and private sector players in seed systems in developing countries include the following organizations and programmes :

- African Union-African Seed and Biotechnology Programme : ”The ASBP is providing a strategic approach for the development of the seed sector in Africa, taking into account the different needs of countries and regions. The programme’s focus was on germplasm management and development, crop research and variety release including farmer testing/selection activities, dissemination of varieties, and production and supply of seed and planting materials through informal and formal seed systems. ASBP also supported development of improved disaster preparedness.”

- African Seed Trade Association (AFSTA) : founded in 2000, the AFSTA purpose is to create a representative body which could also serve to promote the development of private

seed enterprises. One of its major goal is to promote trade in quality seed and technologies in Africa for the benefit of members and farmers in over 26 countries, each with an average of 30 local seed company members ; in addition 84 mostly African companies are direct members.

Others major program benefiting of the CABI funds are :

- Alliance for a Green Revolution for Africa (AGRA) Program for Africa's Seed Systems (PASS)
- AVRDC – The World Vegetable Center
- ASARECA (Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa)
- The Centre for Development Innovation (CDI)
- CGIAR Research Programs (CRPs)
- Global Crop Diversity Trust
- International Seed Federation (ISF)
- The Scaling Seeds and Technologies Partnership
- Seed Trade Association of Kenya (STAK)
- Seeds and Plant Genetic Resources, Plant Production and Protection Division (AGP),  
FAO
- Seed System

### **3.3.3 The USC Canada**

The Unitarian Service Committee (USC) was founded in 1945 by Dr Lotta Hitschmanova. It's a non-profit, international development organization aiming at promoting agricultural diversity. Its major international program, Seeds of Survival (SoS), is funded in part by the Department of Foreign Affairs, Trade, and Development (DFATD) of the Government of Canada. DFATD contributes approximately 72.5 % of the total costs of the program. The remaining 27.5 % is fundraised by USC Canada from Canadian sources and charitable contributions. In 2015, it raised more than 8 million \$ for its program.

## **3.4 Conclusion**

The limits of the market based rewarding model are well identified in the seeds industry. Since a reinvestment in agricultural R&D is critical to ensure sufficient food in the coming de-

cases, an economic analysis of alternative funding models is worthwhile to determine which organizations are successful and why. Even if models based on collective levy-funding can represent a very good alternative, by involving users in the innovation process and creating new incentives for all actors, we presented here only successful stories that are not easy to repeat in the current institutional framework. Furthermore, those organizations are located mostly on staple crops, and maybe not well adapted to solve the crop diversification issue. Nevertheless, the rising of Producers Controlled Organization as well as philanthropic associations this last decade represent a good leverage of alternative funding for agriculture in the coming future.

## Chapitre 4

# Orphan Crops, Cannibalization, cross-subsidization and the Incentive to Invest : Producer Associations versus for-profit Firms

*Joint with Murray Fulton, Johnson Shoyama Graduate School of Public Policy, University of Saskatchewan*

## 4.1 Introduction

Research and development (R&D) have been at the core of the agricultural productivity gains of the last 150 years and have played a critical role in lowering the cost of food production (Alston *et al.*, 2009). In the last few decades, however, there has been a slowdown in public R&D spending and a slowdown in the growth of agricultural productivity. There is thus a need for reinvestment in agricultural research to ensure sufficient food in the future (Alston *et al.*, 2009).

Productivity gains can be achieved through the development of improved agronomic practices, new equipment, and varieties that are higher yielding and/or resistant to things such as pests and drought. In addition, productivity can be enhanced through crop diversification—the addition of new crops or cropping systems. Diversification can reduce the use of crop inputs (e.g., fertilizer, pesticides, water), lessen the dependence on off-farm inputs, and decrease pests, diseases and weed problems (Clements *et al.*, 2011; Gan *et al.*, 2015).

While crop diversification may be advantageous, the incentives to undertake it can be weak. In the seed market, Charlot *et al.* (2015) show that R&D is focused on the major crops and that most of the smaller crops (in terms of seeded acreage and value of sales) do not receive attention. These crops have been denoted as orphan crops. Orphan products are not only an issue in agriculture. In the pharmaceutical industry, Dubois *et al.* (2015) show that investment in R&D is highly linked to product market size; the result is that drugs are often not developed for rare diseases (see also Acemoglu and Linn (2004)).

Market size is not the only factor that can affect the incentive to invest in orphan crops. Farmers may be reluctant to try new crops if doing so involves the adoption of new techniques with which they are not familiar. As Arthur (1989) argues, “Modern, complex technologies often display increasing returns of adoption in that the more they are adopted, the more experience is gained with them, and the more they are improved.” Farmers may also lack information on the new crop, thus making them reluctant to adopt it (Meynard *et al.*, 2013). Technological incompatibilities can also reduce the incentive to adopt a new technology.

The lack of property rights and the presence of positive externalities may also result in orphan crops—although the crop generates positive net social benefits (perhaps because of the environmental benefits it creates), the net private benefits are not sufficient to induce investment. In a similar vein, the inability of seed companies to practice price discrimination—either because of legal restrictions or because of the difficulty of implementing non-linear tariffs—may also mean that investors are unable to capture the full social benefits of a new

crop.

Cannibalization can also be a factor. Cannibalization occurs when the development of a new product by a firm has a negative impact on the firm's existing product sales. For example, as [Eckel \*et al.\* \(2015\)](#) show, an increase in the output of one variety reduces the sales of all the other varieties, assuming the size of the overall market is fixed. This thus gives multi-product firms an incentive to restrict the range of varieties ([Feenstra and Ma, 2007](#); [Van Heerde \*et al.\*, 2012](#)).

This characterization of the cannibalization effect presumes that the organization undertaking the R&D is a for-profit firm (FPF). The introduction of a new crop may not have the same cannibalization effect if the organization undertaking the investment is a producer association (PA). Producer associations play an important role in agricultural R&D, undertaking applied agricultural research into such things as disease management, weed control and crop varietal development ([Xiao and Fulton, 2018](#)). While an FPF will see the new crop as cannibalizing its existing market, the members of a PA may see the introduction of a new crop as an opportunity to grow a new and more valuable crop from time to time.

The purpose of this paper is to develop a theoretical model that formally demonstrates two of the points outlined above. First, the model shows that an FPF faces a cannibalization effect that can reduce the incentive to invest in new crops. Second, the FPF faces a disincentive to invest in economically beneficial crops because of an inability to price discriminate. A similar disincentive to invest exists in a PA if cross-subsidization is not allowed. If cross-subsidization is allowed, it can result in investment that would not otherwise be undertaken and be beneficial for everyone, providing the benefits of the new crop are widely distributed among members of the PA. As the benefits become more concentrated, an increasingly large portion of the producers do not benefit. However, as long as these producers represent a relatively small portion of the PA membership, it remains politically feasible to cross-subsidize. Whether cross-subsidization is welfare increasing depends on the dispersion of the benefits offered by the crop and the fixed costs associated with the investment.

The model developed in this paper shares similarities with models that compare co-operatives and investor-owned firms (IOF) (for overviews of the literature, [Cook \*et al.\* \(2004\)](#) and [Fulton and Giannakas \(2013\)](#)). [Giannakas and Fulton \(2005\)](#) and [Drivas \*et al.\* \(2008\)](#); [Drivas and Giannakas \(2010\)](#) compare the innovation activity of these two organizations and show that the presence of co-operatives can increase the rate of innovation while reducing the price of agricultural inputs. This literature, however, focuses on the production of a single product and does not consider the decision to invest in a new product, nor does it consider

cross-subsidization; the examination of these questions is the subject of this paper.

## 4.2 Model Setup

Consider a seed company with a monopoly on sales in a particular region. This company is currently selling what will be designated as the original crop (crop “o”) to a group of farmers in the region. It is also considering making an investment  $F$  in a new crop (crop “n”) that it would sell to the same farmers. At any given time, each farmer can only grow one crop. The seed company has to make a decision whether to make the investment and, if it does, what price it will charge for the new crop. It also has to decide what price to charge for the original crop. In the analysis that follows, the analysis of the investment and pricing decisions are carried out for the case where the seed company is a FPF and for the case where the seed company is a PA.

The farmers in the region are differentiated with respect to a parameter  $\theta$ , with  $0 \leq \theta \leq 1$ . Without loss of generality, it is assumed that all farmers derive equal net profits  $\pi_o$  from growing crop “o,” where the net profits of each farmer are given by :

$$\pi_o = r_o - p_o \quad (4.1)$$

The term  $r_o$  is the revenue (the price of the output times yield) obtained from selling the original crop and  $p_o$  is the price of the seed for the original crop.

While the parameter  $\theta$  does not affect the profitability of growing the original crop, it does affect the net profits  $\pi_n$  of growing the new crop, where the net profits of farmer  $\theta$  are given by :

$$\pi_n(\theta) = r_n - p_n - t[\alpha\theta + (1 - \alpha)\varepsilon] \quad \forall 0 \leq \theta \leq 1 \quad (4.2)$$

The term  $r_n$  is the revenue obtained from selling the new crop,  $p_n$  is the price of the seed for the new crop and  $\alpha$  is a benefit dispersion parameter that captures the dispersion of the benefits from the new crop.

The variable  $\varepsilon$  is a uniform random variable distributed over the  $[0,1]$  interval and is assumed to be independently distributed across farmers. This variable is introduced to capture factors that change from period to period and farmer to farmer in a random fashion—these might include rainfall and pest and disease outbreaks. The value of the random variable  $\varepsilon$  for each farmer is assumed to be known by the farmer at the time she makes her planting decision; it is not known, however, to the seed company. Thus, as will be discussed in the next

section, seed companies make decisions on the probability of farmers planting a particular crop.

The net profit function in equation (4.2) captures a range of possibilities regarding the distribution of the benefits of the new crop among the farmers. If  $\alpha = 0$ , then the net profit function simplifies to :

$$\pi_n = r_n - p_n - t\varepsilon \quad (4.3)$$

and the benefits of the new crop are distributed equally across all farmers, in the sense that all farmers have an equal chance of benefiting from the new crop. If  $\alpha = 1$ , then the net profit function simplifies to :

$$\pi_n = r_n - p_n - t\theta \quad 0 \leq \theta \leq 1 \quad (4.4)$$

and the benefits of the new crop are concentrated among a particular group of farmers ; farmers with smaller values of  $\theta$  see greater benefits from the new crop than do farmers with larger values of  $\theta$ . Values of  $\alpha$  between zero and one capture benefit distributions between these two extremes.

It is assumed that, in making its decisions about investment in the new crop and the pricing of the seed for the original and new crop, the FPF maximizes its profits, while the PA maximizes the profits of its farmer members subject to a financial constraint that the PA itself breaks even. It is also assumed that the PA faces a political constraint. Specifically, it is assumed that cross-subsidization of the cost of the new crop by those farmers that do not benefit from its introduction will only be possible if a sufficiently large percent of the farmers—denoted by  $\lambda$ —benefit from the new crop. Following [Alston and Fulton \(2012\)](#), it is assumed that  $\lambda$  is typically in the range of 75 to 80 percent.

The above problems are formulated as a three-stage game. In the first stage, the FPF firm or the PA makes a decision about whether to invest in the new crop. If investment takes place, then the FPF/PA makes a decision about the price of seed for the original and new crop in the second stage. Based on these prices, farmers then make a choice as to which crop to grow in the third stage. If investment does not take place, then the FPF/PA makes a decision about the price of seed for the original crop ; this decision is followed by a decision by farmers regarding whether to grow the original crop. To solve these problems, the respective games (one for the FPF and one for the PA) are solved backwards.



## 4.3 Solution of the Model

### 4.3.1 Stage 3

There are two scenarios to consider in this stage of the game—one where only the original crop is sold and one where both the original and new crop are sold. If only the original crop is sold, farmers will grow this crop if  $\pi_o \geq 0$ , or equivalently, if  $r_o \geq p_o$ .

If both the original and the new crop are sold, then, from the perspective of the seed company, the probability  $\rho$  of farmer  $\theta$  planting the new crop (and hence purchasing the new seed) is given by :

$$\begin{aligned}\rho &= \text{Prob}[r_n - p_n - t[\alpha\theta + (1 - \alpha)\varepsilon] \geq r_o - p_o] \\ &= \text{Prob}[\varepsilon \leq \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta] \\ &= \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta\end{aligned}\tag{4.5}$$

providing the above expression is greater than zero and less than one; otherwise the probability is either zero or one. This result can be stated more formally as :

$$\rho = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \theta \leq \tilde{\theta} \\ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta & \text{if } \tilde{\theta} < \theta \leq \hat{\theta} \\ 0 & \text{if } \hat{\theta} < \theta \leq 0 \end{cases}\tag{4.6}$$

where  $\hat{\theta} = \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{\alpha t}$  and  $\tilde{\theta} = \hat{\theta} - \frac{(1 - \alpha)}{\alpha}$ .

Figure 4.1 illustrates the probability of planting the new crop as a function of farmer type  $\theta$  and the degree to which the benefits of the new crop are dispersed across farmers (captured by different values of  $\alpha$ ). As can be seen in panel (a), if  $\alpha = 0$ , the probability of planting the new crop is the same for all farmers regardless of  $\theta$ ; this implies all farmers have the potential to benefit from the crop. As  $\alpha$  increases, the benefits become more concentrated among the farmers with smaller values of  $\theta$ . This concentration is captured by a shift up in the intercept and a steeping of the slope of the  $\rho(\theta)$  function (see panels (b), (c) and (d)). When  $\alpha = 1$ , as illustrated in panel (e), the benefits of the new crop are entirely confined to those farmers with  $\theta < \hat{\theta}_{\alpha=1}$ , where  $\hat{\theta}_{\alpha=1} = \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{t}$ , and the probability of these farmers purchasing the new crop is one.

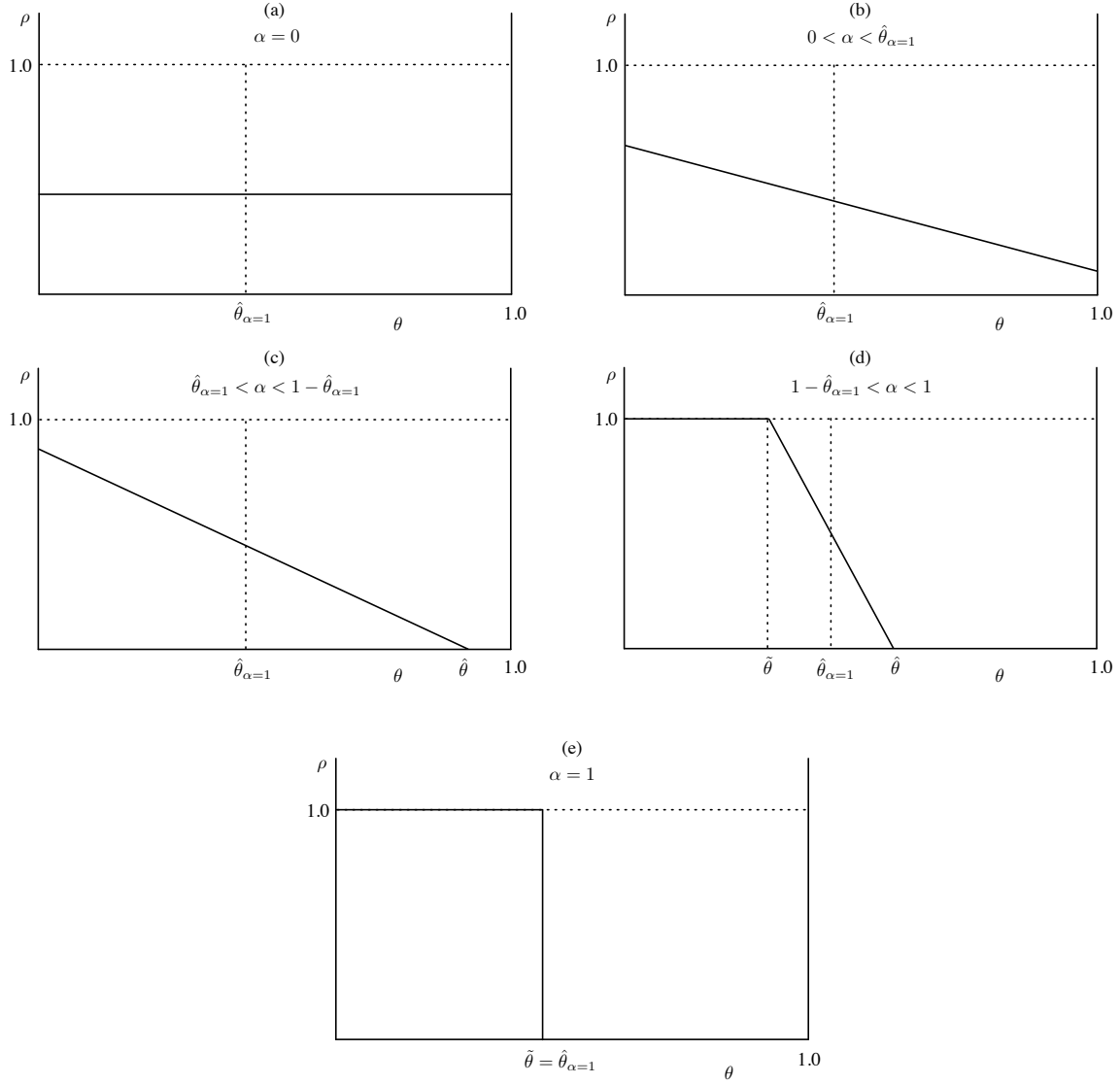


FIGURE 4.1 – Probability of Planting the New Crop ( $\rho$ ) as a Function of Farmer Type ( $\theta$ ) and Benefit Dispersion ( $\alpha$ ),  $\hat{\theta}_{\alpha=1} < 0.5$

The analysis above allows a determination to be made of the benefits that farmers can be expected to see over time with the introduction of the new crop. Specifically, the expected profits for a type  $\theta$  farmer are :

$$E(\pi) = \int_0^{\rho} [r_n - p_n - t(\alpha\theta + (1 - \alpha)\varepsilon)] d\varepsilon + \int_{\rho}^1 (r_o - p_o) d\varepsilon \quad (4.7)$$

Solving the above equation and collecting terms results in :

$$E(\pi) = r_o - p_o + \frac{1}{2}t(1 - \alpha)\rho^2 \quad (4.8)$$

Table 4.2 presents the expected benefits for farmers for the various combinations of farmer type ( $\theta$ ) and benefit dispersion ( $\alpha$ ) for the cases illustrated in figure 4.1.

| Case | Value of $\alpha$  | Expected Benefits (E( $\pi$ ))  | Value of $\theta$  |
|------|--|---|--|
| a, b | $\alpha < \hat{\theta}_{\alpha=1}$                                     | $r_o - p_o + \frac{1}{2}t(1 - \alpha)\left[\frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta\right]^2$      | $0 \leq \theta \leq 1$   |
| c    | $\hat{\theta}_{\alpha=1} \leq \alpha \leq 1 - \hat{\theta}_{\alpha=1}$ | $r_o - p_o + \frac{1}{2}t(1 - \alpha)\left[\frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta\right]^2$<br>0 | $0 \leq \theta \leq \hat{\theta}$<br>$\hat{\theta} < \theta \leq 1$  |
| d    | $1 - \hat{\theta}_{\alpha=1} < \alpha < 1$                             | $r_o - p_o + \frac{1}{2}t(1 - \alpha)\left[\frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}\theta\right]^2$<br>0 | $0 \leq \theta \leq \tilde{\theta}$<br>$\tilde{\theta} < \theta \leq \hat{\theta}$<br>$\hat{\theta} < \theta \leq 1$ |
| e    | 1  | $(r_n - p_n)$<br>0  | $0 \leq \theta \leq \hat{\theta}$<br>$\hat{\theta} < \theta \leq 1$  |

FIGURE 4.2 – Expected Benefits to Farmers of Planting the New Crop as a Function of Farmer Type ( $\theta$ ) and Benefit Dispersion ( $\alpha$ ),  $\hat{\theta}_{\alpha=1} < 0.5$

### 4.3.2 Stage 2

With the behavior of the farmers determined (farmer behavior is expressed in probabilistic terms), the decisions of the seed companies regarding the price to charge can be determined. As in Stage 3, there are two scenarios to consider—one where only the original crop is sold and one where both the original and the new crop are sold. If only the original crop is sold, then the profits of the seed company, regardless of whether it is FPF or a PA, are given by  $\Pi_o = (p_o - c_o)$ , where  $c_o$  is the cost of producing the original seed. Recall from earlier that farmers will purchase the original seed if  $r_o \geq p_o$ . Thus, the FPF maximizes profits by choosing  $p_o = r_o$ . In contrast, the PA chooses the seed price so as maximize members' profits, subject to its profits being non-negative. Thus, the PA chooses  $p_o = c_o$ .

Now consider the scenario where both the original and the new crop are sold. The expected profits for the seed company depend on the dispersion of the benefits—i.e., on the parameter  $\alpha$ . The analysis below focuses on cases (a) and (b) presented in figure 4.1. These two cases are the relevant ones for understanding the conditions under which investment in the new crop occurs, since they reflect low values of  $\alpha$  and hence a fairly high dispersion of the benefits. As the analysis shows, the ability of a PA to make the investment in the new crop falls as  $\alpha$  increases. Hence, the likelihood of the PA making the investment is low in cases (c)-(e) and an analysis of them is not required.

### Pricing by a For-Profit Firm

For the FPF, the expected profits from investing in the new seed are :

$$E(\Pi_n) = (p_n - c_n) \int_0^1 \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \theta \right] d\theta + (p_o - c_o) \left[ 1 - \int_0^1 \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \theta \right] d\theta \right] - F \quad (4.9)$$

Solving this expression gives :

$$\begin{aligned} E(\Pi_n) &= (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + \\ & (p_o - c_o) \left[ 1 - \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} + \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] - F \quad (4.10) \\ &= [(p_n - c_n) - (p_o - c_o)] \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + (p_o - c_o) - F \end{aligned}$$

The FPF has to ensure the profits from introducing the new seed are over and above the profits that could be earned from only providing the original seed—i.e.,  $\Delta E(\Pi) = E(\Pi_n) - \Pi_o \geq 0$ . This is the *Cannibalization Constraint* (CC). Hence, the objective function of the FPF is :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{p_n; p_o} \quad & E(\Pi_n) \\ \text{subject to} \quad & E(\Pi_n) \geq r_o - c_o \text{ (CC)} \\ & c_o \leq p_o \leq r_o \\ & c_n \leq p_n \leq p_o + r_n - r_o - \alpha t/2 \end{aligned}$$

The solution to this problem as well as the condition for investment to occur are given in

the following proposition :

**Proposition 1.** *The optimal prices set by a two-product monopoly FPF are :*

$$\begin{cases} p_o^* = r_o \\ p_n^* = r_o + \frac{(r_n - r_o) + (c_n - c_o)}{2} - \frac{t\alpha}{4} \end{cases}$$

*The proportion of farmers that find it desirable to grow the new crop is given by :*

$$q_n^* = \frac{(r_n - c_n) - (r_o - c_o)}{2t(1 - \alpha)} + \frac{\alpha}{4(1 - \alpha)}$$

*The profit of the FPF is :*

$$\Pi_n^* = \frac{[(r_n - r_o) - (c_n - c_o) - t\alpha/2]^2}{4t(1 - \alpha)} + r_o - c_o - F$$

*The cannibalization constraint requires that  $\Pi_n^* \geq r_o - c_o$ . This constraint can be written as :*

$$[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2 \geq 4t(1 - \alpha)F \quad (CC)$$

*Démonstration.* See the Annex. □

Denote by  $\delta$  the following expression :

$$\delta = [(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2 - 4t(1 - \alpha)F \quad (4.11)$$

From *Proposition 1*, it follows that the *cannibalization constraint* is equivalent to  $\delta \geq 0$ .

Using the expression for  $\delta$ , the profits of the FPF can be written as :

$$\Pi^* = r_o - c_o + \frac{\delta}{4t(1 - \alpha)}$$

**Proposition 2.** *A monopoly FPF that is already selling the original crop is less likely to invest in the new crop than will a monopoly FPF that invests only in the new crop.*

*Démonstration.* Expected profits for the single-product FPF are given by :

$$E(\Pi_{n|s}) = (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right]$$

The optimal price set by a single-product monopoly FPF is :

$$p_{n|s}^* = p_o + \frac{(r_n - r_o) + (c_n - p_o)}{2} - \frac{t\alpha}{4}$$

and profits are :

$$\Pi_{n|s}^* = \frac{[(r_n - r_o) - (c_n - p_o) - t\alpha/2]^2}{4t(1 - \alpha)} - F$$

Since  $p_o \geq c_o$ ,  $\Pi_{n|s}^* \geq \Pi_n^* - (r_o - c_o)$ . □

The implication of Proposition 2 is that there is a cannibalization effect—with similar cost and demand parameters, the expected profits of a single-product firm investing in a new crop are greater than those of a two-product firm making the same investment. Thus, the FPF producing a single product is more likely to invest in the new crop than a FPF that produces seed for both the original and the new crop. Of course, single-product firms face challenges and barriers when entering a new market that incumbent firms do not, such as the lack of a sales network. And two-product firms may have a cost advantage (i.e., a lower  $F$ ) due to complementarities in production or R&D. Nevertheless, a single-product firm does not have to worry about cannibalizing their own market. As a result, it sets a lower price (thus gaining a larger market share) and it earns a higher profit as a result of the introduction of a new crop.

### Pricing by a Producer Association

As was discussed above, heterogeneity among farmers means that farmers differ in the returns they obtain from the investment. The investment decision for the PA depends on its ability to generate benefits for a large enough percentage of the group that sufficient political support for the investment is obtained. We denote by  $\theta_c$  the location of the farmer who is indifferent between investing or not—thus,  $E(\pi)(\theta_c) = r_o - c_o$ . Since  $\theta$  is uniformly distributed between zero and one,  $\theta_c$  gives the percentage of the farmers that benefit from the investment. If decisions are made by majority rule, then at least  $\lambda = 50\%$  of farmers would have to benefit from the new crop in order for its introduction to be supported by the association's membership. If the decision rule in the PA is made with a super-majority rule (see [Alston and Fulton \(2012\)](#) for examples),  $\lambda > 50\%$  of members have to approve the investment. Thus, the PA needs  $\theta_c \geq \lambda$ . This constraint is labelled the *political constraint* (PC).

In addition to this political constraint, the PA must also honour the non-negative profit constraint—i.e.,  $\Pi_n \geq 0$ . This condition is termed the *break-even constraint* (BEC) :  $E(\Pi_n)(p_o, p_n) \geq 0$ .

Thus, the problem of the PA is to maximize member expected returns while ensuring its profits are non-negative and the political constraint is satisfied. As can be seen from table ??, expected member benefits are decreasing in both  $p_n$  and  $p_o$ . Since lowering seed prices will typically lower seed company profits, the profit constraint will be binding, and the prices chosen by the PA can be found by solving for the prices that make profits equal to zero.<sup>1</sup>

Hence, the objective of the PA is :

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{p_n; p_o} \quad \{p_n; p_o\} \\ & \text{subject to} \quad E(\Pi) \geq 0 \text{ (BEC)} \\ & \quad \quad \quad \theta_c \geq \lambda \text{ (PC)} \end{aligned}$$

There are two general solutions to this problem. The first case has  $p_o = c_o$ —i.e., the price of the original crop remains at  $c_o$  and there are no profits available to fund the investment. This case is referred to as the no cross-subsidization (NCS) case. Since there is no cross-subsidization, the cost of the investment is entirely covered by the sale of the new seed. If the users of the new seed benefit from its introduction, then each farmer is either better off from or indifferent to the investment. Consequently  $\theta_c = 1$ , 100 percent of the membership approves of the investment in the new crop and the political constraint is always respected.

The second case has  $p_o > c_o$ . In this case the PA is able to obtain earnings from the sale of the original crop and use them to pay a portion of the fixed cost  $F$ . This case is referred to as the cross-subsidization (CS) case. In the CS case, the farmers who continue to cultivate the old crop are worse-off. However, if the group of farmers that are worse off is sufficiently small, then the political constraint can be respected and investment occurs.

Figure 4.3 illustrates these two cases. In panel (a),  $q_n^{NCS}$  gives the percent of farmers that purchase the new seed in the NCS case; in panel (b),  $q_n^{CS}$  gives the percent of farmers that purchase the new seed in the CS case. The remaining farmers in each case purchase the original seed. The hatched area shows the amount retained by the association to fund the fixed cost  $F$ . In the NCS case (panel (a)),  $F$  is entirely covered by the farmers who

---

1. The first-best solution would be to price seeds at marginal cost and cover the fixed costs with a lump sum payment by farmers. This solution— which involves price discrimination—is ruled out in this case because each producer produces one unit; hence, a lump sum payment cannot be distinguished from the per unit price. To cover the fixed cost, it is necessary to price at average cost—see Baumol and Bradford (1970).

benefit from the new crop. Consequently, every farmer is either indifferent or better-off with the investment. In the CS case (panel (b)), the PA raises both prices  $p_o$  and  $p_n$  above their marginal cost to fund the introduction of the new crop. The farmers located in region  $[q_n^{CS}; 1]$  are worse-off compared to the no investment case, since part of the returns that they would have received are being used to help finance the investment in the new seed.

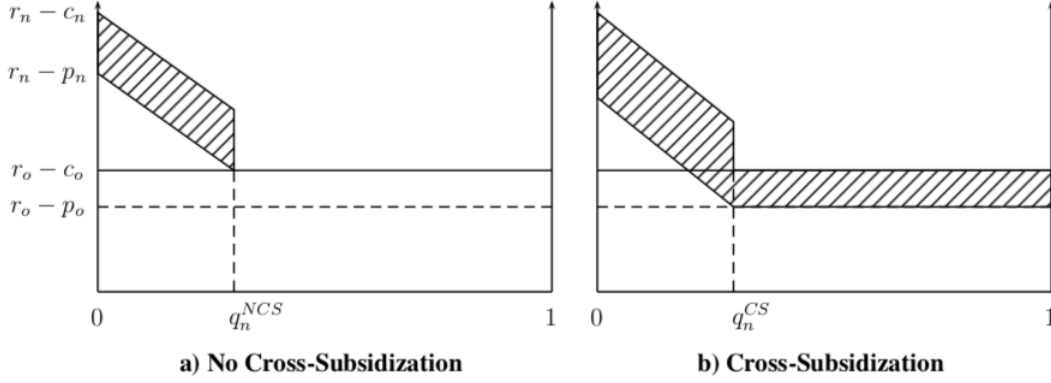


FIGURE 4.3 – Pricing and Market Share in the no cross-subsidization and cross-subsidization Cases

The next section presents the NCS case, followed by the CS case.

*No cross-subsidization (NCS) case*

With  $p_o^* = c_o$ , the PA's expected profits are given by :

$$E(\Pi_n) = (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - c_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] - F \quad (4.12)$$

Since we want to minimize  $p_n$ , the BEC will bind and we have  $E(\Pi) = 0$ . Solving for the  $p_n$  that makes  $E(\Pi)(p_n) = 0$  requires solving the following quadratic equation :

$$-2p_n^2 + p_n(2r_n - 2r_o + 2c_o + 2c_n - \alpha t) - c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) - 2t(1 - \alpha)F = 0 \quad (4.13)$$

with a discriminant  $\Delta$  equal to :<sup>2</sup>

$$\Delta = [2(r_n - c_n) - 2(r_o - c_o) - t\alpha]^2 - 16t(1 - \alpha)F \quad (4.14)$$

2. See Annex B for details.



For  $p_n$  to be a real number, we need  $\Delta \geq 0$ . Thus, the *break-even constraint* becomes :

$$[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2 \geq 4t(1 - \alpha)F \quad (4.15)$$

This expression is the same as the FPF's *cannibalization constraint*,  $\delta \geq 0$ , where  $\delta$  is defined by equation (8). If the *break-even constraint* is respected, the PA chooses the minimum of the two solutions of the quadratic equation, and hence :

$$p_n^* = \frac{r_n + c_n - r_o + c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4} - \sqrt{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2 - 4t(1 - \alpha)F}$$

The expression for  $p_n^*$  can be rewritten as :

$$p_n^* = \frac{r_n + c_n - r_o + c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4} - \sqrt{\delta} \quad (4.16)$$

The results above allow us to formulate the following proposition :

**Proposition 3.** *The no cross-subsidization case is only possible when it's profitable for the FPF to invest ( $\delta \geq 0$ ). If investment occurs, the PA provides more of the new crop at a lower price than the FPF. The result is that the PA provides a superior outcome for all farmers (Pareto-improvement).*

*Démonstration.* It is straightforward to see that  $p_n^* = \frac{r_n + c_n - r_o + c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4} - \sqrt{\delta} \leq r_o + \frac{r_n + c_n - r_o - c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4}$ . The price for each of the two crops is therefore lower than in the case of a FPF. The quantity of the new crop for the PA is :

$$q_n^* = \frac{(r_n - r_o) - (c_n - c_o)}{2t(1 - \alpha)} - \frac{\alpha}{4(1 - \alpha)} + \frac{\sqrt{\delta}}{(1 - \alpha)t}$$

This quantity is higher than the quantity provided by the FPF. □

Proposition 3 indicates that with no cross-subsidization, the PA will only move forward with the investment in the new crop if  $\delta \geq 0$ —i.e., if the FPF also finds it desirable to make the investment in the new crop. Thus, with no cross-subsidization, the likelihood of the investment occurring in the new crop is the same regardless of whether the PA or the FPF undertakes the investment ; the creation of a PA cannot overcome the orphan crop problem.

*Cross-subsidization (CS) case*

If the orphan crop problem cannot be overcome in the no cross-subsidization case, can it be overcome if cross-subsidization occurs? With cross-subsidization, the PA can increase  $p_o$  above  $c_o$  and use the earnings from the sale of the original crop to fund the new crop. In this case a proportion of farmers would be worse-off than if the new crop investment were not undertaken. However, if the proportion of such farmers is small enough—or, what is equivalent, if a sufficient number of farmers have a positive expected profit *ex-ante*—then the political constraint can be respected and the PA will have the support necessary to undertake the investment. This result can be formally derived as follows.

With  $p_o \neq c_o$ , the PA's profits are given by :

$$E(\Pi_n) = (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + (p_o - c_o) \left[ 1 - \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} + \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] - F \quad (4.17)$$

Solving for  $p_n$  that makes  $E(\Pi_n) = 0$  leads to a quadratic equation with a discriminant  $\Delta$  equal to (see Annex for details) :

$$\Delta = [2(r_n - c_n) - 2(r_o - c_o) - t\alpha]^2 + 16t(1 - \alpha)(p_o - c_o - F) \quad (4.18)$$

Thus, the feasible condition for cross-subsidization to occur ( $\Delta \geq 0$ ) with respect to  $p_o$  is :

$$p_o \geq c_o + F - \frac{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{4t(1 - \alpha)} \quad (4.19)$$

Equation (4.19) can be rewritten as  $p_o \geq c_o - \frac{\delta}{4t(1 - \alpha)}$ . This equation indicates that if the PA practices cross-subsidization when  $\delta > 0$ , then the PA could set the price of the original crop below  $c_o$  and still break. If, however,  $\delta < 0$ , then the PA would have to set the price of the original crop above  $c_o$ . It is the latter case that is of interest, since the question is whether the PA would undertake an investment that the FPF would not. Thus, it is necessary to limit the analysis to the case where  $\delta < 0$ .

Since the objective of the PA is to set the minimum price of  $p_o$  above  $c_o$  that will respect this constraint, the constraint binds and gives  $\Delta = 0$ , which leads to a unique solution for  $p_n$  and  $p_o$  :

$$\begin{cases} p_o^* = c_o + F - \frac{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{4t(1 - \alpha)} \\ p_n^* = c_n + F - \frac{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{4t(1 - \alpha)} + \frac{r_n - r_o + c_n - c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4} \end{cases}$$

Using the value of  $\delta$  as defined above :

$$\begin{cases} p_o^* = c_o + \frac{|\delta|}{4t(1-\alpha)} \\ p_n^* = c_n + \frac{|\delta|}{4t(1-\alpha)} + \frac{r_n - r_o + c_n - c_o}{2} - \frac{\alpha t}{4} \end{cases}$$

The demand for the new crop is thus :

$$q_n^* = \frac{(r_n - c_n) - (r_o - c_o)}{2t(1-\alpha)} - \frac{\alpha}{4(1-\alpha)} \quad (4.20)$$

Once the PA has ensured that cross-subsidization is feasible, it has to be verified that sufficient farmers have a higher expected profit with the introduction of the new crop than without. Recall that  $\theta_c$  is the proportion of farmers that benefit from the introduction of the new crop, and that the political constraint requires that  $\theta_c \geq \lambda$ , with  $\lambda$  typically taking on values greater than 0.5.

From equation (8), we know that the expected profit for a farmer is equal to  $E(\pi) = r_o - p_o + \frac{1}{2}t(1-\alpha)\rho^2$ , and has to exceed the profit made on the old crop,  $r_o - c_o$ . The political constraint is thus :

$$\rho \geq \sqrt{\frac{2(p_o - c_o)}{t(1-\alpha)}} \quad (4.21)$$

With  $p_o^* = c_o$  (NCS case) this is always true, since  $\rho$  is the probability of adoption and is positive in cases (a) and (b).

In the CS case, replacing  $\rho$  by its value found in (6) leads to :

$$\frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1-\alpha)t} - \frac{\alpha}{(1-\alpha)}\theta \geq \sqrt{\frac{2(p_o - c_o)}{t(1-\alpha)}}$$

Substituting in the equilibrium prices of the original and new crop gives the proportion of farmers that have a higher expected profit with the introduction of the new crop :

$$\theta_c = \frac{1}{4} + \frac{(r_n - c_n) - (r_o - c_o)}{2t\alpha} - \frac{\sqrt{|\delta|}}{2t\alpha} \quad (4.22)$$

The value of  $\theta_c$  determines whether the investment will be made. Following [Alston and Fulton \(2012\)](#), we assume that at least 70-80 % of farmers have to benefit in order for the investment to occur. If we consider cases where  $\delta$  is relatively small, then the value of  $\theta_c$  increases with a decrease in  $\alpha$ . This means that the more that farmers have a randomness factor in their benefit function (i.e., the smaller is  $\alpha$ ), the greater is the number of farmers

that will benefit from the investment and the more likely it is that the investment in the new seed will occur.

To see this, consider the following numerical example. Assume for instance  $r_o - c_o = 1$ ;  $r_n - c_n = 2$  and  $t = 2$  such that  $\delta = (1 - \alpha)^2 - 8(1 - \alpha)F$ . Table 4.4 shows the proportion of farmers,  $\theta_c$ , that could benefit from the new crop. The values in this table can be compared to the value of  $\lambda$  required for the political support that would allow the investment to occur. As  $\alpha$  and  $F$  increase, the proportion of farmers that benefit from the new crop eventually begins to fall. Thus, while there are combinations of  $\alpha$  and  $F$  that would provide the political support necessary to allow the investment to occur, there are other combinations of these two parameters that would not provide this support.

| $F$  | $\alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 0.01     | 0.05  | 0.10  | 0.15  | 0.20  | 0.25  | 0.30  | 0.35  | 0.40  |       |
| 0.02 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 0.04 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 0.06 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 0.08 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.778 |
| 0.10 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.863 | 0.741 | 0.658 |       |
| 0.12 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.853 | 0.728 | 0.644 | 0.585 |       |
| 0.14 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.868 | 0.723 | 0.631 | 0.569 | 0.526 |       |
| 0.16 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 0.909 | 0.725 | 0.620 | 0.552 | 0.507 | 0.476 |       |
| 0.18 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 0.736 | 0.606 | 0.531 | 0.484 | 0.452 | 0.431 |       |
| 0.20 | 1.000    | 1.000 | 0.766 | 0.586 | 0.500 | 0.452 | 0.422 | 0.403 | 0.391 |       |

Calculations based on the following assumptions:  $r_o - c_o = 1$ ;  $r_n - c_n = 2$  and  $t = 2$ .

FIGURE 4.4 – Proportion of farmers,  $\theta_c$ , that benefit from the new crop for various values of fixed cost  $F$  and the dispersion parameter  $\alpha$ .

A key question that arises from the above analysis is whether investment in the cross-subsidization case generates an overall efficiency gain. To answer this question, let  $W_{CS}$  be the aggregate farmers welfare in the CS case, while  $W_o$  is the welfare without investment in the new seed. The expression for  $W_{CS}$  is :

$$W_{CS} = r_o - p_o^* + \frac{q_n^*}{2}(r_n - p_n^* - r_o + p_o^*)$$

which gives :

$$W_{CS} = r_o - c_o - F + \frac{3[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{8(1 - \alpha)t} \quad (4.23)$$

while the expression for  $W_o$  is :

$$W_o = r_o - c_o$$

Thus, investment is efficiency enhancing if  $W_{CS} \geq W_o$ , or if :

$$\frac{3[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{8(1 - \alpha)t} \geq F \quad (4.24)$$

Since we are interested in the case where the FPF would not make the investment in the new crop but the PA does through cross-subsidization, we restrict the analysis to the case where  $\delta < 0$ , or where  $F \geq \frac{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{4(1 - \alpha)t}$ . Thus, a cross-subsidization investment made by a PA will be welfare increasing when :

$$\frac{[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{4(1 - \alpha)t} \leq F \leq \frac{3[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2}{8(1 - \alpha)t} \quad (4.25)$$

Equation (4.25) indicates that, for a given  $\alpha$ , there exists a range of fixed costs  $F$  that make investment by a FPF unprofitable but that nevertheless increase total economic welfare and can be carried out by a PA using cross-subsidization. Figure 4.5 shows the combinations of fixed cost ( $F$ ) and the benefit dispersion parameter ( $\alpha$ ) that satisfy the zero profit constraint, the welfare improvement constraint and the political constraint (for a value of  $\lambda = 0.75$ ).

The combinations of  $F$  and  $\alpha$  shown in figure 4.5 can be thought of as characterizing the investments in different crops (or different R&D projects). For projects in region A, there is no orphan crop problem. Both the FPF and the PA will make the investment in the new crop (although the subsequent pricing by the two organizations will be different). For projects in region B and C, the FPF does not have an incentive to invest in the new crop—thus, there is an orphan crop problem. In these regions, however, a PA is able to make the investment through the use of cross-subsidization—specifically, there is enough political support within the PA to allow the investment to occur. If the new crop lies in region B, then the PA's investment will be welfare improving, while if the new crops lies in region C, then overall welfare will decrease. In both regions, the area to the left of the  $\lambda = 1.0$  political constraint line (the dotted line) is one where there is unanimity among the PA membership—everyone benefits from the investment that is financed through cross-subsidization. In the area between the  $\lambda = 1.0$  line and the  $\lambda = 0.75$  line, there is supermajority support (but not unanimity) for

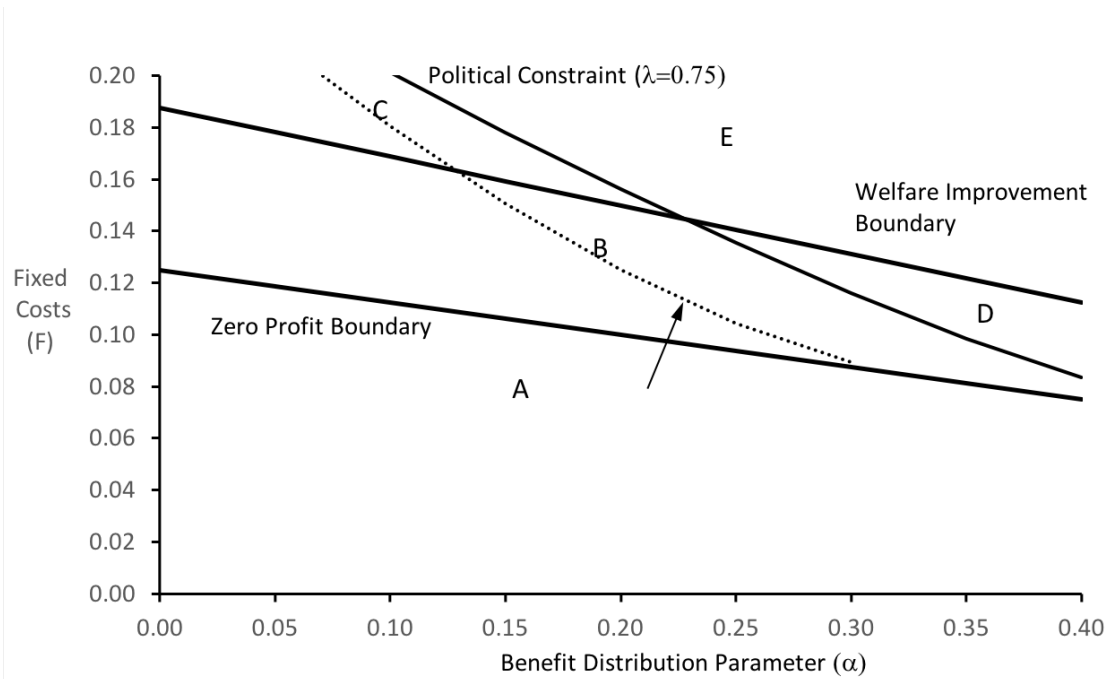


FIGURE 4.5 – Combinations of Fixed Cost ( $F$ ) and Benefit Dispersion Parameter ( $\alpha$ ) That Satisfy the Zero Profit, Welfare Improvement and Political ( $\lambda = 0.75$ ) Constraints

the investment. Regions D and E show R&D projects that do not generate sufficient political support for the PA to undertake the investment. Although new crops that lie in region D would generate greater overall welfare, they will not be undertaken. New crops in region E would not generate higher overall welfare and would not be undertaken.

Regions B and D in figure 4.5 indicate projects where the new crop generates an increase in total welfare but insufficient profits for the FPF to make an investment (and for the PA to be able to finance the investment without cross-subsidization). The reason that projects in these two regions are not financed is the lack of price discrimination. If the FPF were able to sufficiently price discriminate, it could capture the revenue necessary to make investment in the new crop worthwhile. However, an important assumption in the model is that price discrimination is not possible; hence, economically desirable projects can be left unfunded.

The PA is able, at least in part, to circumvent the price discrimination problem by using cross-subsidization. If the fixed costs are low enough and/or if the benefits are sufficiently dispersed among the members (i.e., a low value of  $\alpha$ ), then a PA will be able to generate sufficient political support among its membership to make the investment. In some cases, cross-subsidization will be supported by the entire membership, while in other cases a supermajority will be in favor.

It is useful to consider in a bit more detail the case where the entire membership supports cross-subsidization. In this case, all the members obtain greater expected returns if the investment is made in the new crop compared to the returns they would have earned without the investment occurring. However, because cross-subsidization occurs, there will be some members (i.e., those that purchase the original crop more frequently) that would prefer the investment to occur *and* cross-subsidization to not take place. However, as long the choice can be kept to either having the new crop (with cross-subsidization) or not having the new crop, all or most of the membership would be in favor of having the new crop.

From a political perspective, the restriction of the choice set that is made available to the members is critical to organizational longevity. For instance, once the investment has been made, there will be pressure by those members that more often purchase the original crop to change the pricing structure and bring  $p_o$  in line with  $c_o$ . If such a policy were enacted, it would jeopardize the ability of the PA to continue in operation and to make future investments. Thus, if the PA can frame the problem in terms of the long-run ability of the organization to continue to invest in new crops, then a continuation of cross-subsidization is likely. One way to frame the problem is as a trigger strategy—either support the investment today or do not support the investment at all. Given this choice, the optimal choice by members is to agree to cross-subsidization.

The problem described above is more difficult to address if only a supermajority of members are in favor of cross-subsidization. While a case for a trigger strategy can be made, a portion of the members will not support it. In such cases, the continued existence of the PA relies on some of the members being reluctant to exit the organization. This reluctance might be due to uncertainty or lack of knowledge about how much they would benefit if they were to leave. Alternatively, the PA might be offering a range of goods and services that provide private benefits and leaving the PA would result in a loss of these benefits. As well, members may be motivated to remain in the PA because of an affinity with other farmers and/or a reluctance to take a position that is contrary to the supermajority position.

## 4.4 Conclusion

The purpose of this article was to examine whether a PA has a greater incentive to invest in small markets than a FPF. The results of the analysis show that situations occur where a PA is more likely to invest in orphan crops than are FPFs. Such situations are more likely to arise if the benefits of the new crop are widely dispersed among the members of the PA. In

such cases, cross-subsidization is required by the PA to enable the investment to occur—those members that primarily rely on the original crop must pay a higher price than what they would have paid in the absence of the investment occurring. Nevertheless, if the benefits of the new crop are widely enough dispersed, all or most of the members will be in support of the PA investing in the new crop, providing the alternative is one of no investment at all.



# Conclusion

## Conclusion générale

Cette thèse étudie l'innovation dans le secteur des semences de grandes cultures, secteur pour lequel la R&D joue un rôle essentiel, et cette recherche est principalement réalisée par des grands groupes multi-produits. Cependant, les différentes études empiriques que nous citons dans ce travail présentent des résultats similaires : l'effort en recherche est très déséquilibré entre les espèces et il y a plus d'innovations sur les cultures majeures, c'est-à-dire celles dont les tailles de marché sont les plus importantes<sup>3</sup>. Ce mécanisme s'auto-renforce : l'innovation mène à des variétés plus performantes, donc plus adoptées par les agriculteurs qui spécialisent alors leur production, et cela aboutit à un manque de diversification des cultures.

Or, le manque de diversification des cultures pose un problème pour la société. En effet, l'intensité de la production de certaines espèces tend à épuiser les sols, ce qui nécessite l'usage intensif d'intrants agricoles afin de maintenir la productivité des exploitations. Cet usage répété d'intrants entraîne une dégradation de l'environnement et représente un coût pour la société. Ce coût n'est pas pris en compte par l'équilibre du marché, car la *valeur privée* de la diversification est inférieure à sa *valeur publique*. En outre, [Gruere et al. \(2006\)](#) montrent que même si la *valeur privée* des cultures mineures reste relativement faible au regard des cultures majeures, la *valeur privée potentielle* des cultures orphelines est élevée, mais reste relativement inconnue des acteurs. De nombreuses études récentes en agronomie vont dans ce sens : les cultures orphelines représentent non seulement un levier important pour désintensifier l'agriculture, mais également une valeur économique potentielle élevée pour tous les acteurs de la chaîne agricole. A l'heure où les objectifs publics s'orientent de plus en plus vers une agriculture durable, respectueuse de l'environnement et économiquement

---

3. [Frey \(1996\)](#) observe ce déséquilibre en innovation sur les grandes cultures aux Etats-unis, mais ne relie pas ses résultats à la taille de marché. [Charlot et al. \(2015\)](#) quant à eux établissent que les innovations sont croissantes avec la taille de marché, résultats que nous confirmons dans notre étude empirique du **chapitre 1**.

viaible, l'introduction d'espèces mineures pour une diversification des cultures est devenue un enjeu majeur de société. Malgré ce potentiel économique important des cultures orphelines, il n'y a eu, à notre connaissance, que très peu d'études s'intéressant aux incitations à innover sur les marchés orphelins. C'est ce constat qui a été la raison principale ayant motivé notre travail de thèse.

Celle-ci s'articule autour de quatre chapitres, dont chacun tente d'apporter une contribution à la compréhension des mécanismes menant à la création de marchés orphelins. Il nous semble important de synthétiser les principaux résultats de ces chapitres, et enfin de présenter les perspectives et extensions possibles de cette thèse.

## **Principaux résultats, limites et prolongements**

Dans le **chapitre 1**, nous analysons le comportement de la firme multi-produits dans un marché différencié, notre étude se basant sur une revue de littérature et une analyse empirique du marché français des semences. Lorsque la gamme de produits est déterminée de manière endogène par les firmes, ces dernières doivent prendre en compte plusieurs éléments dont certains ont des effets ambigus sur l'équilibre du marché. Toutefois, il nous semble possible de montrer que plusieurs observations empiriques peuvent être couplées avec la théorie économique. En particulier, la taille de marché est le premier facteur d'innovations : il y a plus de variété de produits sur les marchés de grande taille. En parallèle, le degré de concurrence augmente avec la demande et ces deux effets ont des implications opposées sur la formation de la gamme de produits. Pour les cultures orphelines, nous constatons que peu de firmes proposent des variétés et la concurrence est réduite sur ces marchés, jusqu'à l'observation de véritables niches, comme c'est le cas pour le riz méditerranéen, le chanvre ou le lin textile. Un point important à souligner est que, sur ces niches de marché, les firmes sont mono-produit et ne s'aventurent pas sur d'autres marchés.

La principale limite de notre estimation provient des données que nous utilisons. En effet, l'absence de renseignements sur les caractéristiques des firmes contraint notre analyse à n'observer que la variation des gammes de produits, sans pouvoir analyser l'effet de cette variation sur la productivité des entreprises. De plus, nous n'observons que trois années et n'analysons que le cas du marché français. Un intéressant prolongement de notre étude serait d'étendre l'analyse à d'autres pays et d'autres années, en disposant de suffisamment de données au niveau de la firme, comme le chiffre d'affaires ou le nombre d'employés, tel que nous pouvons l'observer dans la littérature empirique sur les firmes multi-produits ([Bernard](#)

*et al.*, 2010; Lelarge and Nefussi, 2010; Eckel *et al.*, 2015). En particulier, nous suggérons de reprendre les analyses de Bernard *et al.* (2010) et de Lelarge and Nefussi (2010) en les adaptant au marché mondial des semences. Cela permettrait de mieux cerner les stratégies en gamme de produits des semenciers, afin de proposer des politiques publiques visant à mieux contrôler les fusions/acquisitions des firmes dans le secteur des semences.

Dans le **chapitre 2**, nous étudions la stratégie d'offre d'un monopole pour des semences pour deux cultures dans un contexte où il existe un *effet de congestion*. Cet effet, dont l'ampleur est plus ou moins grande dans le modèle, reflète les différents problèmes auxquels sont confrontés les agriculteurs lorsqu'une culture représente une large part de l'assolement (problème phytosanitaire, appauvrissement des sols, etc.). L'agriculteur a d'autant plus intérêt à diversifier son assolement que l'effet de congestion est important. Ceci se retrouve bien dans le modèle qui est développé dans ce chapitre puisque, si l'effet de congestion est assez important, l'optimum de premier rang est d'avoir un assolement combinant les deux cultures, et cela bien qu'une culture soit plus productive que l'autre. Le résultat important de ce chapitre est de montrer qu'un tel optimum de premier rang ne peut pas être atteint avec une offre par un monopole. Le monopole a tendance soit à ne vendre que la semence la plus productive, soit à vendre les deux semences, mais à des prix tels que la semence la plus productive sera utilisée sur une part plus faible de l'assolement que la semence la moins productive. La stratégie du monopole conduit à un assolement très différent de l'optimum de premier rang parce que le monopole définit ses prix de manière à ne pas laisser un profit trop important à l'agriculteur. Ce résultat est obtenu dans différents contextes où les niveaux de potentiel de productivité sont exogènes ou endogènes.

La modélisation de l'offre de monopole dans un contexte avec une telle demande a rarement été réalisée. Ce chapitre étudie donc de manière assez détaillée les arguments économiques derrière ces résultats. Dans la perspective d'une meilleure valorisation académique de ce travail, il est important de mieux étudier la robustesse des résultats notamment lorsqu'on considère d'autres structures d'offre. Il serait également très intéressant d'étudier l'effet d'une technologie qui conduirait à supprimer ou réduire l'effet de congestion, en envisageant le cas où la firme qui commercialise cette technologie est également impliquée dans l'offre de semence (cf. le cas de la fusion de Bayer, leader sur l'offre de pesticides, et Monsanto, leader sur l'offre de semences). Enfin, il conviendrait d'étudier les politiques publiques qui permettraient de corriger les défaillances de marché observées dans de telles situations.

Dans le **chapitre 3**, nous présentons certains mécanismes de financement de la recherche alternatifs au système marchand. Notre étude de cas se concentre sur deux systèmes : le *Levy-funding* et les associations caritatives.

Le *Levy-funding* est un mécanisme économique original et pourrait, à terme, représenter une solution très intéressante pour financer la recherche sur des cultures orphelines. Notre étude se focalise sur des exemples qui sont reconnus comme des succès, en particulier pour les *Saskatchewan Pulse Growers* (SPG) au Canada et le GRDC en Australie. Le cas du SPG est d'ailleurs tout à fait représentatif du potentiel de développement des cultures orphelines : en 1980, la culture des légumineuses était quasiment inexistante dans l'état du Saskatchewan. De nos jours cet état produit, par exemple, plus de 90 % des lentilles du Canada. Le succès de cette organisation, où une taxe est prélevée en fin de chaîne de production pour servir à financer la recherche pour de nouvelles variétés, a été tel qu'à plusieurs reprises les agriculteurs membres de l'organisation ont eux-mêmes voté pour en augmenter le taux. Parce qu'ils étaient directement impliqués dans le processus de recherche et devenaient propriétaires des variétés, ils ont pu faire prospérer une industrie *ex nihilo*. A ce titre, ce système nous paraît mériter une attention particulière des pouvoirs publics pour la promotion de la culture d'espèces orphelines.

Concernant les associations caritatives, même si celles-ci ne peuvent être considérées comme une solution au problème global des cultures orphelines, il nous a néanmoins semblé pertinent d'en présenter certaines, de part leurs implications dans la recherche sur des cultures mineures, en particulier en Afrique. Par exemple, le but de la fondation Gates est de créer une industrie des semences en Afrique, en finançant la formation de chercheurs africains afin de poser les bases d'une future industrie indépendante et performante.

Dans le **chapitre 4**, nous comparons les incitations à introduire une culture orpheline lorsque le semencier est soit une firme privée soit une coopérative. Nous considérons, en particulier, le cas où les firmes sont en situation de monopole et font face à un *effet de cannibalisation*. En effet, comme la taille globale du marché est fixée, l'introduction d'une nouvelle culture se fait au détriment du marché existant. Dans un scénario où les agriculteurs sont localisés dans l'espace des préférences de façon quasi déterministe, les incitations à innover pour les deux semenciers sont identiques. La firme privée investira dans la nouvelle culture si et seulement si la coopérative fait de même, et ce malgré leurs différences d'objectif. En revanche, pour une firme pro-profit, l'*effet de cannibalisation* fait qu'un monopole multi-produits a moins d'incitation à innover qu'un monopole mono-produit entrant sur le marché.

Lorsque les agriculteurs ont une composante aléatoire forte dans leur fonction d'utilité, il existe un scénario dans lequel la coopérative introduit le nouveau produit et la firme privée non. Cela s'explique par le fait que la firme privée ne peut pas discriminer par les prix, tandis que la coopérative pourra user de subventions croisées entre les cultures, si toutefois elle obtient suffisamment d'approbation par ses membres.

Une limite importante de notre analyse est que nous ne considérons, comme dans le **chapitre 2**, que le cas d'un monopole. Or, il serait intéressant d'étudier l'effet pro-compétitif de la présence de coopératives sur les petits marchés, et de constater, à l'instar de la littérature sur les oligopoles mixtes (Rey and Tirole, 2007; Giannakas and Fulton, 2005), si la présence d'associations de producteurs dans une industrie est susceptible d'augmenter l'offre sur ces marchés mineurs. En outre, Fulton (2009) remarque que le développement économique de certaines régions des États-Unis au XIX<sup>ème</sup> siècle dépendait fortement des coopératives, en particulier pour les réseaux électriques, ferroviaires et postaux. Puisque certaines régions étaient très isolées et relativement peu peuplées, les habitants ont dû s'organiser en coopérative pour faire venir à eux ces innovations, car le marché était trop petit pour intéresser les firmes privées. En agriculture, les particularités géographiques des assolements sembleraient aller dans ce sens : pour développer de nouvelles variétés sur des petits marchés isolés, impliquer les acteurs locaux directement concernés pourrait être un levier plus intéressant que le seul système marchand.

## Perspectives

Les perspectives d'études des espèces orphelines en agriculture sont grandes et largement sous-étudiées en économie. A la suite de nos travaux, plusieurs nouvelles questions de recherche nous sont apparues, et parmi elles, deux nous semblent mériter une attention particulière.

En premier lieu, au cours des 40 dernières années l'industrie des semences s'est transformée en profondeur. Elle est passée d'un secteur agro-industriel compétitif, composé principalement de petites entreprises familiales, à une industrie dominée par un petit nombre de sociétés pharmaceutiques/chimiques mondiales (Fernandez-Cornejo *et al.*, 2004). Howard (2009) et Schaller (2012) soulignent que ces sociétés sont entrées dans l'industrie en faisant l'acquisition de nombreuses petites entreprises semencières et en fusionnant avec de grands concurrents. Récemment, certains leaders de ce secteur ont été rachetés par d'autres concurrents, comme en témoigne la récente acquisition de Monsanto par Bayer ou le rachat de Syngenta par

ChemChina, augmentant d'autant plus la concentration de cette industrie. Dès lors, il nous paraît fondamental de déterminer si cette concentration est susceptible de diminuer l'offre en espèces orphelines. En effet, il se peut que cette concentration s'accompagne d'une réduction de la diversité des semences, les entreprises restantes éliminant les produits moins rentables des filiales nouvellement acquises (Howard, 2009). Une étude empirique, incorporant des données au niveau mondial et sur plusieurs dizaines d'années serait alors nécessaire afin de répondre à cette question, et d'éventuellement orienter les différents organismes chargés de la régulation de la concurrence.

Deuxièmement, nous avons présenté dans le **chapitre 3** certains mécanismes de financement de la R&D impliquant des partenariats public/privé/producteurs ayant été reconnus pour leur succès. Cependant, il n'y a eu à notre connaissance que peu d'études sur l'efficacité de tels procédés pour l'offre en cultures orphelines. Ces mécanismes pourraient à terme représenter une solution audacieuse pour notre question, et reçoivent d'ailleurs une attention croissante de la part des pouvoirs publics, comme en atteste le rapport DECOR<sup>4</sup> de l'INRA. Plusieurs questions se posent quant au rôle de la recherche publique dans ce type de partenariat : quels sont les besoins des acteurs de la filière ? Quels types de partenariats envisager, quelles missions des pouvoirs publics ? S'agit-il de favoriser l'accès aux équipements ou aux nouvelles technologies<sup>5</sup> ? S'agit-il de renforcer la coordination entre les pays, en limitant notamment la perte sèche due à une duplication des recherches ? Le rapport DECOR souligne l'importance de bien identifier ces besoins des entreprises partenaires, comme leurs accès aux infrastructures ou aux plateformes technologiques, aux méthodologies, ou aux connaissances pour optimiser un schéma de sélection etc..

Il existe un gradient de la recherche allant de la plus fondamentale à la plus appliquée. Historiquement, la recherche publique s'est surtout concentrée sur la recherche fondamentale, quand la recherche privée était plus appliquée. Fuglie and Toole (2014) soulignent que la recherche privée a pris de plus en plus d'importance ces dernières décennies, mais que des incitations et des capacités accrues pour la recherche privée ont modifié la répartition de la recherche dans le secteur public et créent de nouvelles possibilités de collaboration entre le secteur public et le secteur privé. Jusqu'à présent, les changements dans la structure institutionnelle de la recherche agricole publique et privée ont surpassé les études économiques classiques, et de nouvelles contributions théoriques et empiriques sont nécessaires pour ai-

---

4. Diversification des Espèces Cultivées et des systèmes de culture afférents

5. Par exemple, l'INRA est engagé dans de nombreux partenariats visant, entre autres, à partager des connaissances permettant à de petits acteurs d'avoir accès aux nouvelles biotechnologies. Citons les projets *Amaizing* pour le maïs, *Breduwheat* pour le blé ou *Peamust* pour le pois.

der à orienter les politiques et à relever les principaux défis sociétaux modernes, comme le changement climatique, l'énergie propre, la rareté de l'eau, la sécurité alimentaire et la santé.

Car comme le soulignaient [Crampes and Encaoua \(2005\)](#) : "les micro-économistes n'ont pas encore apporté de contribution substantielle à la R&D dans le domaine du vivant. A cause de la capacité de reproduction naturelle de ce type d'innovation, c'est un champ de recherche qui mérite une attention particulière".

# Annexes

## Annexe du chapitre 1

### Objectif du travail

L'objectif de ce travail est de mettre en relation, pour chaque espèce de grandes cultures en France pour lesquelles nous avons des données disponibles, le nombre de variétés proposées aux agriculteurs par chaque obtenteur ou représentant, et la taille de marché pour l'espèce considérée. Cette taille de marché est calculée comme étant la surface cultivée de l'espèce, pondérée par le taux d'utilisation de semences certifiées (pour les espèces concernées par la pratique des semences fermières). Trois campagnes de production sont considérées : 2001, 2006 et 2011.

### Nombre de variétés et obtenteur ou représentant

La revue professionnelle « Semences et Progrès » liste tous les ans les variétés de grandes cultures commercialisées en France, et précise l'obteneur ou représentant de chaque variété.

Ces tableaux de variétés sont disponibles pour 45 espèces. En fonction de la date de semis pour l'espèce considérée et/ou de la date de parution de la revue « Semences et progrès » dans laquelle apparaissent les données pour l'espèce considérée, il convient de considérer soit les tableaux de l'année N soit les tableaux de l'année N-1. Ainsi, pour les espèces semées à l'automne (ex : blé tendre d'hiver), il convient de considérer les tableaux de l'année N-1 : les surfaces de blé tendre d'hiver de l'année 2001 ont en effet été semées en 2000, sur la base du catalogue de variétés disponibles pour le semis de 2000.

Cependant, pour certaines espèces, les données ne sont pas disponibles pour une des années que nous avons choisies d'étudier (2000/2001, 2005/2006 et 2010/2011). Par ailleurs, les tableaux concernant les espèces fourragères ne mentionnent, à partir de 2010, que les



« variétés récentes ». Il n'est donc pas possible, pour ces espèces, de connaître le nombre de variétés commercialisées pour l'année 2011. Enfin, les tableaux concernant les pommes de terre ne comprennent pas d'information sur l'obteneur des variétés. Ces espèces pour lesquelles les données sont incomplètes ont par conséquent été écartées de notre échantillon.

Le tableau ci-dessous liste les espèces apparaissant dans Semences et Progrès et les problèmes de disponibilité des données.

| Espèce                      | Disponibilité des données complètes sur les 3 années               |
|-----------------------------|--|
| Maïs                        | OK   |
| Betteraves sucrières        | OK   |
| Betteraves fourragères      | OK   |
| Pommes de terre             | Pas d'information sur l'obteneur                                   |
| Sorgho grain                | OK   |
| Tournesol                   | OK   |
| Soja                        | Pas de données pour 2011   |
| Colza                       | OK   |
| Lin textile de printemps    | OK   |
| Chanvre                     | OK   |
| Ray-grass anglais fourrager | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Ray-grass d'Italie          | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Ray-grass hybride           | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Dactyle                     | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Brome                       | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Fétuque élevée fourragère   | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Fétuque des prés            | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Fléole des prés             | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Festulolium                 | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Luzerne                     | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Trèfle violet               | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Trèfle blanc                | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Trèfle incarnat             | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Chou fourrager              | OK   |
| Sorgho fourrager            | OK   |
| Vesce commune               | OK   |
| Vesce velue                 | Pas de données pour 2006   |
| Blé tendre d'hiver          | OK   |
| Orge d'hiver à deux rangs   | OK   |
| Orge d'hiver à six rangs    | OK   |
| Blé dur                     | OK   |
| Triticale                   | OK   |
| Avoine d'hiver              | OK   |
| Seigle                      | OK   |
| Blé tendre de printemps     | OK   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Avoine de printemps            | OK   |
| Orge de printemps              | OK   |
| Riz méditerranéen              | OK   |
| Pois protéagineux de printemps | OK   |
| Féverole de printemps          | Pas de données pour 2001   |
| Pois d'hiver                   | Pas de données pour 2011   |
| Féveroles d'hiver              | A partir de 2010, seules les variétés "récentes" sont répertoriées |
| Lin oléagineux de printemps    | Pas de données pour 2006   |

### Surfaces cultivées

Les données de surfaces cultivées pour les trois campagnes 2001, 2006 et 2001 ont été récupérées sur DISAR (statistiques du Ministère de l'Agriculture).

Ces données de surfaces doivent être pondérées par les taux d'utilisation de semences certifiées. Cette donnée a été fournie par le GNIS (Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants).

### Correspondance entre la nomenclature de Semences et Progrès et la nomenclature DISAR pour les espèces retenues

| Espèces Semences et Progrès         | Espèces DISAR  |
|-------------------------------------|--|
| Avoine de printemps                 | Avoine de printemps*                                   |
| Avoine d'hiver                      | Avoine d'hiver*  |
| Betteraves fourragères (monogerme)  | Autres racines ou tubercules fourragères* 85 % (1)     |
| Betteraves fourragères (plurigerme) | Autres racines ou tubercules fourragères* 85 % (1)     |
| Betteraves sucrières                | Betteraves industrielles                               |
| Blé dur Total                       | blé dur*   |
| Blé tendre de printemps             | Blé tendre de printemps*                               |
| Blé tendre d'hiver                  | Blé tendre d'hiver*                                    |
| Chanvre                             | Chanvre papier (paille et graine) (y compris semences) |
| Chanvre                             | Autres plantes textiles (chanvre) (y compris semences) |
| Chou fourrager                      | Choux fourragers                                       |
| Colza                               | Colza et navette*                                      |
| Lin textile de printemps            | Lin textile (roui non battu) (y compris semences)      |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Maïs                           | Maïs (grain et semence)                              |
| Maïs                           | Maïs fourrage et ensilage (plante entière)           |
| Orge de printemps              | Orge et escourgeon de printemps*                     |
| Orge d'hiver                   | Orge et escourgeon d'hiver*                          |
| Pois protéagineux de printemps | Donnée Terres Univia : Pois de print.                |
| Riz méditerranéen              | Riz*   |
| Seigle                         | Seigle et méteil*                                    |
| Sorgho fourrager               | Espèce non présente dans DISAR pour les trois années |
| Sorgho grain                   | Sorgho   |
| Tournesol                      | Tournesol  |
| Triticale                      | Triticale*   |
| Vesce commune                  | Espèce non présente dans DISAR                       |

\* Taux de semences certifiées à appliquer

### Rappel des décisions :

- Maïs : on intègre dans le calcul de la surface la production de semences (on suppose que pour blé elles sont comprises dans les surfaces).

- Cultures non alimentaire (colza non alimentaire, blé non alimentaire, maïs non alimentaire, tournesol non alimentaire, betteraves non alimentaires) : on suppose qu'elles sont comprises dans les surfaces totales de l'espèce considérée (cela concerne les surfaces dédiées à la production d'énergie).

- (1) Betteraves fourragères : elles sont comptabilisées dans la catégorie « Autres racines ou tubercules fourragères », qui comprend également les navets fourragers et carottes fourragères. Les carottes et navets fourragers représentant environ 15 % des surfaces « Autres racines ou tubercules fourragères » (source ouvrage « Prairies et cultures fourragères en France » coordonné par Christian Huygues), on considèrera que la surface en betteraves fourragères est égale à 85 % de la surface considérée dans DISAR dans la catégorie « Autres racines ou tubercules fourragères ».

- Sorgho fourrager : on élimine cette espèce car les données de surface ne sont pas disponibles.

- Pois protéagineux de printemps : La donnée DISAR étant agrégée (pois protéagineux, comprenant les pois d'hiver et de printemps), on prend la donnée désagrégée fournie par Terres Univia. N.B : la somme des surfaces « pois de printemps » et « pois d'hiver » fournie par Terres Univia correspond bien à la surface DISAR « pois protéagineux ».

## Annexe du chapitre 4

### A : Proof of proposition 1

Recall that the expression of the FPF's profit is :

$$\Pi = [(p_n - c_n) - (p_o - c_o)] \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + (p_o - c_o) - F$$

Taking the first-order conditions with respect to  $p_o$  and  $p_n$  leads to solve the following system :

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi}{\partial p_o} = -\frac{r_n - p_n - r_o + p_o}{(1 - \alpha)t} + \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)} + \frac{p_n - c_n - p_o + c_o}{(1 - \alpha)t} + 1 = 0 \\ \frac{\partial \Pi}{\partial p_n} = \frac{r_n - p_n - r_o + p_o}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)} - \frac{p_n - c_n - p_o + c_o}{(1 - \alpha)t} = 0 \end{cases}$$

Which has no solution. Indeed,  $\frac{\partial \Pi}{\partial p_o} = 0 \iff \frac{\partial \Pi}{\partial p_n} = 1 > 0$ , or  $\frac{\partial \Pi}{\partial p_n} = 0 \iff \frac{\partial \Pi}{\partial p_o} = 1 > 0$ . This means that no interior solution exists, the profit can still be increased until one of the two possible maximum values of  $p_o$  or  $p_n$ . In other words, at least one of the two prices has to reach its maximum.

First consider  $p_n$ .  $p_n$  takes its maximum value at  $p_n = p_o + r_n - r_o - \alpha t/2$ , where the demand for the new crop becomes equal to 0, the fixed cost is thereby sunk, and the (CC) constraint cannot be respected as well. It is thus never profitable to bind  $p_n$  at its maximum.

Second consider  $p_o$ .  $p_o$  reaches its maximum at  $p_o = r_o$ , and the profit expression becomes :

$$\Pi = [(p_n - c_n) - (r_o - c_o)] \left[ \frac{(r_n - p_n)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + (r_o - c_o) - F$$

The first-order condition with respect to  $p_n$  is :

$$\frac{\partial \Pi}{\partial p_n} = \frac{r_n - p_n}{(1 - \alpha)t} - \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)} - \frac{p_n - c_n - r_o + c_o}{(1 - \alpha)t} = 0$$

The solution is :

$$p_n^* = r_o + \frac{(r_n - r_o) + (c_n - c_o)}{2} - \frac{\alpha t}{4}$$

And the profit is :

$$\Pi^* = \frac{[(r_n - r_o) - (c_n - c_o) - \alpha t/2]^2}{4t(1 - \alpha)} + r_o - c_o - F$$

The last step of this proof is to determine whether the (CC) constraint is respected. This

is so if :

$$\Pi^* = \frac{[(r_n - r_o) - (c_n - c_o) - \alpha t/2]^2}{4t(1 - \alpha)} + r_o - c_o - F \geq r_o - c_o$$

Which is equivalent to :

$$[(r_n - r_o) - (c_n - c_o) - \alpha t/2]^2 \geq 4tF(1 - \alpha)$$

If this condition is respected, that is to say if the fixed cost is not too high, then investment occurs and the pricing system is the one found above.

### **B : PA pricing, NCS case**

The PA's expected profit are given by :

$$E(\Pi) = (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - c_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] - F \quad (4.26)$$

Solving for  $E(\Pi) = 0$  gives :

$$\begin{aligned} (p_n - c_n)[2(r_n - p_n) - 2(r_o - c_o) - \alpha t] - 2t(1 - \alpha)F &= 0 \\ -2p_n^2 + p_n(2r_n - 2r_o + 2c_o + 2c_n - \alpha t) - c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) - 2t(1 - \alpha)F &= 0 \end{aligned} \quad (4.27)$$

The discriminant  $\Delta$  is thus :

$$\begin{aligned} \Delta &= (2r_n - 2r_o + 2c_o + 2c_n - \alpha t)^2 - 4 \times 2 \times [c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) + 2t(1 - \alpha)F] \\ &= (2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t)^2 + 4c_n^2 + 4c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) \\ &\quad - 8c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) - 16t(1 - \alpha)F \\ &= (2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t)^2 + 4c_n^2 - 4c_n(2r_n - 2r_o + 2c_o - \alpha t) - 16t(1 - \alpha)F \\ &= (2r_n - 2r_o + 2c_o - 2c_n - \alpha t)^2 - 16t(1 - \alpha)F \end{aligned} \quad (4.28)$$

Hence,  $\Delta \geq 0$  is equivalent to :

$$[(r_n - c_n) - (r_o - c_o) - t\alpha/2]^2 \geq 4t(1 - \alpha)F \quad (4.29)$$

### C : PA pricing, CS case

The PA's expected profit are given by :

$$E(\Pi) = (p_n - c_n) \left[ \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right] + (p_o - c_o) \left[ 1 - \frac{(r_n - p_n) - (r_o - p_o)}{(1 - \alpha)t} \right] + \frac{1}{2} \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} - F \quad (4.30)$$

Solving for  $E(\Pi) = 0$  gives :

$$\begin{aligned} & (p_n - c_n)[2(r_n - p_n) - 2(r_o - p_o) - \alpha t] + (p_o - c_o)[2t(1 - \alpha) - 2(r_n - p_n) + 2(r_o - p_o) + \alpha t] \\ & \quad - 2t(1 - \alpha)F = 0 \\ & - 2p_n^2 + p_n(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t + 2c_n + 2p_o - 2c_o) + (p_o - c_o)[2t(1 - \alpha) - 2r_n + 2p_n + 2r_o \\ & \quad - 2p_o + \alpha t] - c_n(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t) - 2t(1 - \alpha)F = 0 \end{aligned}$$

The discriminant  $\Delta$  is thus :

$$\begin{aligned} \Delta &= (2r_n - 2r_o + 2p_o + 2c_n - 2c_o + 2p_o - \alpha t)^2 - 4 \times 2 \times [c_n(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t) \\ & \quad - (p_o - c_o)(2t - \alpha t - 2r_n + 2r_o - 2p_o) + 2t(1 - \alpha)F] \\ &= (2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t)^2 + (2c_n + 2p_o - 2c_o)^2 + 4(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t)(c_n + p_o - c_o) \\ & \quad - 8c_n(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t) + 8(p_o - c_o)(2t - \alpha t - 2r_n + 2r_o - 2p_o) - 16tF(1 - \alpha) \\ &= (2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t)^2 + (2c_n + 2p_o - 2c_o)^2 - 4(2r_n - 2r_o + 2p_o - \alpha t)(c_n + p_o - c_o) \\ & \quad + 8(p_o - c_o)(2t - 2\alpha t) - 16tF(1 - \alpha) \\ &= [2(r_n - c_n) - 2(r_o - c_o) - t\alpha]^2 + 16t(1 - \alpha)(p_o - c_o - F) \end{aligned} \quad (4.31)$$



# Bibliographie

- Acemoglu, D. and Linn, J. (2004). “Market size in innovation : theory and evidence from the pharmaceutical industry”. *The Quarterly Journal of Economics*, **119**(3) :1049–1090.
- Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., and Howitt, P. (2005). “Competition and innovation : An inverted-u relationship”. *The Quarterly Journal of Economics*, **120**(2) :701–728.
- Aghion, P. and Howitt, P. (1992). “A model of growth through creative destruction”. *Econometrica*, **60**(2) :323.
- Allanson, P. and Montagna, C. (2005). “Multiproduct firms and market structure : An explorative application to the product life cycle”. *International Journal of Industrial Organization*, **23**(7-8) :587–597.
- Alston, J. and Fulton, M. (2012). “Sources of institutional failure and underinvestment in levy-funded agricultural research”. In “Invited paper for the 56 th AARES Annual Conference, Fremantle, Western Australia”, pages 8–10.
- Alston, J. M., Beddow, J. M., and Pardey, P. G. (2009). “Agricultural research, productivity, and food prices in the long run”. *Science*, **325**(5945) :1209–1210.
- Alston, J. M. and Gray, R. S. (2013). “Wheat research funding in australia : The rise of public–private–producer partnerships”. *EuroChoices*, **12**(1) :30–35.
- Anderson, S. P., De Palma, A., and Thisse, J. F. (1992). *Discrete choice theory of product differentiation*. MIT press.
- Arthur, W. B. (1989). “Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events”. *The economic journal*, **99**(394) :116–131.

- Atkinson, A. B. and Stiglitz, J. E. (2015). *Lectures on public economics*. Princeton University Press.
- Baumol, W. J. and Bradford, D. F. (1970). “Optimal departures from marginal cost pricing”. *The American Economic Review*, **60**(3) :265–283.
- Belleflamme, P. and Peitz, M. (2010). “Industrial organization”. *Markets and Strategies*.
- Bernard, A. B., Redding, S. J., and Schott, P. K. (2010). “Multiple-product firms and product switching”. *American Economic Review*, **100**(1) :70–97.
- Bonny, S. (2017). “Corporate concentration and technological change in the global seed industry”. *Sustainability*, **9**(9) :1632.
- Brander, J. A. and Eaton, J. (1984). “Product line rivalry”. *The American Economic Review*, **74**(3) :323–334.
- Caminal, R. and Granero, L. M. (2012). “Multi-product firms and product variety”. *Economica*, **79**(314) :303–328.
- Charlot, S., Dridi, C., Lemarié, S., *et al.* (2015). “Market size and innovation : An application to the french seed market for large crops”. In “2015 AAEA & WAEA Joint Annual Meeting, July 26-28, San Francisco, California”, 205520. Agricultural and Applied Economics Association & Western Agricultural Economics Association.
- Chen, Y. and Riordan, M. H. (2007). “Price and variety in the spokes model”. *The Economic Journal*, **117**(522) :897–921.
- Clements, R., Haggard, J., Quezada, A., Torres, J., *et al.* (2011). “Technologies for climate change adaptation : agricultural sector”.
- Cohen, W. M. (2010). “Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance”. In “Handbook of the Economics of Innovation”, volume 1, pages 129–213. Elsevier.
- Cook, M. L., Chaddad, F. R., and Iliopoulos, C. (2004). “Advances in cooperative theory since 1990 : A review of agricultural economics literature”. Erasmus University Rotterdam, Rotterdam School of Management.
- Crampes, C. and Encaoua, D. (2005). “Microéconomie de l’innovation”.

- Croissant, Y. and Millo, G. (2018). *Panel Data Econometrics with R*. John Wiley & Sons.
- Curtis, F. and Nilson, M. (2012). “Collections systems for royalties in soft wheat : An international study”. *Limagrain Working Group*.
- Dasgupta, P. and Stiglitz, J. (1980). “Industrial structure and the nature of innovative activity”. *The Economic Journal*, **90**(358) :266–293.
- Dixit, A. K. and Stiglitz, J. E. (1977). “Monopolistic competition and optimum product diversity”. *The American Economic Review*, **67**(3) :297–308.
- Dobson, P. W. and Waterson, M. (1996). “Product range and interfirm competition”. *Journal of Economics & Management Strategy*, **5**(3) :317–341.
- Doré, C. and Varoquaux, F. (2006). *Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées*. Editions Quae.
- Drivas, K. and Giannakas, K. (2010). “The effect of cooperatives on quality-enhancing innovation”. *Journal of Agricultural Economics*, **61**(2) :295–317.
- Drivas, K., Giannakas, K., *et al.* (2008). “Process innovation activity in a mixed oligopsony : the role of marketing cooperatives”. *Journal of Rural Cooperation*, **36**(2) :131–156.
- du Montcel, H. T. and Soulié, D. (1978). “La politique de prix de la firme multiproduits”. *Revue économique*, **29**(3) :494–513.
- Dubois, P., De Mouzon, O., Scott-Morton, F., and Seabright, P. (2015). “Market size and pharmaceutical innovation”. *The RAND Journal of Economics*, **46**(4) :844–871.
- Eckel, C., Iacovone, L., Javorcik, B., and Neary, J. P. (2015). “Multi-product firms at home and away : Cost-versus quality-based competence”. *Journal of International Economics*, **95**(2) :216–232.
- Eckel, C. and Neary, J. P. (2010). “Multi-product firms and flexible manufacturing in the global economy”. *The Review of Economic Studies*, **77**(1) :188–217.
- Ecophyto, P. (2018). “Réduction des usages de pesticides 2008–2018”. *Ministry of Agriculture*.
- Feenstra, R. and Ma, H. (2007). “Optimal choice of product scope for multiproduct firms under monopolistic competition”. Technical report, National Bureau of Economic Research.

- Fernandez-Cornejo, J. *et al.* (2004). “The seed industry in us agriculture : An exploration of data and information on crop seed markets, regulation, industry structure, and research and development”. Technical report, United States Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Frey, K. J. (1996). “National plant breeding study-i”. *Special Report*, **98** :51.
- Fudenberg, D. and Tirole, J. (2000). “Customer poaching and brand switching”. *RAND Journal of Economics*, pages 634–657.
- Fugerey-Scarbel, A. and Lemarié, S. (2013). “Évolution de l’organisation de la recherche et du secteur des semences”. *Sélectionneur Français*, **64** :23–34.
- Fugerey-Scarbel, A., Lemarié, S., Bouchet, S., Charmet, G., Elsen, J. M., Tribout, T., and Shumbusho, F. (2017). “De la modélisation des schémas de sélection à l’analyse de l’efficacité économique de la sélection génomique : méthode et quelques cas d’application”. In “Séminaire SelGen 2017 :” La sélection génomique, bilan et perspectives””, pages 1–p.
- Fuglie, K., Heisey, P., King, J., Pray, C. E., and Schimmelpfennig, D. (2012). “The contribution of private industry to agricultural innovation”. *Science*, **338**(6110) :1031–1032.
- Fuglie, K. O. and Toole, A. A. (2014). “The evolving institutional structure of public and private agricultural research”. *American journal of agricultural economics*, **96**(3) :862–883.
- Fulton, M. (2009). “The economics of co-operatives”. *University of Saskatchewan Class Notes*.
- Fulton, M. and Giannakas, K. (2001). “Organizational commitment in a mixed oligopoly : Agricultural cooperatives and investor-owned firms”. *American journal of agricultural economics*, **83**(5) :1258–1265.
- Fulton, M. and Giannakas, K. (2013). “The future of agricultural cooperatives”. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, **5**(1) :61–91.
- Fuzeau, V., Dubois, G., Théron, O., and Allaire, G. (2012). “Diversification des cultures dans l’agriculture française—état des lieux et dispositifs d’accompagnement”. *Collection «Études et documents» du Service de l’Économie, de l’Évaluation et de l’Intégration du Développement Durable (du Commissariat Général au Développement Durable)*.

- Galasso, A., Mitchell, M., and Virag, G. (2018). “A theory of grand innovation prizes”. *Research Policy*, **47**(2) :343–362.
- Gan, Y., Hamel, C., O’Donovan, J. T., Cutforth, H., Zentner, R. P., Campbell, C. A., Niu, Y., and Poppy, L. (2015). “Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity”. *Scientific reports*, **5** :14625.
- Giannakas, K. and Fulton, M. (2005). “Process innovation activity in a mixed oligopoly : The role of cooperatives”. *American Journal of Agricultural Economics*, **87**(2) :406–422.
- Giraud-Héraud, E., Hammoudi, H., and Mokrane, M. (2003). “Multiproduct firm behaviour in a differentiated market”. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d’économique*, **36**(1) :41–61.
- Gray, R. (2012). “Intellectual property rights and the role of public and levy-funded research : Some lessons from international experience”. In “Improving agricultural knowledge and innovation systems : OECD Conference Proceedings, OECD Publishing”, pages 183–203.
- Gray, R., Alston, J. M., and Bolek, K. (2012). “Farmer-funded r&d : Institutional innovations for enhancing agricultural research investments”.
- Gray, R. and Bolek, K. (2010). “A brief overview of crop research funding models”.
- Gray, R., Nagy, C., Galushko, V., and Weseen, S. (2008). “Returns to pulse crop research & development and the management of intellectual property rights”. *Final Report. A Report Funded by the Saskatchewan Pulse Growers*.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.
- Grossman, G. M. and Helpman, E. (1991). “Quality ladders in the theory of growth”. *The Review of economic studies*, **58**(1) :43–61.
- Gruere, G., Giuliani, A., and Smale, M. (2006). *Marketing underutilized plant species for the benefit of the poor : a conceptual framework*. Intl Food Policy Res Inst.
- Guesnerie, R. and Tirole, J. (1985). “L’économie de la recherche-développement : introduction à certains travaux théoriques”. *Revue économique*, pages 843–871.
- Hart, O. and Moore, J. (1996). “The governance of exchanges : members’ cooperatives versus outside ownership”. *Oxford review of economic policy*, **12**(4) :53–69.

- Henderson, R. and Cockburn, I. (1996). “Scale, scope, and spillovers : the determinants of research productivity in drug discovery”. *The Rand journal of economics*, pages 32–59.
- Hotelling, H. (1990). “Stability in competition”. In “The Collected Economics Articles of Harold Hotelling”, pages 50–63. Springer.
- Howard, P. H. (2009). “Visualizing consolidation in the global seed industry : 1996–2008”. *Sustainability*, **1**(4) :1266–1287.
- Just, R. E., Alston, J. M., and Zilberman, D. (2006). *Regulating agricultural biotechnology : economics and policy*, volume 30. Springer Science & Business Media.
- Lacovone, L. and Smarzynska Javorcik, B. (2008). “Multi-product exporters : Diversification and micro-level dynamics”.
- Lancaster, K. (1990). “The economics of product variety : A survey”. *Marketing science*, **9**(3) :189–206.
- Lelarge, C. and Nefussi, B. (2010). “Les stratégies de portefeuille de produits des entreprises industrielles françaises face à la concurrence des pays à bas coût de production”. *Economie et statistique*, **435**(1) :31–47.
- Lemarié, S. (2003). “Evolution des structures industrielles et de la concurrence dans les secteurs des semences et des pesticides”. *Economie rurale*, **277**(1) :167–182.
- Lemarié, S. (2006). “Économie du secteur semencier au niveau international : échanges marchands, stratégies des firmes et du secteur public”. *Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables*, pages 65–70.
- Lerner, J. and Tirole, J. (2004). “Efficient patent pools”. *American Economic Review*, **94**(3) :691–711.
- Mañez, J. A. and Waterson, M. (2001). “Multiproduct firms and product differentiation : a survey.”
- Mayer, T., Melitz, M. J., and Ottaviano, G. I. (2014). “Market size, competition, and the product mix of exporters”. *American Economic Review*, **104**(2) :495–536.
- Mazzeo, M. J. (2002). “Product choice and oligopoly market structure”. *RAND Journal of Economics*, pages 221–242.

- Meynard, J., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M., and Savini, I. (2013). “Brakes and levers to diversification of cultures in france : Study of agricultural farms and chains”. *OCL—Oilseeds Fats Crops Lipids*, **20** :3–10.
- Ottaviano, G. I. and Thisse, J.-F. (1999). “Monopolistic competition, multiproduct firms and optimum product diversity”.
- Padulosi, S., Hodgkin, T., Williams, J., and Haq, N. (2002). “30 underutilized crops : trends, challenges and opportunities in the 21st century”. *Managing plant genetic diversity*, page 323.
- Panzar, J. C. and Willig, R. D. (1977). “Economies of scale in multi-output production”. *The Quarterly Journal of Economics*, pages 481–493.
- Panzar, J. C. and Willig, R. D. (1981). “Economies of scope”. *The American Economic Review*, **71**(2) :268–272.
- Parenti, M. (2018). “Large and small firms in a global market : David vs. goliath”. *Journal of International Economics*, **110** :103–118.
- Perloff, J. M. and Salop, S. C. (1985). “Equilibrium with product differentiation”. *The Review of Economic Studies*, **52**(1) :107–120.
- Putsis Jr, W. P. and Bayus, B. L. (2001). “An empirical analysis of firms’ product line decisions”. *Journal of Marketing Research*, **38**(1) :110–118.
- Reinganum, J. F. (1989). “The timing of innovation : Research, development, and diffusion”. *Handbook of industrial organization*, **1** :849–908.
- Rey, P. and Tirole, J. (2007). “Financing and access in cooperatives”. *International Journal of Industrial Organization*, **25**(5) :1061–1088.
- Salop, S. C. (1979). “Monopolistic competition with outside goods”. *The Bell Journal of Economics*, pages 141–156.
- Schaller, N. (2012). “La diversification des assolements en france : intérêts, freins et enjeux”.
- Schmalensee, R. (1978). “Entry deterrence in the ready-to-eat breakfast cereal industry”. *The Bell Journal of Economics*, pages 305–327.

- Schmookler, J. (1966). “Invention and economic growth”.
- Scotchmer, S. (2004). *Innovation and incentives*. MIT press.
- Shaked, A. and Sutton, J. (1990). “Multiproduct firms and market structure”. *The RAND Journal of Economics*, pages 45–62.
- Siroën, J.-M. (1988). “La théorie de l’échange international en concurrence monopolistique : une comparaison des modèles”. *Revue économique*, pages 511–544.
- Spence, M. (1976). “Product selection, fixed costs, and monopolistic competition”. *The Review of economic studies*, **43**(2) :217–235.
- Spence, M. (1984). “Cost reduction, competition, and industry performance”. *Econometrica : Journal of the Econometric Society*, pages 101–121.
- Tirole, J. (1988). *The theory of industrial organization*. MIT press.
- Van Heerde, H. J., Srinivasan, S., and Dekimpe, M. G. (2012). “Sibling rivalry : Estimating cannibalization rates for innovations”. *GfK Marketing Intelligence Review*, **4**(2) :32–41.
- Vives, X. (2008). “Innovation and competitive pressure”. *The Journal of Industrial Economics*, **56**(3) :419–469.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press.
- Wright, B. D. (1983). “The economics of invention incentives : Patents, prizes, and research contracts”. *The American Economic Review*, **73**(4) :691–707.
- Xiao, Z. and Fulton, M. (2018). “Underinvestment in producer-funded agricultural r&d : The role of the horizon problem”. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d’agroeconomie*, **66**(1) :55–86.
- Yeaple, S. R. (2013). “Scale, scope, and the international expansion strategies of multiproduct firms”. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Zepeda, J. F. and Cohen, J. I. (2006). “Biosafety regulation of genetically modified orphan crops in developing countries : A way forward”. In “Regulating agricultural biotechnology : Economics and policy”, pages 509–533. Springer.



