

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère d'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira de Béjaia
Faculté des sciences Exactes
Département de Recherche Opérationnelle



Mémoire de Master

En Recherche Opérationnelle

Option : Modélisation Mathématique et Technique de Décision

Thème

*Dispersion géographique et qualité
agro-alimentaire : le rôle des
collecteurs/conditionneurs*

Présenté par :

MADI Nesrine et MERZOUK Hayet

Devant le jury composé de :

Présidente	SAIT Razika	MAA	U. A/Mira Béjaia.
Rapporteur	RADJEF Mohammed Said	Professeur	U. A/Mira Béjaia.
Co-rapporteur	HAMMOUDI Abdelhakim	Directeur de recherche	INRA-ALISS France.
Co-rapporteuse	KHIMA-MEZIANI Lamia	MAB	U. A/Mira Béjaia.
Examineur	NAIT MOHAND Nacim	MAB	U. A/Mira Béjaia.
Examinatrice	BARACHE Fatiha	MAA	U. A/Mira Béjaia.

Juillet 2019

Table des matières

Table des matières	1
Liste de figures	3
Introduction générale	1
1 État de l’art	3
1.1 Introduction	3
1.2 Pertes alimentaires	3
1.2.1 Facteurs qui génèrent les pertes	4
1.2.2 Les dispositifs pour lutter contre les pertes	6
1.3 L’importance de la logistique dans le secteur agro-alimentaire	8
1.3.1 L’état de la logistique dans les PED	8
1.4 Aperçu général de la filière datte	9
1.4.1 Contexte de la filière datte en Algérie	9
1.4.2 Structure de la filière datte	10
1.5 Travaux théoriques et empiriques	12
1.5.1 Travaux théoriques	12
1.5.2 Travaux empiriques	16
1.6 Discussion	17
1.7 Conclusion	17
2 Notions de bases de la théorie des jeux et de l’organisation industrielle	18
2.1 Introduction	18
2.2 Théorie des jeux	18
2.2.1 Qu’est ce qu’un jeu ?	19
2.2.2 Différents types de jeu	19
2.2.3 Formes d’un jeu	20
2.2.4 Concept de solution d’un jeu sous forme normale	21

2.3	Quelques notions de la micro-économie	22
2.3.1	Offre	22
2.3.2	Demande	22
2.3.3	Marché	22
2.3.4	L'équilibre du marché	24
2.3.5	Le prix d'équilibre	25
2.4	Modèles de base de l'organisation industrielle	25
2.4.1	Modèle de Cournot	25
2.4.2	Modèle de Stackelberg	27
2.5	Différenciation des produits	28
2.5.1	Différenciation horizontale (modèle d'Hotelling (1929))	29
2.5.2	Différenciation verticale (modèle de Mussa et Rosen (1978))	32
2.6	Conclusion	35
3	Dispersion des producteurs, comportement des collecteurs/ Conditionneurs et formation des prix	36
3.1	Introduction	36
3.2	Le modèle	36
3.3	Résolution du modèle 1 : Prix et distance	40
3.3.1	Indicateurs économiques à l'équilibre	41
3.3.2	Effet de la logistique sur les différents indicateurs à l'équilibre	42
3.4	Résolution du modèle 2 : Prix et logistique	46
3.4.1	Indicateurs économiques à l'équilibre	47
3.4.2	Effet de la distance sur les différents indicateurs à l'équilibre	47
3.5	Conclusion	51
	Conclusion générale	52
	Annexe	53
	Bibliographie	57

Table des figures

1.1	Structuration des opérateurs dans la filière datte	10
1.2	Concurrence dans un contexte spatial	12
2.1	Équilibre du marché.	25
2.2	Ville linéaire d’Hotelling à deux firmes.	29
2.3	Qualité et demande.	34
3.1	Modèle	37
3.2	Variation de la distance à l’équilibre par rapport à la logistique et le coût de transport.	43
3.3	Variation de la distance à l’équilibre par rapport à la logistique et le coût de production.	43
3.4	Variation de l’offre totale par rapport au niveau logistique	44
3.5	Variation des pertes par rapport au niveau logistique	44
3.6	Variation du prix à l’équilibre par rapport à la logistique	45
3.7	Variation du profit par rapport au niveau logistique et le coût de transport.	45
3.8	Variation du profit par rapport au niveau logistique et le coût de production.	45
3.9	Variation du niveau optimal d’investissement en moyens logistiques à l’équilibre par rapport à la distance d	48
3.10	Variation de l’offre totale par rapport à la distance d	49
3.11	Variation des pertes par rapport à la distance d	49
3.12	Variation du prix à l’équilibre en fonction de la distance d	50
3.13	Variation du profit du collecteur à l’équilibre par rapport la distance et au coût de transport.	50
3.14	Variation du profit du collecteur à l’équilibre par rapport la distance et au coût de production.	50

✧ Remerciements ✧

En premier lieu, Nous remercions le bon dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier vivement le Professeur **M.S.RADJEF** pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de nous encadrer, sa confiance ainsi que pour ses précieux conseils.*

*Nous tenons aussi à remercier **Mr A.Hammoudi**, chercheur à INRA-ALISS et Université Paris II, qui nous a proposé ce thème, et qui nous a dirigé durant la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions tout particulièrement et très sincèrement **Mme L.MEZIANI** pour avoir accepté de diriger notre travail et de nous avoir fait part de ses connaissances. Nous la remercions aussi pour ses précieux conseils, son orientation, son encouragement, sa disponibilité, son aide et surtout sa patience avec nous.*

Que le président et les membres de jury trouvent ici nos vifs remerciements pour avoir accepté de juger et d'examiner notre travail.

Nous remercions également tous les membres de nos familles pour leurs soutiens morales et financiers et leurs encouragements durant notre cursus d'étude particulièrement nos parents.

Nos remerciements et gratitude vont aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

✧ *Dédicaces* ✧

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de mon **Père** qui a souhaité voir ce jour, qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le tout puissant l'accueille dans son vaste paradis.

À ma très chère **Maman**, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce qu'elle mérite pour tous les sacrifices qu'elle n'a cessé de me donner depuis ma naissance.

À mon cher frère **Nabil**, son épouse **Souade** et leurs enfants, mes adorables **Ouahib, Farah et Adem**.

À mon cher frère **Lamine**, son épouse **Nawel**.

À mon cher frère **Mohammed**.

À ma très chère et adorable sœur **Lynda**, ainsi qu'à son mari **Riad**.

À la mémoire de mes grands parents paternelles et maternelles, que dieu les accueille dans ses éternels paradis.

À mon très cher fiancé **Zahir**, que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein.

À toute la famille **MADI**, ainsi qu'à la famille **BOUFOUS**.

À ma chère **Nadia** qui a donné de la lumière pour ma vie.

À toutes mes amies et tous ceux qui me sont chers.

À toute la promotion **RO** 2019.

Nesrine

✧ *Dédicaces* ✧

Je dédie ce modeste travail :

*À la mémoire de mon **Père** qui a souhaité voir ce jour, qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le tout puissant l'accueille dans son vaste paradis.*

*À ma très chère **Maman**, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flame de mon cœur, ma vie et mon bonheur, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce qu'elle mérite pour tous les sacrifices qu'elle n'a cessé de me donner depuis ma naissance.*

*À mon très cher et adorable frère **Hakim**.*

À tous mes chers grands frères et sœurs.

*À mes adorables nièces **Mayssa, Serine et Maya**.*

À toutes mes amies, mes copines de chambre et tous ceux qui me sont chers.

*À toute la promotion **RO** 2019.*

Hayet

Introduction générale

L'agro-alimentaire est l'un des secteurs importants des produits agricoles qui évolue de jour en jour. Son principal défi est de faire face à l'accroissement de la population mondiale tout en garantissant un développement durable, en offrant des produits sains et en minimisant les pertes alimentaires.

Les pertes alimentaires désignent toute nourriture perdue lors de la chaîne d'approvisionnement, qui va du producteur au marché. Cela peut être dû à des problèmes intervenus avant la récolte tel que des infestations parasitaires, ou à des problèmes rencontrés lors de la récolte, de la manipulation, de l'entreposage, de l'emballage ou du transport de la nourriture à cause du manque d'infrastructure[23]. Pour réduire ces pertes, il faut améliorer le milieu agricole en améliorant tous les indicateurs économiques à savoir la logistique (comme le transport, le stockage et l'entreposage). En effet, le secteur de la logistique s'est fortement développé ces dernières années, et devient un acteur majeur de l'organisation économique actuelle. Il permet la circulation et la gestion des flux de marchandises et d'informations entre les différents maillons de la chaîne de production et de distribution.

La filière dattes a été marquée par une évolution très rapide de l'effectif total des palmiers, suite aux différentes opérations de rénovation des anciennes palmeraies et aux nouvelles créations. Néanmoins, cette filière est confrontée à d'énormes difficultés d'ordre organisationnel (mains d'oeuvre, moyens de transport adaptés), managerial et de structures susceptibles de donner corps à un secteur potentiellement porteur et prometteur[8].

La dattes se situe à la limite entre les fruits secs et les fruits frais, donc sa distribution a besoin plus de moyens logistiques appropriés, à savoir des moyens de transport adaptés au transport de marchandise et au longues distances entre les bassins de production et les lieux de distribution (camion frigorifique), des endroits adaptés à la conservation des aliments loin de l'humidité.

Contrairement aux autres filières agro-alimentaires qui se caractérisent durant leurs

commercialisation par les producteurs (agriculteurs), qui font la production, la récolte et la distribution vers le marché de gros. Dans la filière dattes, le rôle des producteurs est limité à la production et la récolte, mais la conservation de la marchandise et la distribution vers les lieux de commercialisation est le rôle des collecteurs. Ces derniers représentent un maillon central entre les producteurs et les consommateurs.

La plupart des travaux qui sont d'essence empirique ont étudié la structure de la filière dattes. À savoir l'étude [16] qui a pour objectif de procéder à un diagnostic de la pratique de la traçabilité dans le cadre spécifique des filières dattes, et l'étude [26] analyse la chaîne d'approvisionnement de la dattes tunisienne, en interrogeant un certain nombre de collecteurs.

Rares sont les travaux théoriques qui étudient la question du rôle du collecteur dans ces filières.

Nous nous basant dans notre étude sur le travail [19] qui analyse le comportement des producteurs en termes d'investissement en moyens logistiques et l'effet de ce comportement sur les différents indicateurs économiques (prix, offre, perte, etc).

Cependant, le modèle étudié dans [19] ne peut s'adapter à la réalité des filières agro-alimentaires notamment la filière dattes (dans ce modèle les producteurs s'occupent de la plantation, la récolte, la transportation vers le marché de gros, alors que dans la filière dattes c'est les collecteurs qui assurent la transportation et le conditionnement).

Pour combler cette lacune, nous proposons un travail original dont l'objectif est d'analyser le comportement du collecteur/conditionneur en matière de décision en investissement en moyens logistiques, et son effet sur l'offre totale, pertes alimentaires et prix final-consommateurs.

Afin de répondre à ces objectifs, ce mémoire se divisera en une introduction générale, trois chapitres et une conclusion générale.

Les trois chapitres sont répartis comme suit :

- Le premier chapitre comportera un état de l'art sur les pertes alimentaires ainsi que la lutte contre ces dernières, l'importance de la logistique et son état dans les Pays En voie de Développement, ainsi que quelques travaux théoriques et empiriques de la littérature en rapport avec notre étude.
- Le second chapitre s'intéressera aux notions fondamentales de la théorie des jeux ainsi que l'organisation industrielle et quelques définitions essentielles à la compréhension du contenu de ce travail.
- Le dernier chapitre sera consacré à la présentation de notre contribution qui consiste en analyse du comportement du collecteur et son rôle quant à la réduction des pertes alimentaires.

État de l'art

1.1 Introduction

Parmi les problèmes les plus importants dans le secteur agro-alimentaire, on cite les pertes alimentaires, qui engendrent une diminution de la masse des denrées alimentaires mise sur le marché.

Afin de minimiser ces pertes, il faut améliorer les moyens logistiques en utilisant de meilleures pratiques agricoles et des technologies de stockage adéquates.

Nous commençons dans ce chapitre par la définition de la notion des pertes alimentaires, leurs causes et quelques techniques pour lutter contre ces pertes. On soulignera aussi l'importance de la logistique dans le monde, et son état dans les Pays En voie de Développement (PED). Par la suite, on s'intéressera d'une manière particulière à la filière datte. Et enfin une dernière section comprendra quelques travaux théoriques et empiriques.

1.2 Pertes alimentaires

Les pertes alimentaires sont les produits comestibles perdus tout au long de la chaîne alimentaire[15].

Dans le monde, environ un tiers de la part comestible des aliments destinés à la consommation humaine est perdue ou gaspillée, ce qui est équivalent à environ 1,3 milliards de tonnes par an[11].

Selon la FAO (Food and Agriculture Organization), les pertes alimentaires surviennent au cours des étapes de la production agricole, après la récolte et lors de la transformation dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire. Elles sont dûes principalement à des contraintes logistiques et infrastructurelles[24].

Les trois quarts des pertes sont constatés de la phase de la récolte jusqu'à leurs mise sur le

marché.

Leurs principales causes sont la sensibilité des produits aux aléas sanitaires et climatiques, leurs périssabilités, l'application de normes réglementaires ou de cahiers des charges exigeants. Les pertes aux stades de la distribution (grossistes et détaillants) représentent le quart restant ; elles sont principalement dûes à la manipulation de produits très périssables et surtout à des problèmes de surmaturité (certaines parcelles arrivent à maturité avant les autres) liés à une gestion inappropriée des stocks[15].

Des études commissionnées par la FAO ont estimé que les pertes alimentaires représentent annuellement 30% de la production de céréales, 40-50% des tubercules, fruits et légumes, 20% des oléagineux, des viandes et produits laitiers, et 35% des poissons.

Les pertes alimentaires dépendent fortement de conditions spécifiques et de la situation locale dans chaque pays et pour chaque culture[19].

Les pertes sont observées tout au long de la chaîne d'approvisionnement, à savoir du producteur agricole au consommateur. Dans les pays avec un niveau de vie allant de moyen à élevé, les pertes alimentaires sont le plus souvent causées par le consommateur qui gaspille en jetant des aliments. En revanche, dans les pays où le niveau de vie est faible, les pertes sont observées surtout au début et au milieu de la chaîne, autrement dit lors de la récolte, du séchage et de l'entreposage, et bien moins souvent au stade de la consommation.

1.2.1 Facteurs qui génèrent les pertes

La distance

Parmi les causes des pertes alimentaires, on cite la distance qui sépare le lieu de production avec le lieu de commercialisation (marché de gros). Le choix optimal de l'emplacement des marchés de gros est important pour faciliter la distribution des denrées alimentaires.

La logistique

La logistique est l'ensemble des méthodes et moyens relatifs à l'organisation d'une entreprise comprenant les manutentions, les transports, les conditionnements et les approvisionnements. Son rôle central est d'assurer le meilleur traitement possible des marchandises ainsi que l'optimisation du stockage, du transport et de la distribution aux clients.

Le stockage est l'un des plus importants facteurs pour la préservation de la qualité des aliments, il constitue une des principales contraintes par rapport aux pertes après récolte.

Dans les pays à faibles revenus, les pertes alimentaires sont principalement dûes au manque d'entreposage adapté et à un système de distribution inadéquat. Au milieu de la chaîne d'approvisionnement, des aliments sont perdus pendant la transformation et la vente en gros et au détail. Ceci est dû aussi aux limites financières, de gestion et techniques au niveau de la production alimentaire et de la transformation post-récolte.

Dans les pays à revenus moyens et élevés, les pertes alimentaires ont souvent lieu plus tard sur la chaîne d'approvisionnement à cause du transport durant la transformation, de la mauvaise gestion des températures et des chutes et déchets[19].

Le stockage est l'un des plus importants facteurs pour la préservation de la qualité des aliments, il constitue une des principales contraintes par rapport aux pertes après récolte. En effet, si les réfrigérateurs n'ont pas de dégivrage, le milieu devient très humide et permet alors la multiplication des germes microbiens[13].

Les conditions climatiques et les catastrophes naturelles

Les aspects environnementaux et climatiques font référence à des conditions climatiques extrêmes telles que la sécheresse ou le gel qui pourraient avoir des conséquences importantes sur les pertes en raison de la diminution de la capacité de production[24].

Le processus de changement climatique se traduirait également par une chute des rendements agricoles[5].

La sécheresse, en particulier, est à l'origine de plus de 80% de l'ensemble des dommages et des pertes en agriculture. Une humidité relative élevée est favorable aux micro-organismes, même si la température est basse[13].

Les catastrophes naturelles peuvent avoir des effets similaires, tels que les inondations ou les tremblements de terre qui conduisent à des situations d'urgence caractérisées par une capacité opérationnelle réduite, des infrastructures et des installations de production endommagées et des processus de gestion et de décision plus complexes[24].

Les rejets pour la non conformité aux normes sanitaires

Dans tout organisme, un produit ou un service offert doit répondre à des exigences spécifiées dans des documents (les normes).

L'organisme doit aussi faire face aux exigences relatives au management de la qualité, aux exigences des clients externes, c'est-à-dire plus largement aux exigences provenant des parties intéressées.

Ces dernières années, de nombreuses normes sanitaires ou de qualité publiques et privées en matière de sécurité sanitaire et de qualité des aliments ont été élaborées. Actuellement, les

normes se multiplient dans le monde entier. L'un des effets est que les entreprises des pays en développement et des économies émergentes ont du mal à se conformer à ces normes. Un autre effet important est l'augmentation des coûts marginaux de certification et d'accréditation, qui exerce également une pression sur les bénéfices des entreprises dans les pays industrialisés[27]. En effet, respecter les normes de base de sécurité sanitaire alimentaire peut entraîner des pertes de denrées alimentaires et, dans les cas les plus extrêmes, avoir des effets sur la sécurité alimentaire d'un pays. Des manipulations et un stockage insatisfaisants ne respectant pas certaines conditions d'hygiène ainsi qu'une absence de contrôle adéquat de la température peuvent entraîner une situation d'insécurité sanitaire alimentaire.

La faiblesse des moyens logistiques dans les Pays En Développement pour s'adapter aux normes de plus en plus exigeantes constitue certainement un handicap majeur[9].

1.2.2 Les dispositifs pour lutter contre les pertes

Pour les agriculteurs, la réduction des pertes et gaspillages alimentaires peut constituer un moyen de retrouver un équilibre économique. Pour les industriels et les distributeurs elle est clairement identifiée comme une condition essentielle pour rester compétitif.

On distingue différentes stratégies de lutte contre les pertes alimentaires.

Aides financières

De nombreux pays du Nord Africain, et quelques pays en développement (dont la Tunisie), prévoient des aides financières pour aider les agriculteurs. Ces aides peuvent être très utiles pour l'économie agricole. Les interventions peuvent revêtir diverses formes : compensation pour pertes ou soutien au développement des infrastructures [7].

L'objectif des subventions est variable :

- maintenir une production agricole dans certains pays ou régions ;
- soutenir le revenu des agriculteurs, par des aides directes et des prix garantis ;
- stabiliser les prix sur les marchés intérieurs ;
- permettre l'exportation de denrées agricoles ;
- favoriser la modernisation, la réorientation des exploitations agricoles.

Ces investissements permettent aux producteurs de bénéficier de revenus plus élevés et plus stables[4].

Amélioration du transport

Concernant le transport, plusieurs actions pourraient avoir un impact sur la réduction des pertes après-récolte :

- choix du moyens de transport.
- développer le réseau routier (notamment les pistes d'accès aux zones de production), mais également le transport par rail ;
- promouvoir les bonnes pratiques de manutention et transport ;
- impliquer les transporteurs dans les activités, cadres de concertation, réseau, projets . . . et les sensibiliser sur leur rôle dans les filières ;
- clarifier et assurer plus de transparence sur les coûts de transport.

Faciliter l'accès des producteurs aux marchés

Plusieurs actions peuvent être envisagées pour améliorer l'accès aux marchés et ainsi limiter les pertes après-récolte qui y sont liées :

- améliorer l'accès à l'information sur les prix et la connaissance des marchés et circuits de distribution par des systèmes adaptés (radios rurales, SMS . . .) ;
- encourager les partenariats et la contractualisation ;
- intégrer les commerçants dans les activités, projets, cadres de concertation pour une meilleure sensibilisation, partage d'informations et prise en compte des contraintes de chacun ;
- promouvoir les produits locaux à travers la diffusion de recettes, diffusion de spots TV et radio, animations sur les marchés, organisation de foires . . . ;
- développer des marchés spécialisés dans les centres urbains ;
- définir des normes et une réglementation adaptées et développer des outils d'analyse, de contrôle et de suivi.

Amélioration des techniques de stockage

L'utilisation de meilleures pratiques agricoles et de technologies de stockage adéquates peut considérablement réduire les pertes et contribuer au renforcement de la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté, augmentant ainsi les rendements des petits exploitants agricoles[17].

En plus du développement des infrastructures de stockage, d'autres actions peuvent être menées pour impacter sur les pertes après récolte comme :

- la promotion de variétés mieux adaptées au stockage,

- la diffusion de bonnes pratiques de stockage à travers la formation et un suivi plus adapté.

1.3 L'importance de la logistique dans le secteur agro-alimentaire

La logistique dans l'agriculture prend de plus en plus d'importance dans la mesure où elle s'occupe principalement d'un bon approvisionnement en produits alimentaires et autres produits agricoles du producteur au consommateur final.

Les responsables de la logistique s'occupent non seulement du transport de ces marchandises, mais également du conditionnement, du stockage, de l'entreposage, de la manutention et enfin de la distribution.

Pour les industriels de l'agro-alimentaire, les contraintes imposées par les distributeurs, la volatilité des prix des carburants et la durée de vie limitée des produits rendent d'autant plus nécessaire la maîtrise complète des flux physiques de marchandises, de l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la distribution des produits finis.

L'amélioration des infrastructures logistiques permet notamment d'obtenir des prix concurrentiels, d'améliorer la qualité des produits alimentaires, de limiter les pertes de produits périssables et les gaspillages le long de la chaîne d'approvisionnement. Par ailleurs, une bonne infrastructure logistique facilite le processus de conformité des opérateurs aux réglementations sanitaires et phyto-sanitaires exigées par les pouvoirs publics[19].

1.3.1 L'état de la logistique dans les PED

Les pays développés disposent des infrastructures bien développées, d'une bonne expertise, et suffisamment de capital pour financer et ainsi fournir les meilleurs services logistiques, alors que les pays en voie de développement sont confrontés à de nombreux défis pour exploiter pleinement les opportunités offertes par l'économie mondiale.

Les services logistiques et les infrastructures de transport existant dans de nombreux pays en voie de développement sont mal entretenus et mal gérés, ce qui les rend insuffisants pour soutenir des activités logistiques de pointe. Bien que les gouvernements de ces pays soient conscients de ces insuffisances d'infrastructures, ils ne disposent pas généralement de capital et d'expertise suffisantes pour apporter des améliorations [28].

La littérature révèle que beaucoup de ces pays du tiers monde manquent d'installations logistiques. La mise en place d'un bon système logistique dans ces pays est un véritable défi [25].

Le secteur de la logistique représente de réelles opportunités au Maroc. D'importants acquis ont été réalisés dans ce secteur depuis le lancement de la stratégie logistique nationale. En outre, un tissu d'opérateurs performants en logistique s'est créé avec l'implantation dans le marché marocain d'un grand nombre d'entreprises internationales spécialisées [2].

Dans les pays en voie de développement, le manque d'entrepôts et d'infrastructures entraîne des pertes alimentaires. Dans les régions chaudes, en raison du manque d'infrastructures en matière de transports, de stockage, de chaîne du froid et de marchés, les produits alimentaires frais comme les fruits, les légumes, la viande et le poisson, ayant fraîchement quitté l'exploitation agricole ou été pêchés, peuvent subir des détériorations [19].

1.4 Aperçu général de la filière datte

Selon les statistiques FAO, la production mondiale de dattes s'est accrue de 4,4 à 7,2 millions de Tonnes entre 1993 et 2014.

L'Asie domine l'offre internationale avec 63,9% de la production. L'Afrique du Nord représente 35,5% de la production mondiale. L'Amérique produit 0,4% et l'Europe 0,2%.

1.4.1 Contexte de la filière datte en Algérie

La phoeniciculture (la culture du palmier dattier) est considérée comme le pivot central autour duquel s'articule la vie dans les régions sahariennes. Elle revêt une grande importance socio-économique et environnementale dans cette région.

En Algérie, cette culture occupe une place de premier rang dans l'agriculture saharienne. Avec plus de 17 millions de palmiers et plus de 800 variétés, l'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs et exportateurs de dattes dans le monde. Plus encore, elle se classe en première place en termes de qualité, grâce à la variété Deglet Nour.

En termes de recettes d'exportation, la datte est le premier produit agricole exporté par le pays. Depuis quelques années, la filière est marquée par un certain dynamisme qui se traduit par un accroissement conséquent de la production[3]. Cette dynamique s'explique aussi par l'engagement des producteurs à développer cette culture rentable, sacrée et stratégique pour la durabilité des oasis algériennes[18].

Néanmoins, un certain nombre d'études ont montré que la filière "datte" en Algérie connaît

des difficultés dans son fonctionnement et n'arrive pas à atteindre les objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs publics[3].

Malgré un potentiel important et quelques améliorations récentes, cette filière souffre d'une faiblesse de structuration, d'une insuffisance du conditionnement et d'une forte sous-valorisation des produits, notamment à l'export[3].

Il reste à rappeler que désormais l'Algérie est le 3^{ème} grand producteur de dattes au monde, avec 12,3% de l'offre mondiale, dont 41.6% de sa production est produite à Biskra. Le potentiel de l'Algérie est important. La wilaya de Biskra à elle seule produit le double de la production tunisienne, sachant que la Tunisie est le 1^{er} exportateur de dattes au monde. En revanche, il est important d'inciter les producteurs et les collecteurs-stockeurs à bien maîtriser la lutte contre les ravageurs de la datte, comme la pyrale (le ver de la datte) et de mieux maîtriser la chaîne de froid pour réduire au minimum le phénomène de brunissement.

1.4.2 Structure de la filière datte

La filière datte comprend en général un ensemble d'opérateurs privés (producteurs, collecteurs, conditionneurs-exportateurs, commerçants, détaillants, marchés de gros et marchés locaux) et d'institutions publiques dont les relations s'organisent autour des transactions sur les flux de datte (Figure (1.1)). L'état s'est désengagé des activités concurrentielles touchant la production et la commercialisation des dattes. L'ensemble du secteur évolue dans le cadre d'une stratégie nationale de développement décidée en 1998 et organisée autour de trois axes : l'amélioration des pratiques culturales, la professionnalisation de la filière et le développement des capacités de stockage.

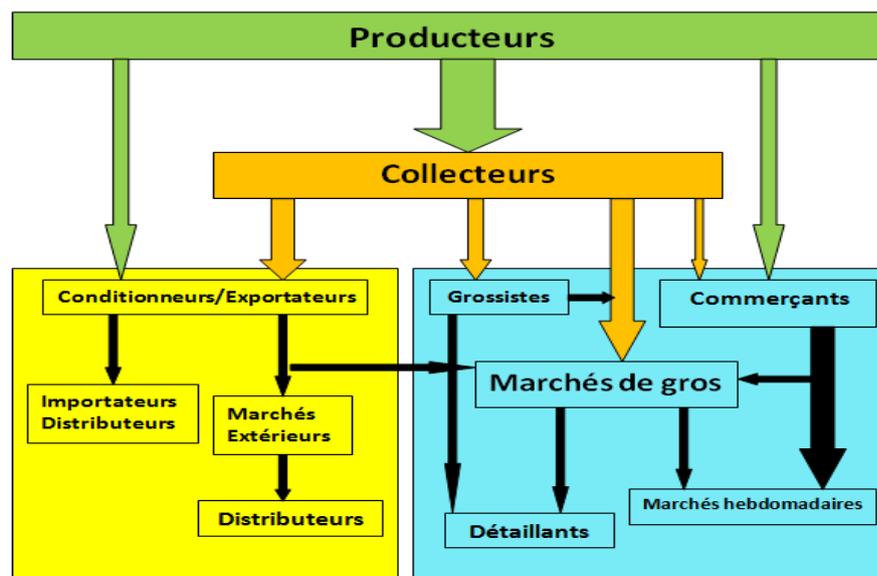


FIGURE 1.1 – Structuration des opérateurs dans la filière datte

Les producteurs

Les producteurs, appelés aussi agriculteurs, travaillent dans les fonctions suivantes : la plantation, la production, la récolte, le triage et la vente.

Avec une production annuelle de plus de 1 million de tonnes (14% de la production mondiale), notre pays est classé parmi les principaux producteurs de dattes, et la qualité du produit est de loin la meilleure.

L'Algérie est connue par la production de la Deglet Nour, une variété de dattes originaire des régions de Biskra (Tolga).

Les collecteurs

Les collecteurs représentent un maillon central de la chaîne d'approvisionnement, dans la mesure où environ 70% de la production transitent entre leurs mains et ils assurent le stockage des dattes.

Ils ouvrent principalement au regroupement et à l'achat de la dattes sur les aires de production pour écouler les lots ainsi acquis au niveau des grossistes, semi-grossistes et détaillants (marché national) ou au niveau des stations de conditionnement pour le marché export.

● Les collecteurs achetant sur pied

Les dattes sont achetées sur pied quand le collecteur envoie sa propre main d'oeuvre pour réaliser les opérations de récolte, de tri et le transport jusqu'à l'opérateur aval.

La récolte nécessite l'emploi de main d'oeuvre journalière spécialisée, organisée en équipes constituées d'un chef de chantier, de grimpeurs spécialisés et d'ouvriers au sol payés.

Ces collecteurs assurent le transport du lieu de production jusqu'à son local de stockage ainsi que les transports vers le marché de gros avec leurs moyens de transport. En revanche, le transport du local du collecteur à l'usine est en général assuré par l'exportateur qui envoie des camions sauf dans le cas où l'usine est située dans la zone de production.

L'achat sur pied se fait fin août - début septembre. Le collecteur passe dans les parcelles et propose aux agriculteurs une somme calculée sur la base d'une estimation du rendement moyen de chaque palmier multiplié par le nombre de palmiers.

Le collecteur raisonne ses achats sur pied en fonction de l'accord conclu avec l'opérateur aval. Il base son raisonnement sur le nombre et la taille des parcelles à acheter en fonction de la quantité approximative à livrer, et sur leur maturité afin de pouvoir étaler les récoltes sur la campagne, certaines parcelles arrivent à maturité avant d'autres.

- **Les collecteurs achetant au tonnage**

Après la récolte de la production et du pré-triage par le producteur, le collecteur l'achète au tonnage. Ce collecteur possède un local d'entreposage, une balance pour la pesée, des caisses et souvent un moyen de transport pour dépanner les agriculteurs. Ne travaillant que sur le circuit d'exportation avec une ou plusieurs usines, ils n'achètent que les variétés et catégories demandées par les exportateurs.

Leurs locaux sont situés sur les zones de production. Les dattes proviennent des agriculteurs du village qui font eux-mêmes leurs récoltes.

Ce type de collecteur prend peu de risque puisqu'il n'effectue aucune opération de sous-traitance ni de transport. Ses charges sont essentiellement constituées des frais de téléphone, frais du local et paiement des ouvriers.

- **Les collecteurs achetant sur pied et au tonnage**

Ces collecteurs traitent de grandes quantités de dattes. Ils font recours aux deux méthodes d'achats, sur pied et au tonnage, en répartissant le type d'achat selon le contexte de l'année et les risques encourus. Ces opérateurs présentent les caractéristiques des deux types de collecteurs exposés plus haut, avec une diversité de producteurs [26].

1.5 Travaux théoriques et empiriques

1.5.1 Travaux théoriques

Modèle de concurrence spatiale

Le modèle de concurrence spatiale, proposé par L.MEZIANI dans sa thèse [19]. Une étude théorique qui utilise un certain nombre de paramètres qui décrit les caractéristiques du marché puis le système de production de l'économie considérée.

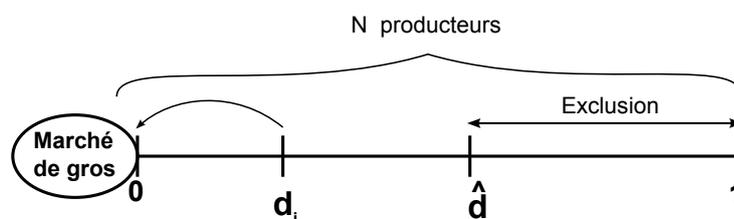


FIGURE 1.2 – Concurrence dans un contexte spatial

La Figure(1.2) représente un marché de gros des produits alimentaires, représenté par une demande D donnée par :

$$D = a - w, \quad (1.1)$$

où :

- $a, (a \geq Q)$: la taille du marché.
- w : le prix du marché déterminé par l'égalisation de l'offre et de la demande.
- La demande inverse, s'écrivant $w = a - Q$, où $Q = Nq$ est l'offre totale potentielle, de N producteurs ayant chacun une capacité q de production.
- \hat{d} : représente la distance à partir de laquelle les profits des producteurs sont négatifs donc ne peuvent participer à l'activité commerciale.

Les hypothèses du modèle :

- Il est supposé que N producteurs sont répartis uniformément sur un segment $[0,1]$ et desservent le marché de gros situé en 0. Ces producteurs sont hétérogènes par leurs localisations et leurs dotations en moyens logistiques.
- Chaque producteur i qui se situe à une distance d_i du marché de gros est doté d'un niveau d'équipement logistique noté μ_i .
- Les producteurs sont tous de même taille $q, (q > 0)$ et chaque unité de produit est produite avec un coût $c, (c > 0)$. Ainsi, le coût total de production de chaque producteur est :

$$C(q) = cq.$$

- Il est supposé que l'offre de chaque producteur ne correspond pas toujours à la quantité produite par celui-ci, et cela à cause des pertes dues aux manques de moyens logistiques et de transport ainsi que la distance séparant chaque producteur du marché de gros.
- $q_i^P(q, \mu_i, d_i)$: la quantité perdue pour le producteur $i, i \in I, I = 1, \dots, N$ donnée comme suit :

$$q_i^P(q, \mu_i, d_i) = q(1 - \mu_i)d_i, \quad i \in I.$$

- $q_i^O(q, \mu_i, d_i)$: la quantité offerte par le producteur $i, i \in I$ est donnée comme suit :

$$q_i^O(q, \mu_i, d_i) = q - q(1 - \mu_i)d_i, \quad i \in I.$$

Chaque producteur $i \in I$, peut ainsi anticiper les quantités individuelles offertes et les

quantités qui seront perdues durant le processus de distribution. Afin d'avoir accès au marché de gros, les producteurs doivent consentir des efforts en moyens logistiques, en tenant en compte de leurs localisations ainsi que des coûts de transport. Cet investissement en moyens logistiques engendre un coût total en logistique pour chaque producteur défini par :

$$C_i^l(\mu_i) = \frac{1}{2}\mu_i^2, \quad i \in I.$$

Transporter les quantités produites, d'un point de production se situant à une distance d_i , du marché de gros, engendre un coût de transport défini comme suit :

$$C_i^t(d_i) = td_iq, \quad i \in I.$$

avec $t, t > 0$, est le coût nécessaire pour transporter une unité de produit de d_i au marché de gros.

Chaque producteur doit maximiser son profit donné comme suit :

$$\pi_i(q, \mu_i, d_i) = wq_i^O(q, \mu_i, d_i) - C_i^t(d_i) - C_i^l(\mu_i) - C(q), \quad i \in I.$$

Étapes de prise de décision :

Chaque producteur peut anticiper sa quantité perdue, et donc sa quantité qui sera effectivement écoulee sur le marché. Après avoir observé le prix de marché, simultanément, chaque producteur choisit le niveau d'investissement qui maximise son profit en fonction de sa localisation (sur la base du prix observé). Les producteurs participants transportent et écoulent leurs quantités produites sur le marché de gros. La loi de l'offre et de la demande détermine le prix sur le marché.[19]

Les résultats de l'étude montrent que :

- Les producteurs les plus éloignés du marché de gros sont les plus incités à améliorer leurs niveaux logistiques. Les producteurs ont intérêt à améliorer leurs niveaux logistiques pour compenser leur éloignement du marché de gros.
- L'aide financière pour l'amélioration des moyens logistiques aux producteurs ne garantit pas toujours l'entrée de ceux-ci au marché de gros.

Autres travaux théoriques

Afin de diminuer les pertes alimentaires, qui sont en augmentation ces dernières décennies, plusieurs travaux théoriques ont été effectués. D.Kumar et K.Prasanta (2017) ont fourni une analyse documentaire complète des pertes post-récolte des céréales dans les pays en

développement, et ont examiné les interventions technologiques permettant de réduire ces pertes. Ils ont montré que l'utilisation de structures de stockage hermétiques correctement scellées a permis de réduire jusqu'à 98% des pertes de stockage[17].

K. An et al. [1] ont proposé un modèle d'optimisation robuste à deux niveaux (modèle de stackelberg), dans lequel une entreprise alimentaire maximise ses profits et minimise les pertes après récolte en déployant de manière optimale les installations de traitement, de stockage du grain et en déterminant le prix d'achat du grain.

S. Nourbakhsh et al. [22] ont présenté un modèle d'économie mathématique pour réduire les pertes post-récolte dans les réseaux de la chaîne d'approvisionnement des grains. Le modèle proposé détermine la logistique optimale pour le transport du grain et les investissements en infrastructures en identifiant les emplacements optimaux pour les nouvelles installations de prétraitement et en optimisant l'expansion de la capacité des routes et des voies ferrées. L'objectif est de minimiser le coût total du système, y compris l'investissement en infrastructure et le coût économique de PHL (Post Harvest Loss).

Dans l'étude [10], C. Grazia et al. ont analysé les effets des outils réglementaires publics sur la sécurité alimentaire, notamment des seuils de contamination maximaux admis et des contrôles officiels effectués aux frontières des pays importateurs, tant pour l'accès aux marchés des pays en voie de développement que pour la santé des consommateurs. Il a été démontré que la réaction stratégique des producteurs dépend de manière cruciale des caractéristiques de l'environnement économique. De plus, un renforcement de la réglementation peut exacerber l'exclusion des producteurs/exportateurs sans améliorer la protection de la santé des consommateurs.

On cite aussi les modèles G.A.B (Guggenheim, Anderson et Boer) et B.E.T (Baunauer, Emmett et Teller) [8], qui ont pour objectif de déterminer les isothermes de sorption de la datte de la variété "Deglet-Nour" à différentes températures. Cette étude a permis d'estimer la teneur en eau de la couche mono-moléculaire ainsi que la chaleur de sorption de la couche mono-moléculaire et de la multi-couche, et la détermination de la chaleur de sorption de la datte "Deglet-Nour".

Parmi les autres travaux théoriques, on a la thèse [6] qui a pour objet de proposer une nouvelle approche du stockage de produits alimentaires frais dans la théorie micro-économique. En effet, développer le petit entreposage de proximité peut générer un revenu supplémentaire dans la vente de produits frais, puis générer un capital qui peut engendrer une amorce solide

au développement, selon des mécanismes comparables à ceux qui ont prévalu en Occident.

1.5.2 Travaux empiriques

Le document [12] est une analyse empirique comportant l'importance des rejets dans le cadre d'une comparaison inter-pays et inter-produits, pour identifier des indicateurs de la capacité relative des pays de l'Afrique de l'Ouest à se conformer aux réglementations sanitaires et phyto-sanitaires imposées par l'UE (Union Européenne).

L'analyse de statistiques descriptives utilise un certain nombre d'indicateurs mesurant la difficulté d'un pays à se conformer aux exigences réglementaires des pays importateurs.

L'étude [16] a été réalisée au sein d'un cabinet de conseils spécialisé en Logistique et Supply Chain Management à Tunis durant l'été 2007. Son objectif était de procéder à un diagnostic de la pratique de la traçabilité dans le cadre spécifique des filières dattes et huile d'olive.

La traçabilité implique la capacité à représenter, décrire mais aussi repérer les produits, ceci en temps réel. Appliquée à l'entreprise, elle permet de retracer l'origine d'un produit ou d'une activité, en mettant en exergue son histoire, ses composants, les conditions de production sur les plans stratégiques, de planification et des opérations, son stockage et sa distribution.

La réussite d'un projet de conditionnement des dattes repose donc sur plusieurs facteurs selon cette étude tels qu'une véritable gestion des ressources humaines, une formation sur le respect des règles d'hygiène et de sécurité alimentaire et la mise en place de système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), de traçabilité et de certification ISO (International Organization for Standardization).

Une analyse de la chaîne d'approvisionnement de la datte tunisienne a été faite par L.Gendre et al.[26]. Cette analyse étudie le revenu des collecteurs de dattes. Les collecteurs interrogés achetant uniquement sur pied traitent des quantités totales de datte comprises entre 80 et 600 tonnes pour la campagne.

Ces collecteurs assurent le transport de la parcelle au local ainsi que les transports vers le marché de gros avec leurs moyens de transport.

Cette étude a montré que le revenu des collecteurs diminuera dès lors que :

- le différentiel entre le prix d'achat des dattes et leur prix moyen de vente durant la campagne se réduit ;
- la qualité des dattes diminue avec les pluies d'automne qui dégradent la production en terme de quantité (chutes de dattes) et de qualité (taches, fermentations).

A l'extrême ces différences peuvent conduire à un revenu net négatif, poussant le collecteur

à la faillite et rendant cette activité risquée. Pour parer ces risques le collecteur cherche à minimiser son coût d'achat en jouant à la fois sur un prix unitaire proposé faible et une sous-estimation volontaire des quantités sur l'arbre.

1.6 Discussion

Le modèle processus de concurrence spatiale [19] qu'on a présenté précédemment ne tient pas compte de la réalité de la filière datte. En effet, ce sont les producteurs qui transportent leurs marchandises vers le marché de gros. Par contre, dans la filière datte, le transport de la marchandise de la parcelle vers le marché de gros est, en général, assuré par le collecteur.

Dans notre modélisation, nous tenons à nous rapprocher plus de la réalité de la filière datte. Pour cela nous reprenons le modèle présenté dans [19] :

- en intégrant un collecteur/conditionneur qui assurera la collecte de la production chez les fournisseurs,
- ce collecteur se chargera du tri, du conditionnement, du stockage et de la distribution de la production,
- ce dernier devra consentir des efforts en investissant en moyens logistiques afin de maximiser son profit et contribuer à la réduction des pertes,
- une fonction d'achat est intégrée dans le modèle.

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques faits sur les pertes alimentaires dans le monde, les facteurs qui engendrent ces pertes ainsi que quelques dispositifs qui peuvent être pris pour en lutter contre. Par la suite, nous avons fait un survol sur l'importance de la logistique dans le secteur agro-alimentaire, et son impact sur la réduction des pertes. Finalement, nous avons présenté quelques travaux théoriques et empiriques qui ont traité la question des pertes alimentaires.

Notions de bases de la théorie des jeux et de l'organisation industrielle

2.1 Introduction

La micro-économie est la branche de l'économie qui modélise le comportement des agents économiques (consommateurs, ménages, entreprises, etc) et leurs interactions notamment sur les marchés.

L'organisation industrielle, appelée aussi économie industrielle, est la branche de la micro-économie consacrée aux comportements stratégiques des acteurs économiques liés à différentes structures de marché.

Les origines de l'organisation industrielle viennent des guerres, où les gens ont dû rivaliser d'ingéniosité pour fabriquer de plus en plus d'armes, de plus en plus sophistiquées et de moins en moins coûteuses.

Dans ce chapitre, on va présenter quelques notions de base de la théorie des jeux et de l'organisation industrielle.

2.2 Théorie des jeux

La théorie des jeux se définit généralement comme l'outil mathématique permettant d'analyser les interactions stratégiques entre les individus, en particulier lorsque ces derniers ont des intérêts divergents. Elle s'intéresse à toutes les configurations dans lesquelles la situation de chacun dépend du comportement de tous et constitue donc la théorie mathématique des comportements stratégiques.

En économie, la théorie des jeux concerne toutes les décisions portant sur les prix, la production, le niveau de publicité, la localisation des activités, la relation avec les fournisseurs,

l'entrée sur de nouveaux marchés, la politique d'absorption des concurrents, etc.

2.2.1 Qu'est ce qu'un jeu ?

Un jeu est une situation où les joueurs sont conduits à faire des choix parmi un certain nombre d'actions possibles, et dans un cadre défini à l'avance (les règles du jeu), qui permet de déterminer qui peut faire quoi et quand. Les résultats de ces choix constituent une issue du jeu à laquelle est associé un gain pour chacun des participants. Ces résultats ne dépendent pas de la décision d'un seul joueur et ne dépendent pas non plus uniquement du hasard, bien que celui-ci puisse intervenir.

2.2.2 Différents types de jeu

Les différents contextes d'interaction peuvent être classés de la manière suivante :

- Types de relation entre les joueurs (coopératif, non-coopératif) ;
- Déroulement dans le temps (simultané, séquentiel) ;
- L'information dont disposent les agents (information parfaite, imparfaite, complète et incomplète) ;
- Le nombre de stratégies des joueurs (jeux finis et jeux infinis) ;
- L'évolution de l'information au cours du temps (Jeux statiques et jeux dynamiques).

Jeux coopératifs et jeux non-coopératifs

Un jeu est coopératif lorsque les joueurs peuvent passer entre eux des accords qui les lient de manière contraignante. On dit alors qu'ils forment une coalition. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les joueurs n'ont pas la possibilité de former des coalitions, le jeu est dit non coopératif.

Jeux simultanés et jeux séquentiels

Un jeu simultané est le modèle d'une situation où tous les joueurs choisissent leurs plans d'action complet une fois pour toute au début du jeu. Ainsi, au moment de faire son choix, le joueur n'est pas informé des choix des autres. Un jeu séquentiel représenté par la forme extensive, au contraire, spécifie :

- les joueurs concernés par le jeu ;
- les moments où chaque joueur aura à jouer ;
- les actions possibles de chaque joueur au moment où il joue ;
- l'information dont dispose chaque joueur au moment où il joue ;

- les gains de chaque joueur pour chacune des combinaisons possibles des actions des joueurs.

Pendant le déroulement du jeu, chaque joueur considère son plan d'action non seulement au début du jeu mais aussi chaque fois qu'il doit effectivement prendre une décision.

Jeux à information complète et incomplète

Si chaque joueur est informé de la structure complète du jeu (les joueurs participant au jeu, leurs actions ou stratégies possibles, les règles du jeu et les gains de tous les joueurs associés à toute issue du jeu), on est dans un jeu à information complète. Si au moins un joueur n'a pas d'informations sur un élément de la structure du jeu, on est dans un jeu à informations incomplètes.

Jeux à information parfaite et imparfaite

Le jeu est à information parfaite, si au moment de prendre sa décision, le joueur connaît toutes les décisions prises par tous les autres joueurs. Le jeu est dit à information imparfaite dans le cas contraire.

Jeux finis et jeux infinis

On parle d'un jeu fini lorsque chaque joueur dispose d'un nombre fini de stratégies. S'il existe au moins un joueur avec un ensemble infini de stratégies, on parle alors de jeu infini.

2.2.3 Formes d'un jeu

Jeu sous forme extensive

Un jeu sous forme extensive, est défini par un arbre qui décrit comment le jeu est joué. Dans ce cas, chaque sommet de l'arbre spécifie le (ou les) joueur(s) qui doit (doivent) choisir une action à ce moment du jeu, ainsi que l'information dont chaque joueur dispose lors de la prise de décision. Les gains que chaque joueur peut réaliser après avoir suivi un des chemins possibles au sein de l'arbre, sont donnés aux sommets terminaux.

Jeu sous forme Normale

La forme normale d'un jeu est une collection de stratégies décrivant les actions de chaque joueur dans toutes les situations concevables du jeu, ainsi que les gains obtenus par chacun lorsque les stratégies de tous les joueurs sont connues.

Définition 2.2.1. Un jeu sous forme normale peut être représenté de la manière suivante :

$$J = \langle I, \{X_i\}_{i \in I}, \{f_i\}_{i \in I} \rangle, \quad (2.1)$$

où :

- $I = \{1, 2, \dots, N\}$, avec $N \geq 2$, l'ensemble des joueurs ;
- X_i l'ensemble des stratégies (actions, alternatives, décisions) du joueur i , $\forall i \in I$;
- $X = \prod_{i \in I} X_i$ est l'ensemble des issues $x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ du jeu ;
- $f_i(\cdot) : X \rightarrow R$ la fonction des gains des joueurs i , $\forall i \in I$.

2.2.4 Concept de solution d'un jeu sous forme normale

Équilibre de Nash

Une issue $x^* = (x^{1*}, \dots, x^{n*})$ est un équilibre de Nash dans le jeu (2.1) si et seulement si pour chaque joueur i :

$$f_i(x^{i*}, x^{-i*}) \geq f_i(x^i, x^{-i*}), \quad \forall x^i \in X^i, \quad i = \overline{1, N}. \quad (2.2)$$

Ainsi l'équilibre de Nash est un n-uplet x^* tel que, pour chaque joueur, ses stratégies maximisent son gain si les autres joueurs maintiennent leurs stratégies fixes[21].

Équilibre de Nash en sous jeu

Un profil de stratégies σ^* est un équilibre parfait en sous jeu si :

- σ^* est un équilibre de Nash sur l'ensemble du jeu répété sous forme normale :

$$F_i(\sigma^*) \geq F_i(\sigma_i, \sigma_{-i}^*), \quad \forall \sigma_i \in \Xi_i, \quad \forall i \in I.$$

- σ^{*ht} est un équilibre de Nash pour tout t et toute histoire h_t :

$$F_i(\sigma^{*ht}) \geq F_i(\sigma_i, \sigma_{-i}^{*ht}), \quad \forall t = 1, 2, \dots, \quad \forall h_t, \quad \forall \sigma_i \in \Xi_i^{ht}, \quad \forall i \in I.$$

Définition 2.2.2. L'histoire du jeu à la date t est donnée par :

$$h_t = (x(0), x(1), \dots, x(t-1)) \in X^t = \prod_{k=0}^{t-1} X.$$

L'histoire du jeu correspond à l'ensemble des actions que les joueurs ont choisi entre la période initiale $k = 0$ et la période $k = t - 1$.

Dans un jeu répété, le profil d'actions sélectionné par les joueurs à chaque période crée un nouveau sous-jeu qui est entièrement défini par l'histoire à cette date.

2.3 Quelques notions de la micro-économie

2.3.1 Offre

L'offre est la quantité d'un bien que les producteurs mettent à la disposition des consommateurs. L'offre d'un bien est une fonction qui relie la quantité offerte au prix de ce bien, on la note $O(p)$. Cette fonction vérifie la propriété : plus le prix d'un bien est élevé, plus les firmes sont incitées à produire, autrement dit, l'offre est une fonction croissante du prix.

$$\frac{\partial O(p)}{\partial p} \geq 0.$$

2.3.2 Demande

La demande est la quantité d'un bien, ou d'un service, que les consommateurs sont prêts à acquérir. C'est une fonction qui relie la quantité du bien au prix de celui-ci, on la note $D(p)$. Très souvent, elle est exprimée par la fonction inverse de demande, notée $P(Q)$, qui relie le prix du bien à la quantité totale Q offerte de ce bien. $D(p)$ est une fonction décroissante du prix.

$$\frac{\partial D(p)}{\partial p} \leq 0.$$

2.3.3 Marché

Traditionnellement, le marché désigne le lieu de rencontre entre l'offre et la demande d'un bien afin de déterminer le prix d'échange[19].

Types des marchés

- **Les marchés selon la nature des produits :** On distingue :
 - ▷ Le marché des biens qui concerne les produits matériels. Par exemple, le marché des ordinateurs, des vêtements...
 - ▷ Le marché des services qui prend en compte les produits immatériels. On peut citer, par exemple, les assurances, les voyages.

- **Les marchés selon leurs tailles :** On parle de :
 - ▷ Marché de masse ou marché des produits de grande consommation qui se caractérise par des chiffres d'affaires très importants. Par exemple, les produits alimentaires ont un chiffre d'affaires dépassant les 110 milliards d'euros.
 - ▷ Niches qui se caractérisent par leurs petites tailles, un potentiel de développement limité en volume, une clientèle spécifique, des compétences très pointues en matière de production. Par exemple, un marché de produits de luxe du quotidien comme les stylos.

- **Les marchés selon leurs dimensions géographiques :** On peut distinguer :
 - ▷ Un marché local pour lequel les acteurs sont géographiquement proches. On peut prendre comme exemple les marchés dans les villes.
 - ▷ Un marché régional qui concentre les acteurs d'une même région.
 - ▷ Un marché national qui élargit le jeu des acteurs au niveau du pays tout entier.
 - ▷ Un marché international dont les acteurs se situent dans des pays différents.

- **Les marchés selon leurs structures :** Dans cette classification, on met en évidence trois types de marchés :
 - ▷ Le marché générique qui regroupe l'ensemble des produits satisfaisant les mêmes besoins. Par exemple, le marché de l'alimentation.
 - ▷ Le marché support qui regroupe des produits différents, mais qui se caractérisent par des comportements de consommation proches. Par exemple, le marché des boissons.
 - ▷ Le marché principal qui regroupe l'ensemble des produits semblables. Par exemple, le marché des boissons gazeuses.

- **Les marchés selon la filière :** On distingue :
 - ▷ Le marché amont est représenté par les marchés qui se situent avant la production des biens et services. Ce sont, par exemple, le marché financier, le marché des matières premières.
 - ▷ Le marché aval concerne les étapes qui succèdent à la production des biens et services. Ce sont les marchés de la distribution des produits.

- **Les marchés selon le nombre d'acheteurs et de vendeurs :**

Nombre de Vendeurs Nombre d'acheteurs	Un grand nombre	Quelques-uns	Un seul
Un grand nombre	Concurrence	Oligopole	Monopole
Quelques-uns	Oligopsone	Oligopole bilatéral	Monopole contrarié
Un seul	Monopsone	Monopsone contrarié	Monopole bilatéral

TABLE 2.1 – Types de marchés selon le nombre d'acheteurs et de vendeurs.

Lorsqu'il y a un seul vendeur sur un marché, on parle de monopole. Lorsqu'il y a un seul acheteur on parle de monopsone.

Dans ces circonstances le vendeur (ou l'acheteur) unique est en mesure de déterminer le fonctionnement du marché, prix, quantités échangées, etc. C'est alors la puissance publique qui déterminera les modalités des échanges.

Lorsqu'un marché comprend un grand nombre de vendeurs et d'acheteurs, nous nous trouvons en situation de concurrence. Chaque intervenant sur le marché a peu d'influence sur ce marché et subit la loi du marché (prix, quantités échangées, etc).

Dans certains cas, lorsque l'information est parfaite et le produit parfaitement homogène, on parle de concurrence pure et parfaite.

Lorsqu'il y a quelques vendeurs, nous nous trouvons en situation d'oligopole. Dans ce cas les vendeurs peuvent chercher à intervenir sur le marché en construisant une stratégie qui tienne compte des réactions possibles des concurrents. Pour prendre des parts de marché, par exemple, une entreprise cherchera à déterminer les réactions possibles de ses concurrents, avant d'engager une action (baisse de prix, promotions, etc). Cette démarche ressemble à celle d'un joueur d'échecs et les différentes stratégies possibles sont traitées à l'aide des techniques de théorie des jeux.

Lorsqu'un marché contient quelques vendeurs et quelques acheteurs, nous nous trouvons dans la situation appelée oligopole bilatéral.

2.3.4 L'équilibre du marché

Un marché est dit en équilibre lorsque les intentions des offreurs correspondent à celles des demandeurs.

2.3.5 Le prix d'équilibre

Le prix d'équilibre est un accord ou un compromis entre offreur(s) et demandeur(s), qui est tel que la quantité demandée est égale à la quantité offerte. Il baisse si l'offre est supérieure à la demande et augmente dans le cas contraire. Le prix n'est pas fixé donc par les agents, mais par le marché[19].

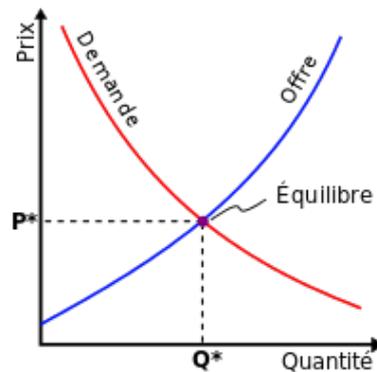


FIGURE 2.1 – Équilibre du marché.

2.4 Modèles de base de l'organisation industrielle

2.4.1 Modèle de Cournot

Il décrit une situation dans laquelle N firmes ($N \geq 2$) produisent et offrent un même bien sur la base de conjecture de Cournot : "chacun pense que l'offre de l'autre est indépendante de sa propre offre et elle est considérée comme une donnée".

Description du modèle

Soit :

- N : le nombre de firmes qui se font concurrence en quantité pour offrir un bien homogène.
- q_i : la quantité produite par la firme i .
- $P(Q)$: la fonction inverse de demande du marché où :

$$Q = \sum_{i=1}^N q_i.$$

- $C_i(q_i)$: le coût total de production de q_i unités pour la firme i , $i \in I = \{1, \dots, N\}$.
- La fonction de profit de chaque firme est donnée par :

$$\pi_i(q_i, q_{-i}) = q_i P(Q) - C_i(q_i), \quad i \in I. \quad (2.3)$$

Donc la concurrence à la Cournot peut être modélisée par un jeu sous forme normale :

$$J_{\text{Cournot}} = \langle I, \{Q_i\}_{i \in I}, \{\pi_i\}_{i \in I} \rangle, \quad (2.4)$$

où :

- $I = \{1, 2, \dots, N\}$, $N \geq 2$: est l'ensemble des N firmes ;
- $Q_i = [0, \infty[$: est l'ensemble des stratégies de la firme i , $i \in I$;
- $\pi_i = \prod_{i=1}^N Q_i \rightarrow R$: est la fonction de gain de la $i^{\text{ème}}$ firme.

Lorsque $N = 2$, on a un duopole de Cournot.

Résolution du jeu de Cournot

Le problème d'optimisation de la firme i est donné comme suit :

$$\max_{q_i \in [0, +\infty[} \pi_i(q_i, q_{-i}). \quad (2.5)$$

En prenant en considération la quantité des autres firmes comme donnée, la condition du 1^{er} ordre de (2.5) est donnée par :

$$\frac{\partial \pi_i(q_i, q_{-i})}{\partial q_i} = 0. \quad (2.6)$$

Si l'équation (2.6) a une solution unique en q_i , alors cette solution dépendra de la quantité offerte des autres firmes ($q_j, j = \overline{1, N}, j \neq i$). Ainsi, la *fonction de meilleure réponse* de la firme i , notée R_i , prend la forme :

$$R_i : Q_{-i} \rightarrow Q_i,$$

$$q_{-i} \in Q_{-i} \mapsto R_i(q_{-i}) = \arg \max_{q_i \in [0, +\infty[} \pi_i(q_i, q_{-i}).$$

c'est à dire $R_i(q_i)$ est le point maximum du problème (2.5) pour $q_{-i} \in Q_{-i}$ fixé.

Définition (Équilibre Oligopolistique de Cournot-Nash) :

L'équilibre de Cournot est un vecteur de quantité $q_i^* \in R^N$ tel que : $q_i^* = R_i(q_{-i}^*), \forall i = \overline{1, N}$.
Autrement dit :

$$\pi_i(q_i^*, q_{-i}^*) = \max_{q_i \in [0, +\infty[} \pi_i(q_i, q_{-i}^*), \quad \forall i = \overline{1, N}.$$

2.4.2 Modèle de Stackelberg

Le modèle de Stackelberg considère deux firmes et suppose une hiérarchie dans la prise de leurs décisions, l'une est considérée comme leader (dominante) détermine la quantité $q_1 \in Q_1$ à produire en tenant compte de la réaction optimale $R_2(q_1) \in Q_2$ de la 2^{ème} firme considérée comme suiveur (follower).

Présentation du modèle de Stackelberg

Le jeu de Stackelberg se déroule en deux étapes :

Étape 1 (1^{er} niveau de décision) : La firme 1 (leader) choisit de produire une quantité $q_1 \in Q_1$.

Étape 2 (2^{ème} niveau de décision) : La firme 2 (suiveur) décide à son tour de produire sa propre quantité $q_2 \in Q_2$ en réagissant à la quantité q_1 choisit par la firme 1.

Équilibre de Stackelberg

Comme il s'agit d'un jeu séquentiel à information complète et parfaite, alors il est résolu par la méthode d'induction à rebours (de retour en arrière).

▷ À la deuxième étape

En observant la quantité $q_1 \in Q_1$ choisie par la firme leader, la réaction optimale de la firme 2 est donnée par :

$$R_2(q_1) \in \arg \max_{q_2 \in Q_2} \pi_2(q_1, q_2). \quad (2.7)$$

▷ À la première étape

Sachant que le leader agit en anticipant la réaction optimale de la firme 2, son problème est formulé comme un problème bi-niveaux suivant :

$$\left| \begin{array}{l} \max_{q_1 \in Q_1} \pi_1(q_1, R_2(q_1)), \\ S/C \quad R_2(q_1) \in \arg \max_{q_2 \in Q_2} \pi_2(q_1, q_2). \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Définition

S'il existe une application univoque $R_2 : Q_1 \longrightarrow Q_2$ telle que pour toute valeur fixée $q_1 \in Q_1$:

$$\pi_2(q_1, R_2(q_1)) \geq \pi_2(q_1, q_2), \quad \forall q_2 \in Q_2.$$

et s'il existe $q_1^* \in Q_1$ telle que :

$$\pi_1(q_1^*, R_2(q_1^*)) \geq \pi_1(q_1, R_2(q_1)), \quad \forall q_1 \in Q_1$$

,

alors le couple de stratégies (q_1^*, q_2^*) , où : $q_2^* = R_2(q_1^*)$, est appelé *équilibre de Stackelberg*.

2.5 Différenciation des produits

Définition : On dit que des produits sont différenciés s'ils sont à la fois semblables et différents.

La différenciation est l'ensemble des procédés par lesquels le produit d'une entreprise soit différent de ceux fabriqués par les entreprises concurrentes.

Il y'a deux types de différenciation :

- **Différenciation verticale** : Il y'a une unanimité des consommateurs sur la qualité des produits offerts, c'est à dire, ils s'accordent tous sur le classement des biens en termes de qualité.
- **Différenciation horizontale** : Il n'y a pas unanimité des consommateurs sur la perception de la valeur des produits offerts, c'est à dire, le classement des biens dépend des goûts des consommateurs.

2.5.1 Différenciation horizontale (modèle d'Hotelling (1929))

Appelé parfois le modèle du marchand de glace, ou encore le modèle de ville linéaire, le modèle de l'économiste et statisticien H. Hotelling décrit la différenciation horizontale des produits sur le marché.

Il est considéré le principal outil d'analyse du positionnement stratégique des firmes [14].

Présentation du modèle :

Dans ce modèle, on considère les hypothèses suivantes :

- une rue, qui est représentée dans ce modèle par l'intervalle $[0, 1]$, représente l'espace des produits (ou espace des goûts) ;
- les consommateurs sont uniformément répartis sur cet intervalle (une masse 1 de consommateurs par unité de distance) ;
- deux firmes A et B se font concurrence sur le marché, à la fois en choisissant leurs localisations et leurs prix. Pour ces deux firmes, le coût marginal de production est supposé identique et égal à c ;
- le coût de transport est de t par unité de distance. Il est supposé linéaire (proportionnel à la distance parcourue) ;
- chaque consommateur achète au plus une unité de produits. De plus, un consommateur qui achète une unité de produits au prix p à un vendeur qui est à la distance d a l'utilité suivante :

$$U(p, d) = -p - t.d. \quad (2.9)$$

- Plus précisément, la différenciation horizontale est analysée par Hotelling comme le choix de positionnement d puis celui du prix p des deux firmes sur un axe horizontale.

Supposons que la firme A est située à une distance a de l'extrémité gauche de la rue et la firme B à une distance b de l'extrémité droite de la rue.

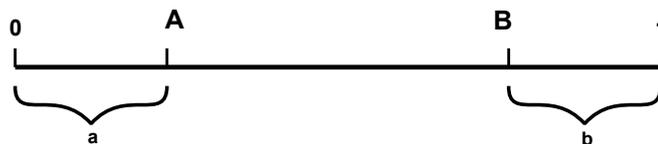


FIGURE 2.2 – Ville linéaire d'Hotelling à deux firmes.

De ce fait, on a :

$$a < 1 - b. \quad (2.10)$$

Déroulement du jeu :

Étape 1 : les firmes choisissent simultanément leurs emplacements (leurs localisations, leurs variétés), c-à-d elles choisissent simultanément a et b (décision de long terme).

Étape 2 : une fois les décisions de la première étape sont prises, les firmes se font concurrence en prix (décisions de court terme). Les firmes déterminent p_A et p_B qui leur permet de maximiser leurs profits.

Équilibre du jeu

La méthode utilisée pour résoudre ce problème est la méthode de récurrence à rebours. Donc, on commence par analyser la concurrence en prix à localisations fixées. Ensuite, on détermine l'équilibre de localisation.

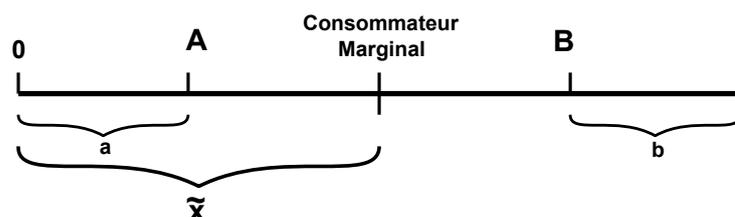
a) Concurrence en prix

On détermine d'abord la demande pour chaque firme. Pour se faire, on calcule :

1. La distance du consommateur marginal.
2. On déduit la demande pour chacune des firmes.
3. On détermine, ensuite, la fonction de meilleure réponse pour chacune des firmes.

Distance du consommateur marginal

A localisation et prix fixés, il existe un consommateur indifférent entre acheter au vendeur A ou vendeur B . C'est le consommateur dont le coût total (coût de transport additionné au prix d'achat) est le même qu'il achète en A ou en B . Supposons que \tilde{x} est la localisation de ce consommateur marginal sur cette rue de longueur 1.



Ce consommateur de distance \tilde{x} , indifférent entre acheter le produit du vendeur A ou du vendeur B , est caractérisé par l'égalité des deux surplus :

$$-(p_A + (\tilde{x} - a)t) = -(p_B + (1 - b - \tilde{x})t) \Rightarrow \tilde{x} = \frac{1}{2t}(p_B - p_A) + \frac{1}{2}(1 - b - a).$$

Donc, si $0 \leq \tilde{x} \leq 1$, la demande qui s'adresse à chaque firme est donnée par :

$$D_1(a, b, p_A, p_B) = \tilde{x} = \frac{1}{2t}(p_B - p_A) + \frac{1}{2}(1 - b - a),$$

$$D_2(a, b, p_A, p_B) = 1 - \tilde{x} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2t}(p_B - p_A) + \frac{1}{2}(b + a).$$

Par conséquent, le profit de chaque firme est donné par :

$$\pi_i(a, b, p_A, p_B) = (p_i - c)D_i(a, b, p_A, p_B), \quad i \in A, B. \quad (2.11)$$

Ainsi, le problème d'optimisation de chaque firme est :

$$\max_{p_i} \pi_i(a, b, p_A, p_B), \quad i = A, B. \quad (2.12)$$

Équilibre de Nash en prix :

La fonction de meilleur réponse de la i^{eme} firme ($R_i(p_j), i, j = A, B$ avec, $i \neq j$) est déterminée en appliquant la condition du premier ordre au problème (2.12). L'équilibre en prix (p_A^*, p_B^*) de la deuxième étape du jeu prendra alors la forme :

$$p_A^*(a, b) = c + \left(\frac{3+a-b}{3}\right)t; \quad p_B^*(a, b) = c + \left(\frac{3-a+b}{3}\right)t.$$

En remplaçant les valeurs de p_A^* et p_B^* dans la fonction (2.11), on aura l'expression des profits de la première étape :

$$\pi_A^1(a, b) = \frac{t}{18}(a - b + 3)^2; \quad \pi_B^1(a, b) = \frac{t}{18}(b - a + 3)^2.$$

Équilibre de Nash en localisation :

Dans cette étape, les deux firmes choisissent simultanément leurs localisation (a, b) de manière à maximiser leurs profits individuels.

Soit :

$$\pi_A^1(a, b) = \frac{t}{18}(a - b + 3)^2 \rightarrow \max_{a \in [0, 1-b]},$$

$$\pi_B^1(a, b) = \frac{t}{18}(b - a + 3)^2 \rightarrow \max_{b \in [0,1]}$$

Nous avons : $\frac{\partial \pi_A^1(a,b)}{\partial a} \geq 0$, ce qui implique que le profit de la firme A est croissant en a .
Et nous avons : $\frac{\partial \pi_B^1(a,b)}{\partial b} \geq 0$, ce qui implique que le profit de la firme B est croissant en b .

Interprétation : Dans le modèle original d'Hotelling, les producteurs devaient être le plus près possible l'un de l'autre et du centre de la ville : c'est le principe de *différenciation minimale*. Cela correspond alors au Paradoxe du duopole de Bertrand.

D'Aspremont et al. (1979) ont mis en évidence une erreur dans ce raisonnement. En réalité, les producteurs se situent près des extrémités de la ville pour éviter une concurrence trop aigüe : c'est le principe de *différenciation maximale*.

2.5.2 Différenciation verticale (modèle de Mussa et Rosen (1978))

Dans le modèle de différenciation horizontale, les firmes produisent des variétés différentes, mais aucune variété n'est supérieure à l'autre. Dans un contexte de différenciation verticale, il y a nécessairement asymétrie : un fournisseur de qualité haute et un fournisseur de qualité basse. La plupart des consommateurs s'entendent pour dire qu'une Volvo est préférable à une Hyundai. De façon similaire, un ordinateur plus compact et puissant est préférable à un ordinateur plus encombrant et moins puissant. La différenciation verticale suppose donc que les produits sont distingués par les consommateurs selon leurs qualités[20].

Les hypothèses du modèle

- **La production :** il existe deux firmes qui produisent un bien de qualités différentes. La firme i produit la qualité s_i . Par souci de simplicité, on suppose que toutes les qualités sont produites au même coût marginal constant c .
- **La consommation :** Les consommateurs sont supposés hétérogènes et indexés par un paramètre θ reflétant leur goût ou leur attachement pour la qualité. Ce paramètre est supposé uniformément distribué sur un intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ avec $\underline{\theta} > 0$ et $\bar{\theta} = 1 + \underline{\theta}$.
Selon Mussa et Rosen, le surplus (l'utilité) d'un consommateur de type θ achetant au prix p une unité du produit de qualité s , est donné par :

$$U(\theta, s) = \theta s - p.$$

La décision d'achat du consommateur θ repose donc à la fois sur le niveau de qualité du bien et sur son prix p : plus θ est élevé, plus la satisfaction que le consommateur tire de la

qualité s est élevée.

$\theta \cdot s$ représente donc sa disponibilité à payer pour la qualité s .

Déroulement du jeu

À la première étape les firmes choisissent simultanément la qualité du produit (ou du positionnement de leur produit sur l'intervalle de qualité), puis elles se font concurrence en prix.

Équilibre du modèle

L'équilibre économique correspond à un équilibre parfait en sous-jeux. Il se caractérise par un équilibre de Nash pour chaque étape : la première étape étant dans notre cas le choix de la qualité, tandis que la seconde correspond au choix du prix. Pour déterminer cet équilibre, on raisonne à rebours.

► Concurrence en prix :

On suppose que les deux firmes produisent respectivement un produit de qualité s_1 et s_2 avec $s_1 < s_2$. On commence par résoudre l'équilibre de la seconde étape de concurrence en prix.

- On détermine d'abord le consommateur marginal.
- On déduit la demande pour chacune des firmes.
- On détermine ensuite les fonctions de réaction.

Le consommateur indifférent

Un consommateur de caractéristique $\hat{\theta}$ est indifférent entre acheter le produit de qualité s_1 ou le produit de qualité s_2 , si et seulement si :

$$\hat{\theta} \cdot s_1 - p_1 = \hat{\theta} \cdot s_2 - p_2 \quad \Leftrightarrow \quad \hat{\theta} = \frac{p_2 - p_1}{s_2 - s_1}. \quad (2.13)$$

La demande qui s'adresse à chacune des deux firmes s'écrit :

$$\left| \begin{array}{l} D_1(s_1, s_2, p_1, p_2) = \hat{\theta} - \underline{\theta} = \frac{p_2 - p_1}{\Delta s} - \underline{\theta} \\ D_2(s_1, s_2, p_1, p_2) = \bar{\theta} - \hat{\theta} = \bar{\theta} - \frac{p_2 - p_1}{\Delta s}, \end{array} \right. \quad (2.14)$$

où : $\Delta s = s_2 - s_1$.

Donc, chaque firme i maximise son profit par rapport à sa variable de décision p_i . Ce profit est donné par :

$$\pi_i(s_1, s_2, p_1, p_2) = (p_i - c)D_i(s_1, s_2, p_1, p_2), \quad i = 1, 2. \quad (2.15)$$

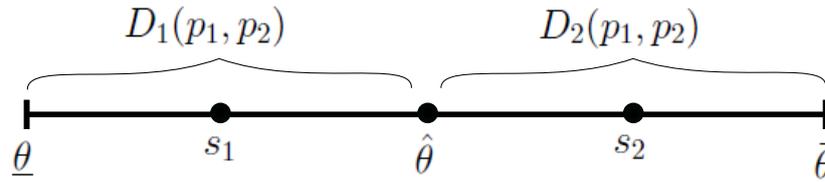


FIGURE 2.3 – Qualité et demande.

Les conditions d'optimalité du premier ordre appliquées au problème de maximisation du profit (2.15) de la firme i par rapport au prix p_i , en supposant le prix p_j de l'autre firme fixé, permettent de déduire les fonctions de meilleure réponses des deux firmes :

$$\begin{cases} p_1 = MR_1(p_2) = \frac{c+p_2+\bar{\theta}(s_2-s_1)}{2}, \\ p_2 = MR_2(p_1) = \frac{c+p_1-\theta(s_2-s_1)}{2}. \end{cases} \quad (2.16)$$

MR_1 et MR_2 étant des fonctions croissantes par rapport à p_2 et p_1 respectivement, on a donc des stratégies complémentaires.

En résolvant le système (2.16), on déduit l'équilibre de Nash en prix à qualités fixées :

$$\begin{cases} \bar{p}_1(s_1, s_2) = c + \frac{(\bar{\theta}-2\theta)(s_2-s_1)}{3} \\ \bar{p}_2(s_1, s_2) = c + \frac{(2\bar{\theta}-\theta)(s_2-s_1)}{3} \end{cases} \quad (2.17)$$

Les parts de marché des firmes à l'équilibre sont données par :

$$\begin{cases} \bar{D}_1(\bar{p}_1, \bar{p}_2) = \frac{\bar{\theta}-2\theta}{3}, \\ \bar{D}_2(\bar{p}_1, \bar{p}_2) = \frac{2\bar{\theta}-\theta}{3} > \bar{D}_1(\bar{p}_1, \bar{p}_2). \end{cases} \quad (2.18)$$

et les profits d'équilibre :

$$\begin{cases} \bar{\pi}_1(s_1, s_2) = (\bar{p}_1 - c) \cdot \bar{D}_1(\bar{p}_1, \bar{p}_2) = \left(\frac{\bar{\theta}-2\theta}{3}\right)^2 \Delta s, \\ \bar{\pi}_2(s_1, s_2) = (\bar{p}_2 - c) \cdot \bar{D}_2(\bar{p}_1, \bar{p}_2) = \left(\frac{2\bar{\theta}-\theta}{3}\right)^2 \Delta s. \end{cases} \quad (2.19)$$

Les résultats du jeu en prix ont montré que :

- La différenciation verticale (comme la différenciation horizontale) donne du pouvoir de marché aux firmes : $\bar{p}_1 > c$ et $\bar{p}_2 > c$.
- La firme qui vend la qualité haute pratique un prix plus élevé : $\bar{p}_1 < \bar{p}_2$.
- Les profits des firmes sont croissants en Δs , et pour $\Delta s = 0$ ($s_1 = s_2$) on a :

$$\bar{p}_1(s_1, s_2) = \bar{p}_2(s_1, s_2) = c.$$

$$\bar{\pi}_1(s_1, s_2) = \bar{\pi}_2(s_1, s_2) = 0.$$

► **Concurrence en qualité :**

Supposons que $s \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. Les deux firmes anticipent l'équilibre en prix, elles peuvent, à une étape antérieure, choisir la qualité du produit à vendre sur le marché. Chaque firme i doit maximiser son profit $\bar{\pi}_i(s_1, s_2)$ par rapport à sa variable de décision s_i , ($i = 1, 2$). On peut vérifier qu'il existe deux équilibres de Nash, tel qu'une firme propose la qualité minimale, l'autre la qualité maximale.

$$\{s_1 = \underline{\theta} \text{ et } s_2 = \bar{\theta}\} \text{ ou bien } \{s_1 = \bar{\theta} \text{ et } s_2 = \underline{\theta}\}.$$

Dans les deux cas, à l'équilibre il y a une *différenciation maximale* des produits. Dans ce cas, la firme proposant la qualité la plus élevée fera les plus forts profits.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons rappelé les concepts de base de la théorie des jeux et d'économie industrielle à savoir l'offre, la demande, le marché, etc.

Puis on a présenté quelques modèles de base, tels que les modèles de Cournot et Stackelberg, ainsi que le modèle d'Hotelling (différenciation horizontale) et le modèle de Mussa et Rosen (différenciation verticale).

Dispersion des producteurs, comportement des collecteurs/ Conditionneurs et formation des prix

3.1 Introduction

Le modèle original[19], présenté dans le chapitre 1, étudie le comportement stratégique des producteurs compte tenu de leurs localisations par rapport au marché de gros.

Dans ce chapitre, nous considérons un modèle d'économie industrielle qui se caractérise par l'existence d'un collecteur qui collecte la production chez les producteurs qui sont dispersés d'une manière uniforme, puis il transporte cette collecte vers un marché de gros. Ainsi, nous allons étudier le comportement de ce collecteur en choix de la distance et d'investissement en moyens logistiques.

3.2 Le modèle

Considérons un marché de gros des produits alimentaires représenté par une demande D donnée par :

$$D = a - p, \quad (3.1)$$

où le paramètre a , ($a \geq 0$), représente la taille du marché, p le prix du marché déterminé par l'égalisation de l'offre et de la demande et Q la quantité collectée par le collecteur.

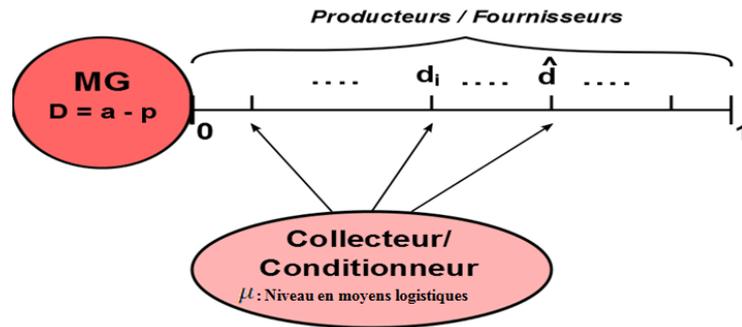


FIGURE 3.1 – Modèle

La figure ci-dessus synthétise les hypothèses suivantes :

- Les producteurs/fournisseurs sont uniformément distribués sur le segment $[0,1]$ et sont hétérogènes par leurs localisations par rapport au marché de gros qui se situe en 0.
- Les producteurs sont tous de même taille q , ($q > 0$) et chaque unité de produit est produite avec un coût c , ($c > 0$).
- Le collecteur/conditionneur choisit une distance \hat{d} du producteur à partir duquel il commence sa collecte. Par la suite, il collecte la production chez les producteurs/fournisseurs à partir de \hat{d} avec ses propres moyens logistiques, puis il transporte toute la collecte vers le marché de gros. Nous supposons que ce niveau en moyens logistiques est noté par : μ , ($\mu \in]0, 1[$).
- Nous supposons que le collecteur peut anticiper les quantités perdues durant le processus de stockage et de distribution (cela en raison d'un manque en moyens logistiques adéquats), ainsi les quantités qui seront effectivement offertes sur le marché de gros.
- Nous supposons que le prix du marché émerge du comportement du collecteur.

Les fonctions qui représentent les quantités perdues q^P et celles offertes q^O sont données respectivement par :

$$q^P(d, \mu, q) = q(1 - \mu)d, \quad (3.2)$$

$$q^O(d, \mu, q) = q - q(1 - \mu)d = q\mu d, \quad (3.3)$$

avec :

- $q^P(d, \mu, q)$: la quantité perdue par le collecteur qui a collecté une quantité q chez le producteur, localisé à une distance d du marché de gros avec des moyens logistiques de qualité μ .
- $q^O(d, \mu, q)$: la quantité offerte par le collecteur qui a collecté une quantité q chez le producteur, localisé à une distance d du marché de gros avec des moyens logistiques de qualité μ .

Remarque : La fonction qui représente les pertes vérifie les propriétés suivantes :

- $\frac{\partial q^P(d, \mu, q)}{\partial d} \geq 0$: croissante par rapport à la distance d qui sépare le producteur du marché de gros,
- $\frac{\partial q^P(d, \mu, q)}{\partial \mu} \leq 0$: décroissante par rapport au niveau de la dotation en moyens logistiques du collecteur de qualité μ .

Afin d'avoir accès au marché de gros et minimiser les pertes, le collecteur doit consentir des efforts en moyens logistiques. Cet investissement en moyens logistiques engendre un coût total donné par :

$$C^l(\mu) = \frac{1}{2}\mu^2. \quad (3.4)$$

Transporter les quantités collectées d'un point de production se situant à une distance d du marché de gros, engendre un coût de transport défini comme suit :

$$C^t(d) = td, \quad (3.5)$$

où t est le coût unitaire de transport.

Nous supposons que le collecteur achète la totalité des quantités produites par les producteurs/fournisseurs et que ce coût dépend de la localisation du fournisseur par rapport au marché de gros : plus le fournisseur est loin du marché de gros, moindre est son prix de vente.

Ce coût est représenté par la fonction $\omega(d, \alpha)$ définie par :

$$\omega(d, \alpha) = \alpha(1 - d), \quad (3.6)$$

avec $\alpha > 0$ est le prix unitaire d'achat .

Par ailleurs, le coût total d'achat est donné comme suit :

$$\Omega(d, \alpha) = \int_0^d \alpha(1 - x)dx. \quad (3.7)$$

Ce coût représente le coût de toutes les quantités collectées chez les producteurs qui se localisent entre le lieu de production situé à une distance d et le marché de gros.

Ainsi, le profit d'un producteur/fournisseur qui se localise à une distance d du marché de gros est donné par :

$$\pi^P(d, \alpha) = \alpha(1 - d)q - cq. \quad (3.8)$$

Pour ce qui est du critère de décision, le collecteur doit maximiser son profit donné comme suit :

$$\begin{aligned}\pi^C(d, \alpha, \mu) &= pQ^O(d, \mu, q) - C^l(\mu) - C^t(d) - \Omega(d, \alpha)q \\ &= p \int_0^d q^O(x, \mu, q) dx - \frac{1}{2}\mu^2 - td - \int_0^d \alpha(1-x) dx\end{aligned}\quad (3.9)$$

Étapes de prise de décision

À la **première étape** : le collecteur anticipe les quantités perdues, et donc la quantité qui sera effectivement écoulee sur le marché. Après avoir observé le prix du marché, le collecteur choisit le niveau en moyens logistiques qui maximise son profit.

À la **seconde étape** : le collecteur choisit la distance du producteur/fournisseur à partir duquel il commencera sa collecte et qui correspond à la distance qui maximise son profit. Ce choix est contraint d'assurer que le profit du producteur qui se localise en cette distance doit être positif.

À la **dernière étape** : le collecteur transporte la quantité collectée vers le marché de gros. La loi de l'offre et de la demande détermine le prix du marché.

La résolution du problème se fait à rebours, en commençant par la dernière étape : nous déterminons le prix à l'équilibre par la loi de l'offre et de la demande, par la suite, la distance à l'équilibre à partir de laquelle le collecteur devrait commencer sa collecte. À la dernière étape, nous déterminons le niveau en moyens logistiques que le collecteur doit investir afin de maximiser son profit.

La résolution du problème à trois étapes étant complexe, nous avons résolu les modèles à deux étapes suivants :

Modèle 1 : Prix et distance

À la **première étape** : à un niveau en moyens logistiques donné μ , le collecteur anticipe les quantités perdues, et donc la quantité qui sera effectivement écoulee sur le marché. Par la suite, il choisit la distance du producteur/fournisseur à partir duquel il commencera sa collecte et qui correspond à la distance qui maximise son profit. Ce choix est contraint d'assurer que le profit du producteur qui se localise en cette distance doit être positif.

À la **deuxième étape** : le collecteur transporte la quantité collectée vers le marché de gros. La loi de l'offre et de la demande détermine le prix du marché.

Modèle 2 : Prix et logistique

À la **première étape** : le collecteur anticipe les quantités perdues, et donc la quantité qui sera effectivement écoulee sur le marché. En supposant que la distance à partir de laquelle le collecteur commence sa collecte est donnée, et après avoir observé le prix du marché, le collecteur choisit le niveau en moyens logistiques qui maximise son profit.

À la **deuxième étape** : le collecteur transporte la quantité collectée vers le marché de gros. La loi de l'offre et de la demande détermine le prix du marché.

3.3 Résolution du modèle 1 : Prix et distance

La résolution est faite en utilisant le logiciel Mathematica.

Étant donné le prix observé p , le comportement optimal du collecteur consiste à déterminer la distance \hat{d} (distance du producteur/fournisseur à partir duquel il commence sa collecte) qui maximise son profit. Ce choix est contraint par le fait que les profits des producteurs/fournisseurs se situant entre le marché de gros et cette distance devraient être positifs. Le problème d'optimisation du collecteur est ainsi donné par :

$$\begin{cases} \max_d \pi^C(d, \alpha). \\ sc : \alpha = \frac{c}{1-d} \end{cases} \quad (3.10)$$

La contrainte sur α (3.11) est obtenue à travers $\pi^P(d, \alpha) = 0$ (voir profit du producteur 3.8).

$$\alpha = \frac{c}{1-d}. \quad (3.11)$$

En remplaçant la contrainte (3.11) dans le profit du collecteur (3.9), on obtient :

$$\pi^C(d, \mu) = \frac{1}{2} (-2cdq - 2dt + dpq(2 + d(-1 + \mu)) - \mu^2)$$

Les conditions nécessaire du premier ordre et suffisante du second ordre du problème (3.10) s'écrivent :

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi^C(d, \mu)}{\partial d} = -cq - t + pq(1 + d(\mu - 1)) = 0 \\ \frac{\partial^2 \pi^C(d, \mu)}{\partial d^2} = pq(\mu - 1) < 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

La résolution de (3.12) permet d'obtenir la distance optimale \hat{d} donnée comme suit :

$$\hat{d}(p, t, \mu) = \frac{cq - pq + t}{pq - \mu pq}. \quad (3.13)$$

3.3.1 Indicateurs économiques à l'équilibre

Prix du marché

Étant donné la distance optimale (3.13), l'offre totale que le collecteur écoulera sur le marché de gros est donnée par :

$$Q^O(\hat{d}, \mu, q) = \frac{(cq - pq + t)((c + p)q + t)}{2p^2q(-1 + \mu)} \quad (3.14)$$

L'égalisation de l'offre (3.14) et la demande (3.1) fait émerger le prix du marché à l'équilibre p^{Eq} donné comme suit :

$$p^{Eq}(\mu) = -\frac{1}{6q(-1 + \mu)} \left(2aq - q^2 - 2aq\mu + (q^2(q + 2a(-1 + \mu)))^2 \right) / \left(54c^2q^4 - q^6 + 108cq^3t + 54q^2t^2 - 6aq^5(-1 + \mu) - 12a^2q^4(-1 + \mu)^2 \right. \\ \left. - 8a^3q^3(-1 + \mu)^3 - 108c^2q^4\mu - 216cq^3t\mu - 108q^2t^2\mu + 54c^2q^4\mu^2 + 108cq^3t\mu^2 + 54q^2t^2\mu^2 + 6\sqrt{3} \right. \\ \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2(-1 + \mu)^2 (q^4 - 27t^2 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 + 54t^2\mu - 27t^2\mu^2)} \right)^{1/3} \\ \left(54c^2q^4 - q^6 + 108cq^3t + 54q^2t^2 - 6aq^5(-1 + \mu) - 12a^2q^4(-1 + \mu)^2 - 8a^3q^3(-1 + \mu)^3 \right. \\ \left. - 108c^2q^4\mu - 216cq^3t\mu - 108q^2t^2\mu + 54c^2q^4\mu^2 + 108cq^3t\mu^2 + 54q^2t^2\mu^2 + 6\sqrt{3} \right. \\ \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2(-1 + \mu)^2 (q^4 - 27t^2 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 + 54t^2\mu - 27t^2\mu^2)} \right)^{1/3} \quad (3.15)$$

Distance à l'équilibre

En remplaçant le prix à l'équilibre (3.15) dans l'expression (3.13), on aura la proposition suivante :

Proposition 3.1. A l'équilibre, la distance par laquelle le collecteur doit commencer la collecte

est donnée comme suit :

$$\begin{aligned}
 d^{Eq}(\mu) = & - \left(6 (cq + t + 1/(6(-1 + \mu))) (2aq - q^2 + (q^2(q + 2a(-1 + \mu))^2)) / (-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu)) \right. \\
 & + 6 (-2a^2 + 9c^2) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 (27ct - 2a^3(-1 + \mu)) (-1 + \mu)^2 \\
 & + 6\sqrt{3} \sqrt{-q^4(cq + t)^2 (q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3) (-1 + \mu)^2} \Big)^{1/3} \\
 & \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 (-2a^2 + 9c^2) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 (27ct - 2a^3(-1 + \mu)) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 (q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} - 2aq\mu \\
 & / \left(2aq - q^2 + (q^2(q + 2a(-1 + \mu))^2) / (-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 (-2a^2 + 9c^2) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 (27ct - 2a^3(-1 + \mu)) (-1 + \mu)^2 \right. \\
 & + 6\sqrt{3} \sqrt{-q^4(cq + t)^2 (q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3) (-1 + \mu)^2} \Big)^{1/3} \\
 & + (-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 (-2a^2 + 9c^2) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 (27ct - 2a^3(-1 + \mu)) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 (q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} - 2aq\mu \Big) \\
 & \tag{3.16}
 \end{aligned}$$

Étant donné l'offre totale (3.14), et la distance à l'équilibre (3.16), l'offre totale à l'équilibre et les pertes totales à l'équilibre sont données dans l'annexe.

Étant donné le prix d'équilibre (3.15) et la distance à l'équilibre (3.16), le profit du collecteur est donné par la formule qui est représentée dans l'annexe.

3.3.2 Effet de la logistique sur les différents indicateurs à l'équilibre

Étant donné la complexité des formules analytiques (3.15), (3.16) et (3.26), une analyse numérique est effectuée et nous a permis d'obtenir les différents résultats qui vont suivre. Les valeurs des paramètres pris en compte sont donnés dans le Tableau (3.1) :

<i>Paramètres</i>	<i>a</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>t</i>
<i>Valeurs</i>	17	5	12	8

TABLE 3.1 – Valeurs des paramètres du modèle.

Où :

- *a* : La taille du marché.
- *q* : La quantité produite par un producteur.
- *c* : Coût unitaire de production.
- *t* : Coût unitaire de transport.

Effet de la logistique sur la distance choisie par le collecteur à l'équilibre :

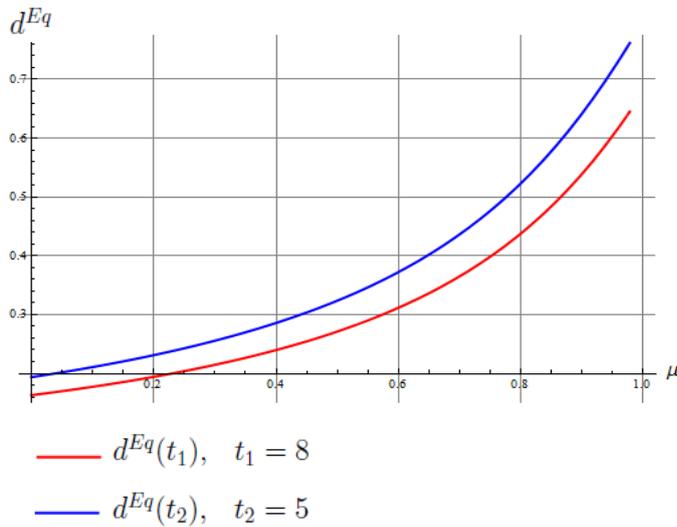


FIGURE 3.2 – Variation de la distance à l'équilibre par rapport à la logistique et le coût de transport.

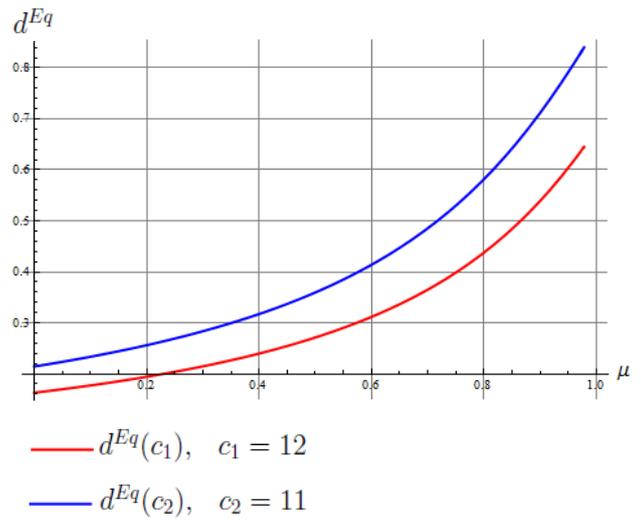


FIGURE 3.3 – Variation de la distance à l'équilibre par rapport à la logistique et le coût de production.

La Figure (3.2) fait apparaître un résultat intuitif sur l'effet de la logistique ainsi que sur la distance à l'équilibre que devrait parcourir le collecteur. En effet, pour un coût de transport t , en augmentant le niveau en moyens logistiques μ , le collecteur sera incité à parcourir une distance supérieure.

La Figure (3.3) montre que pour un niveau d'investissement en moyens logistiques μ , lorsque le coût de production des Producteurs/Fournisseurs diminue de c_1 à c_2 , la distance parcourue par le collecteur augmente. En effet, lorsque le coût de production des Producteurs/Fournisseurs diminue, le prix unitaire d'achat (α) diminue, par conséquent, le collecteur choisira d'augmenter la distance parcourue.

Effet de la logistique sur l'offre et les pertes :

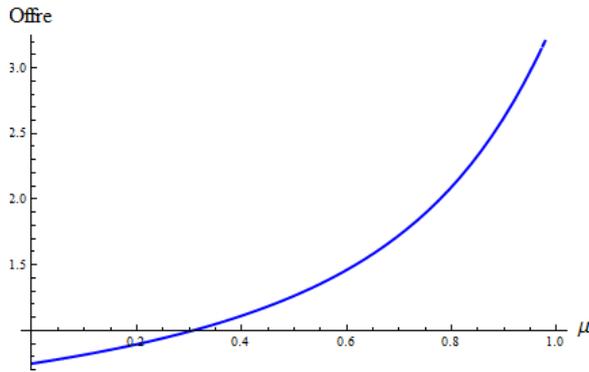


FIGURE 3.4 – Variation de l'offre totale par rapport au niveau logistique

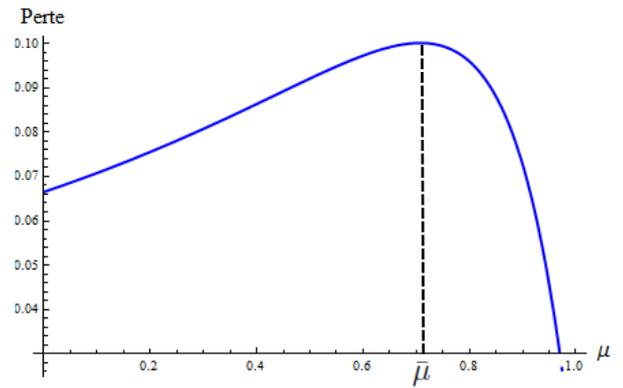


FIGURE 3.5 – Variation des pertes par rapport au niveau logistique

La Figure (3.4) montre que l'offre totale augmente à mesure que le niveau d'investissement en moyens logistiques du collecteur s'améliore. Cela peut être expliqué par le fait que, lorsque le collecteur améliore son niveau en moyens logistiques, cela l'incitera à parcourir une distance plus grande (Figure 3.2). Par conséquent, la quantité collectée augmente, d'où l'augmentation de l'offre totale sur le marché.

La figure (3.5) fait apparaître un résultat contre intuitif quant à la variation des pertes par rapport à la logistique. Il existe un niveau en moyens logistiques $\bar{\mu}$ pour lequel la perte totale en produits est maximale. En effet, lorsque le niveau en moyens logistiques du collecteur s'améliore dans l'intervalle $[0, \bar{\mu}]$, la distance parcourue augmente (Figure 3.2). Par conséquent, la quantité collectée augmente et les pertes augmentent. Ce résultat est expliqué par le fait que le niveau en moyens logistiques du collecteur n'est pas assez suffisant pour garantir une diminution des pertes.

Dans l'intervalle $[\bar{\mu}, 1]$, lorsque le niveau d'investissement en moyens logistiques s'améliore les pertes diminuent. Cela est expliqué par le fait que le niveau d'investissement en moyens logistiques est efficace et suffisant pour réduire les pertes.

Effet de la logistique sur le prix à l'équilibre :

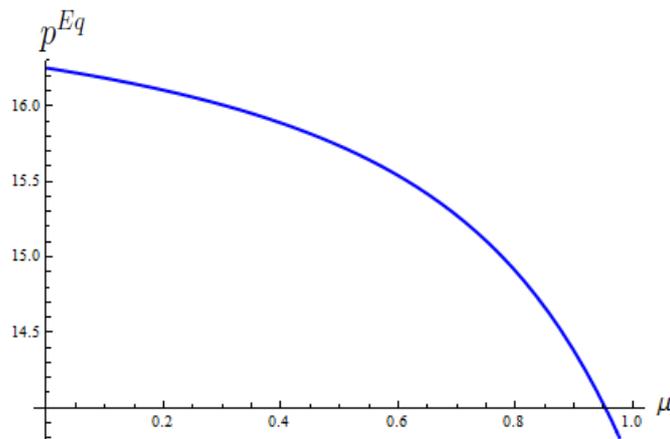


FIGURE 3.6 – Variation du prix à l'équilibre par rapport à la logistique

Sur La Figure (3.6), on constate que le prix du marché diminue par rapport au niveau d'équipement en logistique. Cela peut être expliqué par le fait que l'effort consenti par le collecteur dans l'investissement en moyens logistiques fait augmenter l'offre totale sur le marché (Figure (3.4)), et par conséquent le prix diminue.

Effet de la logistique sur le profit du collecteur :

Les Figures (3.7) et (3.8) présentent la variation du profit par rapport au niveau d'investissement en moyens logistiques, coût de transport ainsi que le coût de production.

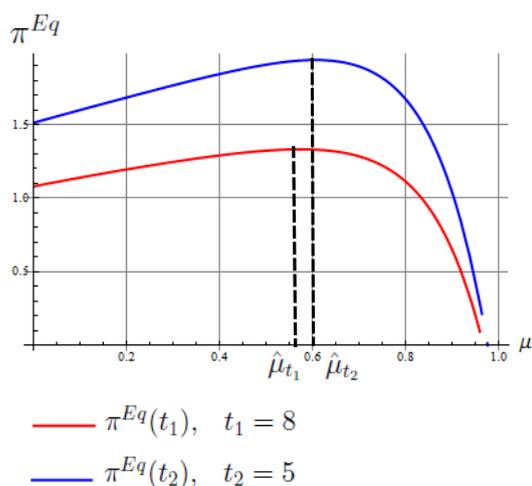


FIGURE 3.7 – Variation du profit par rapport au niveau logistique et le coût de transport.

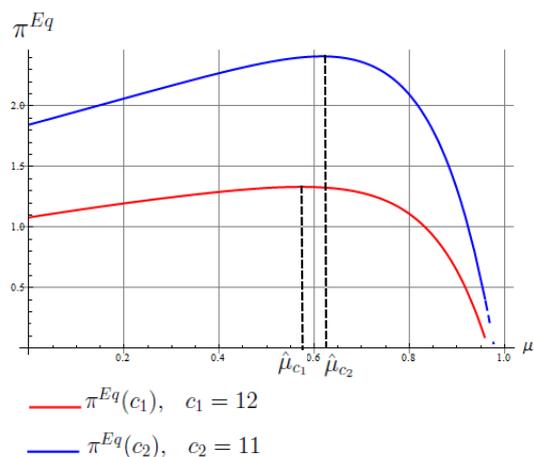


FIGURE 3.8 – Variation du profit par rapport au niveau logistique et le coût de production.

Les Figures (3.7) et (3.8) montrent que, pour un coût de transport t et un coût de production c fixés, il existe un niveau en moyens logistiques qui maximise le profit du collecteur et que ce niveau augmente lorsque le coût de transport ou bien le coût de production diminue.

Dans l'intervalle $[0, \hat{\mu}]$, l'amélioration du niveau d'investissement en moyens logistiques a un effet positif sur le profit. Cela est dû à l'augmentation de la vente au marché de gros.

Dans l'intervalle $[\hat{\mu}, 1]$, la diminution du profit du collecteur est due à la fois à l'augmentation des coûts d'investissement en moyens logistiques et la diminution du prix à l'équilibre (Figure (3.6)).

3.4 Résolution du modèle 2 : Prix et logistique

La résolution est faite en utilisant le logiciel Mathematica.

Étant donné le prix observé p , le comportement optimal du collecteur consiste à déterminer le niveau d'investissement en moyens logistiques μ^* qui maximise son profit. Ce choix est contraint par le fait que les profits des producteurs/fournisseurs se situant entre le marché de gros et la distance d devraient être positifs.

Le problème d'optimisation du collecteur est ainsi donné par :

$$\begin{cases} \max_{\mu} \pi^C(d, \alpha). \\ sc : \alpha = \frac{c}{1-d} \end{cases} \quad (3.17)$$

En remplaçant la contrainte (3.11) dans le profit du collecteur (3.9), les conditions nécessaire du premier ordre et suffisante du second ordre du problème (3.17) s'écrivent :

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi^C(d, \alpha)}{\partial \mu} = \frac{1}{2}d^2pq - \mu = 0 \\ \frac{\partial^2 \pi^C(d, \alpha)}{\partial \mu^2} = -1 < 0 \end{cases} \quad (3.18)$$

La résolution de (3.18) permet d'obtenir le niveau d'investissement en moyens logistiques optimal μ^* donnée comme suit :

$$\mu^*(d) = \frac{d^2q(4a + 2(-2 + d)dq)}{2(4 + d^4q^2)}. \quad (3.19)$$

3.4.1 Indicateurs économiques à l'équilibre

Prix du marché

Étant donné le niveau d'investissement en moyens logistiques optimal (3.19), l'offre totale que le collecteur écoulera sur le marché de gros est donnée par :

$$Q^O(d, \mu^*, q) = \frac{1}{4}dq(4 - 2d + d^3pq). \quad (3.20)$$

L'égalisation de l'offre (3.20) et la demande (3.1) fait émerger le prix du marché à l'équilibre p^{Eq} donné comme suit :

$$p^{Eq}(d) = \frac{4a + 2(-2 + d)dq}{4 + d^4q^2}. \quad (3.21)$$

Niveau d'investissement en moyens logistiques à l'équilibre

En remplaçant le prix à l'équilibre (3.21) dans l'expression (3.19), on aura la proposition suivante :

Proposition 3.2. A l'équilibre, le niveau d'investissement en moyens logistiques que le collecteur doit investir est donnée comme suit :

$$\mu^{Eq}(d) = \frac{d^2q(4a + 2(-2 + d)dq)}{2(4 + d^4q^2)}. \quad (3.22)$$

Par conséquent, l'offre totale à l'équilibre est donnée par :

$$Q^O(d, \mu^{Eq}, q) = \frac{1}{2}dq \left(2 + d \left(-1 + \frac{d^2q(4a + 2(-2 + d)dq)}{2(4 + d^4q^2)} \right) \right). \quad (3.23)$$

Les pertes totales :

$$q^P(d) = -\frac{1}{2}d^2q \left(-1 + \frac{d^2q(4a + 2(-2 + d)dq)}{2(4 + d^4q^2)} \right). \quad (3.24)$$

Étant donné le prix d'équilibre (3.21) et le niveau d'investissement en moyens logistiques à l'équilibre (3.22), le profit du collecteur est donné comme suit :

$$\pi^{Eq}(d) = -\frac{d(32t + q(32c + 16a(-2 + d) - 4a^2d^3q + dq(8 + d^4q^2)(4 + d(-4 + d + 2d^2(cq + t))))}{2(4 + d^4q^2)^2}. \quad (3.25)$$

3.4.2 Effet de la distance sur les différents indicateurs à l'équilibre

Étant donné la complexité des formules analytique (3.21), (3.22) et (3.25) , une analyse numérique est effectuée et nous a permis d'obtenir les différents résultats qui vont suivre.

Les valeurs des paramètres pris en compte sont donnés dans le Tableau (3.2) :

Où :

<i>Paramètres</i>	<i>a</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>t</i>
<i>Valeurs</i>	3	2	0.5	0.5

TABLE 3.2 – Valeurs des paramètres du modèle.

- a : La taille du marché.
- q : La quantité produite par un producteur.
- c : Coût unitaire de production.
- t : Coût unitaire de transport.

Effet de la distance sur le niveau de logistique :

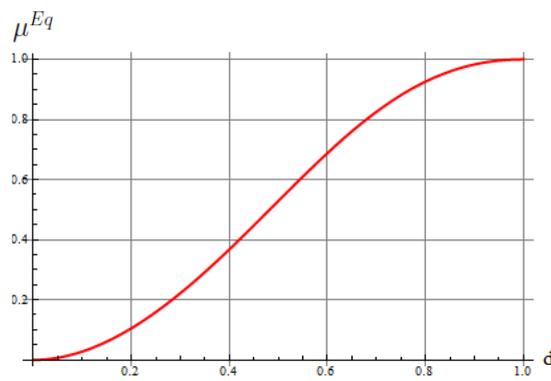


FIGURE 3.9 – Variation du niveau optimal d'investissement en moyens logistiques à l'équilibre par rapport à la distance d .

La Figure (3.9) montre que le niveau optimal en moyens logistiques à l'équilibre augmente à mesure que la distance parcourue par le collecteur augmente. En effet, lorsque le collecteur décide de parcourir une distance plus élevée pour la collecte, ce dernier est incité à investir et à améliorer son niveau d'équipements en moyens logistiques.

Effet de la distance sur l'offre et les pertes :

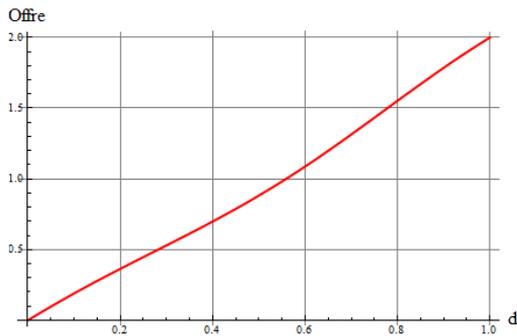


FIGURE 3.10 – Variation de l'offre totale par rapport à la distance d .

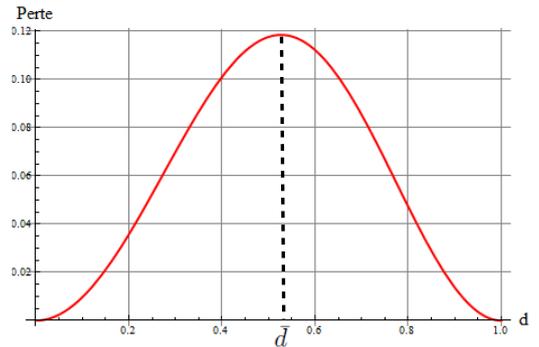


FIGURE 3.11 – Variation des pertes par rapport à la distance d .

La Figure (3.10) dégage un résultat intuitif de l'effet de la distance parcourue sur l'offre totale sur le marché. En effet, lorsque le collecteur augmente la distance parcourue, la collecte en produits devient plus importante et par conséquent l'offre totale sur le marché augmente.

La Figure (3.11) montre que l'effet de la distance n'est pas toujours négatif par rapport aux pertes alimentaires induites. En effet, il existe une distance \bar{d} pour laquelle les pertes atteignent leurs maximum. Dans l'intervalle $[0, \bar{d}]$, les pertes augmentent car la quantité collectée augmente et la logistique n'est pas assez efficace pour réduire ces pertes. Cependant, dans l'intervalle $[\bar{d}, 1]$, les pertes diminuent avec la distance, cela est justifié par le fait que l'investissement en moyens logistiques consenti par le collecteur est assez important et suffisant pour réduire les pertes.

Effet de la distance sur le prix à l'équilibre :

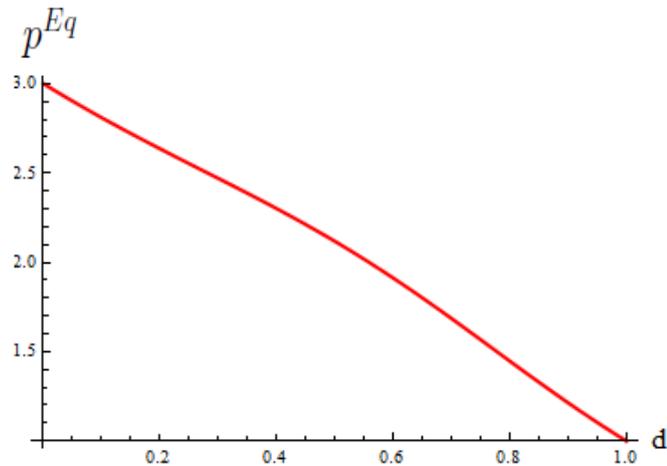


FIGURE 3.12 – Variation du prix à l'équilibre en fonction de la distance d .

La Figure (3.12) montre que plus le collecteur s'éloigne du marché de gros plus la quantité collectée augmente, d'où l'augmentation de l'offre totale et par conséquent le prix à l'équilibre diminue.

Effet de la distance parcourue sur le profit du collecteur :

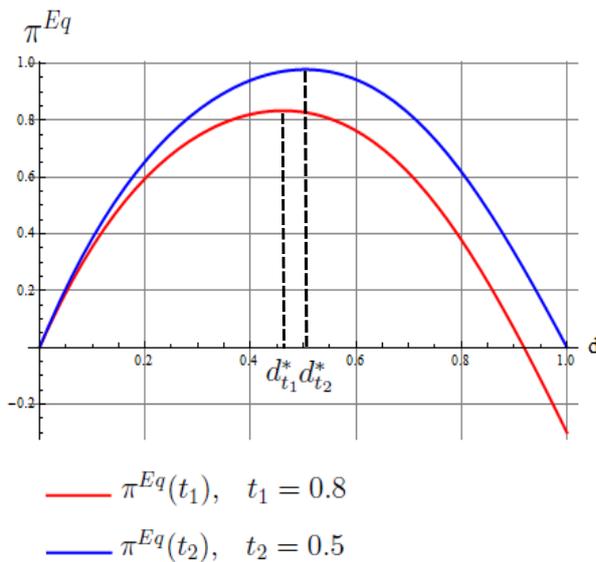


FIGURE 3.13 – Variation du profit du collecteur à l'équilibre par rapport la distance et au coût de transport.

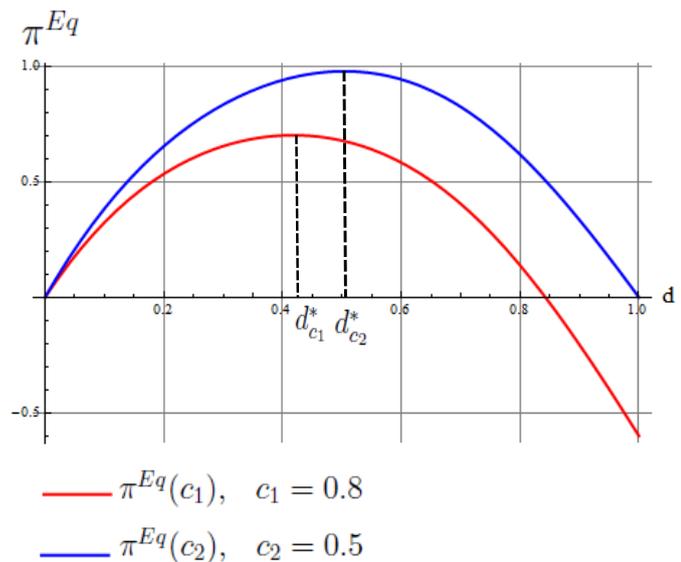


FIGURE 3.14 – Variation du profit du collecteur à l'équilibre par rapport la distance et au coût de production.

Les Figures (3.13) et (3.14) montrent qu'il existe une distance d^* que le collecteur doit parcourir et qui maximise son profit. Cependant, cette distance augmente lorsque le coût de transport ou bien le coût de production des fournisseurs diminue.

Dans l'intervalle $[0, d^*]$, le profit du collecteur augmente lorsque ce dernier décide de parcourir une distance supérieure. Cet effet positif est dû à l'augmentation de ses ventes sur le marché de gros.

Dans l'intervalle $[d^*, 1]$, le collecteur n'a plus intérêt à parcourir une distance supérieure, car dans cet intervalle l'investissement en moyens logistiques est élevé (voir Figure 3.9), par conséquent, les coûts engendrés augmentent.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le comportement du collecteur face à différents indicateurs économiques. Nous avons présenté quelques résultats obtenus par la simulation par rapport au profit du collecteur, et le prix d'achat qu'il impose aux producteurs, prenant en considération les pertes dues au manque de moyens logistiques.

On conclut que l'investissement en moyens logistiques et le choix de la distance entre le lieu de commercialisation et les bassins de production sont importants pour augmenter le profit du collecteur.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons présenté un modèle d'économie industrielle qui permet l'analyse du comportement du collecteur/conditionneur dans la filière agro-alimentaire. Ce modèle tient en compte plusieurs facteurs influençant l'évolution des pertes alimentaires et la formation des prix à savoir le niveau d'équipement en moyens logistiques, la distance parcourue et les coûts de transport.

Dans un premier modèle, à un niveau en moyens logistiques fixé, le collecteur décide de la distance qu'il doit parcourir pour collecter la production et qui correspond à la distance qui maximise son profit.

Dans un second modèle, le collecteur choisit le niveau d'investissement en moyens logistiques qu'il doit consentir en maximisant son profit.

Parmi les principaux résultats de cette étude, que nous jugeons contre intuitifs, nous citons :

- L'effet de la distance n'est pas toujours négatif sur les pertes alimentaires.
- L'effet d'une amélioration excessive du niveau d'investissement en moyens logistiques n'est pas toujours positif sur les pertes.

Ce modèle n'est pas restreint en l'étude du comportement du collecteur dans un contexte de dispersion géographique des producteurs mais peut être adapté à un contexte de dispersion qualitative des producteurs.

En guise de perspective, nous proposons de :

- Ré-adapter ce modèle en considérant que le marché est régi par une norme de qualité sur le produit final et que les producteurs sont répartis par rapport à la qualité produite.
- Étendre le modèle avec un seul collecteur en un modèle avec N collecteurs.
- Re-étudier ce modèle en prenant en considération la concurrence entre les collecteurs (en termes de prix et de quantité).

Annexe

Offre total à l'équilibre :

$$\begin{aligned}
 Q^O(\mu) = & - \left(3q \left(cq + t + 1/(6(-1 + \mu)) \right) \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1 + \mu)) \right)^2 \right) / \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) \right. \right. \\
 & \left. \left. + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \right. \\
 & \left. \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & + \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & - 2aq\mu) \left(2 - \left(6(-1 + \mu) \left(cq + t + 1/(6(-1 + \mu)) \right) \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1 + \mu)) \right)^2 \right) / \right. \right. \\
 & \left. \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \right. \\
 & \left. \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \right. \\
 & \left. + \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \right. \\
 & \left. \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \right. \\
 & \left. - 2aq\mu) \right) / \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1 + \mu)) \right)^2 \right) / \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 \right. \\
 & \left. + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & + \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & - 2aq\mu) \right) / \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1 + \mu)) \right)^2 \right) / \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) \right. \\
 & \left. q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & + \left(-q^6 - 6aq^5(-1 + \mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1 + \mu)^2 + 54q^2t^2(-1 + \mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1 + \mu) \right) (-1 + \mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
 & \left. \sqrt{-q^4(cq + t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1 + \mu) + 12a^2q^2(-1 + \mu)^2 - 27c^2q^2(-1 + \mu)^2 - 54cqt(-1 + \mu)^2 - 27t^2(-1 + \mu)^2 + 8a^3q(-1 + \mu)^3 \right) (-1 + \mu)^2} \right)^{1/3} \\
 & - 2aq\mu)
 \end{aligned}$$

Pertes totales à l'équilibre

$$\begin{aligned}
q^P(\mu) = & - \left(18q(-1+\mu) \left(cq + t + 1/(6(-1+\mu)) \right) \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1+\mu)) \right)^2 \right) / \left(-q^6 - 6aq^5(-1+\mu) \right. \right. \\
& + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1+\mu)^2 + 54q^2t^2(-1+\mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1+\mu) \right) (-1+\mu)^2 + 6\sqrt{3} \\
& \left. \left. \sqrt{-q^4(cq+t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1+\mu) + 12a^2q^2(-1+\mu)^2 - 27c^2q^2(-1+\mu)^2 - 54cqt(-1+\mu)^2 - 27t^2(-1+\mu)^2 + 8a^3q(-1+\mu)^3 \right) (-1+\mu)^2} \right)^{1/3} \\
& \left(-q^6 - 6aq^5(-1+\mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1+\mu)^2 + 54q^2t^2(-1+\mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1+\mu) \right) (-1+\mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
& \left. \sqrt{-q^4(cq+t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1+\mu) + 12a^2q^2(-1+\mu)^2 - 27c^2q^2(-1+\mu)^2 - 54cqt(-1+\mu)^2 - 27t^2(-1+\mu)^2 + 8a^3q(-1+\mu)^3 \right) (-1+\mu)^2} \right)^{1/3} \\
& - 2aq\mu \left. \right)^2 / \left(2aq - q^2 + \left(q^2(q + 2a(-1+\mu)) \right)^2 \right) / \left(-q^6 - 6aq^5(-1+\mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1+\mu)^2 \right. \\
& + 54q^2t^2(-1+\mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1+\mu) \right) (-1+\mu)^2 + 6\sqrt{3} \\
& \left. \sqrt{-q^4(cq+t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1+\mu) + 12a^2q^2(-1+\mu)^2 - 27c^2q^2(-1+\mu)^2 - 54cqt(-1+\mu)^2 - 27t^2(-1+\mu)^2 + 8a^3q(-1+\mu)^3 \right) (-1+\mu)^2} \right)^{1/3} \\
& + \left(-q^6 - 6aq^5(-1+\mu) + 6 \left(-2a^2 + 9c^2 \right) q^4(-1+\mu)^2 + 54q^2t^2(-1+\mu)^2 + 4q^3 \left(27ct - 2a^3(-1+\mu) \right) (-1+\mu)^2 + 6\sqrt{3} \right. \\
& \left. \sqrt{-q^4(cq+t)^2 \left(q^4 + 6aq^3(-1+\mu) + 12a^2q^2(-1+\mu)^2 - 27c^2q^2(-1+\mu)^2 - 54cqt(-1+\mu)^2 - 27t^2(-1+\mu)^2 + 8a^3q(-1+\mu)^3 \right) (-1+\mu)^2} \right)^{1/3} \\
& - 2aq\mu \left. \right)^2
\end{aligned}$$

Bibliographie

- [1] AN, K., AND OUYANG, Y. Robust grain supply chain design considering post-harvest loss and harvest timing equilibrium. *Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review* 88 (2016), 110–128.
- [2] BENMANSOUR, S. Logistique au maroc. *Une prise de conscience au plus haut niveau de l'Etat* (Avril 2019).
- [3] BENZIOUCHE, S.-E., AND CHERIET, F. Structure et contraintes de la filière dattes en algérie. *NEW MEDIT*, 4 (2012).
- [4] BONNIEUX, G. Solutions de financement pour l'agriculture, Afrique subsaharienne.
- [5] CHABANE, M. Comment concilier changement climatique et développement agricole en algérie? *revue de géographie et d'aménagement* (2012), 73–91.
- [6] DUCROCQ, F. *La dynamique du stockage des produits alimentaires frais dans l'entreprise élémentaire*. Thèse de doctorat en Sciences économiques, 2014.
- [7] FAO. Existe-t-il des aides financières pour se convertir à l'agriculture biologique? *ORGANIC AGRICULTURE* (2019).
- [8] FERRADJI, A., MATALLAH, M., AND MALEK, A. Conservation des dattes "deglet noir" isothermes d'adsorption à 25, 30 et 40 °c. *Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger* (2008), 207 – 219.
- [9] GIRAUD-HÉRAUD, E., GRAZIA, C., AND HAMMOUDI, A. Hétérogénéité internationale des normes de sécurité sanitaire, stratégie des importateurs et exclusion des producteurs dans les pays en développement. *AFD101-document-travail* (August 2013).
- [10] GRAZIA, C., HAMMOUDI, A., AND OUALID, H. Sanitary and phytosanitary standards : Does consumers' health protection justify developing countries' producers' exclusion? *Review of Agricultural and Environmental Studies-Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement (RAEStud)* 93, 906-2016-71214 (2012), 145.
- [11] GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., AND SONESSON, U. *Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde : ampleur, causes et prévention ; étude menée pour le Congrès International*

- SAVE FOOD!* à *Interpack, Düsseldorf, Allemagne*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2012.
- [12] HAMMOUDI, A., FAKHFAKH, F., GRAZIA, C., AND MERLATEAU, M.-P. Normes sanitaires et phytosanitaires : accès des pays de l'Afrique de l'Ouest au marché européen, une étude empirique. *AFD-Agence Française de Développement* (2010).
- [13] HASSAM, A. La prévention des intoxications alimentaires en restauration collective. *Rapport de stage, Direction du commerce de Sétif Subdivision territoriale du commerce D'El Eulma* (2011).
- [14] HOTELLING, H. Stability in competition. *The Economic Journal* 39, 153 (1929), 41–57.
- [15] JEANNEQUIN, B., PLÉNET, D., CARLIN, F., DOSBA, F., AND CHAUVIN, J.-E. Pertes alimentaires dans les filières fruits, légumes et pomme de terre. *Innovations Agronomiques* 48 (2015).
- [16] KARAA, M., AND MORANA, J. Le poids et l'enjeu de la traçabilité en Tunisie : le cas de la filière dattes et huile d'olive. No. 27, pp. 71–86.
- [17] KUMAR, D., AND PRASANTA, K. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Christopher J. Smith, Academic Editor* (2017).
- [18] MESSAK, M.-R. La filière dattes en Algérie. *revue trimestrielle de la chambre algérienne de commerce et d'industrie-CACI*, 101 (Décembre 2017), 33–35.
- [19] MEZIANI, L. *Logistique, Concurrence et Qualité des Produits Agro-alimentaires : Modélisation Mathématique et Enseignements Economiques*. Thèse de doctorat en Recherche Operationnelle et Aide à la Décision, Université A.MIRA de Béjaia, 2017.
- [20] MUSSA, M., AND ROSEN, S. Monopoly and product quality. *Journal of Economic theory* 18 (1978), 301–317.
- [21] NASH, J. *Non cooperative games*, vol. 54. 1951.
- [22] NOURBAKHSI, M., BAI, Y., MAIA, G., OUYANG, Y., AND RODRIGUEZ, L. Grain supply chain network design and logistics planning for reducing post-harvest loss. *Biosystems Engineering* 151 (2016), 105–115.
- [23] PARFITT, J., BARTHEL, M., AND MACNAUGHTON, S. Food waste within food supply chains : Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences* 365 (2010), 3065–3081.
- [24] POLITANO, A., SEGRÈ, A., FALASCONI, L., AND VITTUARI, M. Save food : Global initiative on food loss and waste reduction. *Università di Bologna, Italy, ROME* (2014).
- [25] RAZZAQUE, M. Challenges to logistics development : the case of a third world country - Bangladesh. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 27 (1997), 18–38.

-
- [26] RHOUMA, A., GENDRE, L., AND LE-GAL, P.-Y. Organisation de la chaîne d’approvisionnement de la datte tunisienne. *CIRAD* (Avril 2007).
- [27] TRIENEKENS, J., AND ZUURBIER, P. Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics* 113 (May 2008), 107–122.
- [28] YILDIZ, T. *A global analysis of logistics and business services in developed and developing countries*. 07 2014, pp. 9–42.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'analyser le comportement du collecteur/conditionneur en matière de décision en investissement en moyens logistiques, et son effet sur l'offre totale, pertes alimentaires et prix final-consommateurs. Pour cela, nous proposons un modèle d'économie industrielle qui nous a permis d'établir le lien entre ces différents indicateurs économiques.

En premier lieu, le collecteur choisit le niveau d'investissement en moyens logistiques qu'il doit consentir afin de maximiser son profit. Par la suite, il décide de la distance qu'il doit parcourir pour collecter la production tout en maximisant son profit.

Dans cette étude, nous analysons l'effet de la distance ainsi que l'investissement en moyens logistiques sur les différents indicateurs économiques (prix, offre, perte, etc). Nous montrons que la distance (respectivement l'investissement excessif en moyens logistiques) n'a pas toujours un effet négatif (respectivement positif) sur les pertes alimentaires.

Mots clés : Collecteur/Conditionneur ; Logistique ; Pertes alimentaires ; Économie industrielle ; Distance.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the behavior of the collector/conditioner in terms of logistics investment decision, and its effect on the total supply, food losses and end-consumer price. For this, we propose an industrial economy model that allowed us to establish the link between these different economic indicators.

In the first place, the collector chooses the level of investment in logistical means that he must consent to maximize his profit. Then he decides how far he has to go to collect production in order to maximize his profit.

In this study, we analyze the effect of distance as well as the investment in logistics on the various economic indicators (price, supply, loss, etc). We show that distance (respectively excessive investment in logistics) does not always have a negative (respectively positive) effect on food losses.

Key words : Collector/Conditioner ; Logistics ; food losses ; Industrial economy ; Distance.