

Mise à niveau logistique, concurrence et sécurité des aliments en Méditerranée: approche théorique et enseignements économiques

LAMIA MEZIANI¹, ABDELHAKIM HAMMOUDI² ET MOHAMMED SAID RADJEF¹

Jel codes: L11, Q18, D41

1. Introduction

Pour les pays de la rive sud de la Méditerranée, mais plus largement aussi pour un grand nombre de pays en développement, les incitations économiques privées et publiques visant à encourager des trajectoires vertueuses en matière de sécurité des aliments sont le plus souvent portées par la volonté d'accéder aux marchés internationaux notamment européens. Le respect des normes édictées par les pays développés est en effet une condition nécessaire à l'exportation (Hanak *et al.*, 2002, Hammoudi *et al.*, 2014, Malorgio *et al.*, 2016). En dehors des secteurs d'exportation où des progrès quelquefois spectaculaires ont été réalisés en la matière (cas du Maroc, par exemple, pour les fruits et légumes), les marchés domestiques souffrent encore aujourd'hui d'assez graves faiblesses dans ce domaine malgré quelques progrès obtenus grâce à des programmes ambitieux affichés ici et là et un renouvellement d'approche de la question. Pourtant, l'évolution des modes de consommation, l'émergence d'une classe moyenne et avec cette

Abstract

Cet article analyse l'efficacité d'une politique de soutien à l'amélioration des dotations logistiques des producteurs dans une optique d'amélioration de la qualité sanitaire des aliments. Nous montrons comment le niveau des infrastructures logistiques influe sur le comportement des producteurs dans un contexte de concurrence, déterminant ainsi le niveau de risque sanitaire sur les marchés domestiques. Nous évaluons l'efficacité d'une politique publique de soutien à la mise à niveau des producteurs adoptée pour réduire ce risque. Nous montrons que la qualité des systèmes de contrôle sanitaire joue un rôle important dans l'atteinte de cet objectif. De façon plus globale, ce travail suggère une réflexion sur les logiques institutionnelles prévalant lors de l'élaboration de programmes de mise à niveau d'une part, et de la mise en place des normes et des systèmes de contrôle d'autre part. Ces logiques, souvent déconnectées, ignorent la complémentarité existante entre ces différents champs d'intervention publique.

Mots-clés: sécurité des aliments, régulation publique, mise à niveau logistique, marché domestique, région sud-méditerranéenne.

Résumé

This paper analyzes the effectiveness of a support public policy established to improve producers' logistics with the objective of food risk reduction. We show how the level of logistic infrastructures influences the producers' behavior in a competitive context and how these behaviors determine the level of health risk on the domestic markets. We assess the effectiveness of this support public policy to reduce the risk and show that the quality of health control systems plays an important role in this field. The work suggests a reflection on the institutional logic prevailing during i) the elaboration of upgrading programs of producers and ii) the establishment of public standardization programs and control systems. These logics, often not connected, ignore the existing complementarities between the different fields of such public interventions.

Keywords: food safety, public regulation, logistic upgrade, domestic market, southern Mediterranean region.

nouvelle classe, d'une nouvelle exigence en matière d'alimentation impose de faire évoluer les systèmes alimentaires du Sud de la Méditerranée vers plus de qualité. Dans une étude concernant la perception de la qualité des viandes par les consommateurs, Dhraief *et al.* (2012) estiment que 40% des consommateurs en Tunisie recherchent des attributs de qualité garantis par des certifications même si 30% restent encore indifférents à cet aspect. Mais l'innocuité du produit alimentaire et sa qualité au plan sanitaire sont des attributs généralement non identifiables par le consommateur avant consommation et même quelquefois après. Les consommateurs considèrent généralement que cet attribut de qualité est un

minimum si ce n'est tout simplement un dû que les opérateurs doivent assurer (Giraud-Héraud *et al.*, 2012). Cette caractéristique de l'attribut de qualité sanitaire et phytosanitaire (SPS) donne une légitimité et même un caractère indispensable à l'intervention des pouvoirs publics dans ce domaine.

Partant de là, pour réduire le risque sanitaire lié à l'alimentation, un certain nombre de leviers sont utilisés pour faire émerger des comportements vertueux dans les différents maillons des chaînes d'approvisionnement. Dans le cadre d'une classification largement admise (voir Grazia *et al.*, 2012), il existe tout d'abord des dispositifs dits d'*obligations de résultats*. Parmi ces dispositifs, on classe par exemple tout ce qui relève des limites maximales de résidu à l'exemple des seuils maximaux autorisés en contaminants

¹ Unité de recherche LaMOS, Département de Recherche Opérationnelle, Faculté des Sciences Exactes, Université de Bejaia, Algérie.

² Institut National de la Recherche Agronomique, Unité Alimentation et Sciences Sociales (INRA-ALISS) Paris-France.

Corresponding Author: abdelhakim.hammoudi@ivry.inra.fr

chimiques (pesticides, métaux lourds...) ou biologiques (aflatoxines, par exemple). Ces seuils s'imposent aux producteurs comme taux de contamination maximaux admissibles dans les produits qu'ils commercialisent sur les marchés. Le deuxième levier concerne plus directement les moyens à mettre en place sur les lieux de production ou de transformation (pratiques d'hygiène, modes de production, technologies, savoir-faire phytosanitaire, molécules ou pesticides autorisés,...). Ce type de dispositif, quand il est imposé par les pouvoirs publics dans le cadre d'une réglementation, est appelé «*obligation de moyens*».

Le rattrapage logistique des producteurs les moins dotés en équipement et leur soutien sont indispensables à la sécurité des aliments. Un grand nombre de rapports et d'études mettent l'accent sur le poids que représente le manque de moyens en infrastructures logistiques sur le développement du commerce entre les pays méditerranéens, notamment ceux de la rive sud (El Khayat, 2011, CETMO 2010, Naili 2012, Annabi Attia 2014). Les faiblesses qui reviennent souvent et constituent, à des degrés d'acuité plus ou moins élevés, une faiblesse assez bien partagée par les pays de cette région sont principalement liées aux infrastructures maritimes, aux transports routiers et ferroviaires, aux moyens de stockage, d'entreposage et de conditionnement.

L'autre élément qui fragilise l'action des pouvoirs publics dans ce domaine est représenté par les systèmes de contrôle et d'inspection alimentaire, caractérisés souvent par de faibles rendements dans la détection des fraudes et des comportements générateurs de risque alimentaire (voir Abou-Hadid, 2014)¹. Les médias, les associations de consommateurs portent régulièrement à la connaissance du public et des pouvoirs publics des cas nombreux d'intoxication ou des analyses révélant des seuils préoccupants de contamination dans les produits en circulation sur les marchés.

Si dans un grand nombre de travaux, en majorité descriptifs, le lien est bien établi entre qualité de la logistique et qualité des produits, les travaux analytiques sur cette question sont paradoxalement assez rares dans la littérature économique. Des études ont été développées autour de questions générales liées à la sécurité sanitaire des aliments (voir une recension dans Hammoudi *et al.*, 2009). Les travaux quantitatifs ou théoriques disponibles dans ce domaine ont investi quelques grandes questions classiques comme le caractère de barrières non tarifaires des régulations

sanitaires (Disdier *et al.*, 2008), l'impact des réglementations sanitaires sur l'accès des produits des pays en développement aux marchés du Nord (Jongwanich, 2009), les enjeux liés aux standards privés (Jaffee and Masakure, 2005; Giraud-Héraud *et al.*, 2012), la question des règles de responsabilité et des systèmes d'inspections sanitaires et leurs effets sur la stratégie des acteurs (Starbird, 2005 ; Rouvière et Latouche, 2014).

Une recension croisée de deux littératures, celle attachée à la logistique et celle attachée à la question du risque sanitaire, révèle l'absence d'analyses expliquant le lien entre ces deux variables.

Pour combler cette lacune, nous proposons une analyse théorique qui prend en compte la variable logistique et son influence sur l'issue de la concurrence et sur la réduction ou l'élévation du risque alimentaire. L'objectif de ce travail est de répondre, en partant de ces deux constats que sont la faiblesse des infrastructures logistiques et des contrôles alimentaires, à la question de l'efficacité d'une politique d'intervention publique au soutien logistique des producteurs les moins dotés à réduire le risque alimentaire sans trop entraver la capacité du système productif à proposer une offre alimentaire en quantité satisfaisante sur les marchés.

Pour répondre à cette question, notre travail s'appuie sur un modèle d'économie industrielle utilisant le cadre conceptuel de la théorie des jeux. Il met en concurrence des producteurs caractérisés par des niveaux différents d'infrastructures ou d'équipements logistiques. Cette hétérogénéité initiale induit de fait des capacités inégales à se conformer aux réglementations SPS. Nous supposons que la réglementation publique fixe un seuil maximum autorisé d'un contaminant donné (LMR). Le pays dispose, par ailleurs, d'un système officiel de contrôle sanitaire pour s'assurer de la conformité des produits commercialisés à la LMR réglementaire. Les producteurs doivent, au vu de cet environnement réglementaire, déterminer les bonnes pratiques agricoles (investissement en moyens et en savoir-faire) qu'ils doivent mettre en œuvre sur leur site de production. En écho à une réalité des pays du Sud de la Méditerranée, nous supposons que les contrôles sanitaires sur les marchés sont imparfaits ou peu fiables. Cette imperfection se traduit par la conséquence suivante: les produits achetés par les consommateurs sont de deux types, i) ceux qui ont passé les inspections et sont conformes aux seuils réglementaires (LMR) et ii) ceux qui ont passé les inspections mais ne sont pas conformes aux LMR car non détectés par le système de contrôle.

Nous examinons les comportements stratégiques des producteurs et plus précisément, le niveau des efforts en Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) qu'ils adoptent librement en réponse à la réglementation LMR fixée par les pouvoirs publics. Après avoir déterminé les investissements en BPA de ces producteurs en fonction de leurs dotations logistiques, nous déterminons, d'une part, les quantités économiques d'équilibre du jeu de concurrence (prix de marché,

¹ Il faut noter que la problématique de la faiblesse des contrôles se trouve posée aussi bien au Sud qu'au Nord, au sein même de l'Europe occidentale (voir Grazia *et al.*, 2012). Un rapport annuel de la Cour des comptes publié le 17 février 2014, consacré aux établissements de production et de transformation de denrées d'origine animale, met clairement en évidence une insuffisance flagrante et inquiétante des contrôles officiels en France. Ainsi «*les contrôles ont baissé de 17% entre 2009 et 2012*» et certains établissements ont été ignorés: «*7% n'ont eu aucune visite officielle*» pendant cette période Voir: <http://www.novethic.fr/empreinte-terre/agriculture/isr-rse/alimentaire-des-contrôles-sanitaires-insuffisants-142211.html>

quantités écoulées) et, d'autre part, le niveau de risque sanitaire et phytosanitaire qui est défini à partir des quantités relatives de produit dépassant le seuil réglementaire et circulant sur le marché domestique.

Dans une première partie de l'article, nous confirmons tout d'abord un résultat assez intuitif. Une amélioration des infrastructures logistiques des Producteurs Faiblement dotés en Logistique (PFL) contribue à augmenter l'offre totale de bien et à diminuer le risque sanitaire dans le pays. Toutefois, en présence d'un système de contrôle sanitaire imparfait, nous montrons que les Producteurs les Mieux dotés en Logistique (PML) auront tendance à sous investir par rapport à la situation initiale (situation précédant l'évolution logistique positive des PFL). De plus, ils seront en grande partie à l'origine de plus grandes quantités contaminées en circulation sur le marché. Ainsi, l'amélioration des infrastructures logistiques des PFL exacerbe la concurrence et peut donc conduire les PML à profiter des failles du système de contrôle pour maintenir leur compétitivité à travers un sous-investissement en BPA. En d'autres termes, les PML auront tendance à ne pas déployer le niveau d'effort en pratiques à hauteur des possibilités que leur offre leur dotation logistique. Ce résultat met en lumière un effet de l'évolution de la logistique de sous-ensemble d'opérateurs sur la concurrence et sur le risque sanitaire qui est, à notre connaissance, original dans la littérature sur ce sujet.

Nous supposons que l'Etat du pays envisage de mettre en place une politique de régulation du risque alimentaire accompagnée d'un soutien aux producteurs. Il propose plus précisément, une subvention aux PFL pour améliorer leur niveau logistique dans le cadre d'un rattrapage logistique (partiel ou total) réduisant ainsi l'hétérogénéité en dotations existante. Nous analysons l'efficacité de cette politique à réduire le risque SPS en fonction du degré de fiabilité du système de contrôle en vigueur dans le pays, tout en tenant compte de leur impact sur les indicateurs économiques du marché.

Nous identifions en particulier quel est le niveau souhaitable de la mise à niveau et donc du soutien de l'Etat aux producteurs les moins dotés en logistique. L'intervention optimale est celle qui génère des effets positifs maximum en matière de protection de la santé des consommateurs (réduction du risque) et un maximum d'offre disponible sur le marché. Les résultats montrent une grande complexité associée aux interactions stratégiques des comportements des producteurs. Ces derniers ont tendance à s'adapter de façon

opportuniste à la qualité des contrôles sanitaires et au niveau du soutien public à l'amélioration des équipements et de la logistique. En particulier, nous montrons que l'état du système de contrôle peut susciter des prises de risques de la part des producteurs. Ces prises de risques individuelles additionnées peuvent générer, dans certains cas, des offres satisfaisantes sur le plan quantitatif mais peu satisfaisantes sur le plan qualitatif (circulation d'une offre composée par une proportion trop importante de produits dépassant les seuils réglementaires).

Le reste de l'article est organisé de la façon suivante. Dans la section 2, nous dressons un état des lieux des régulations dans la région et des débats en vigueur sur cette question. Dans la section 3, nous illustrons le modèle d'analyse et dans les sections 4 et 5, les principaux résultats. Nous terminons l'article par une conclusion où sont présentés quelques enseignements de politique économique.

2. Etat des lieux

Une statistique de l'OMS révèle que chaque année une personne sur dix dans le monde tombe malade à cause de la consommation d'aliments contaminés (bactéries, virus, parasites, toxines, produits chimiques...) et près de 420 000 en meurent (OMS)². La situation est encore plus inquiétante dans les pays en développement et, en particulier, ceux de la rive sud de la Méditerranée où, malgré un manque flagrant de suivi rigoureux et global des intoxications et maladies d'origine alimentaires, des cas très graves de ces intoxications sont régulièrement portés à la connaissance du public par la presse et les associations de consommateurs. En effet, les maladies d'origine alimentaire (microbiologiques ou nutritionnelles) sont responsables en moyenne de la moitié des décès (55%) dans la région (CIHEAM, 2007) et on estime à plus de 100 millions le nombre annuel de cas de ces maladies dans la région de la Méditerranée orientale (OMS). La question de la sécurité des aliments est donc un enjeu de santé publique évident pour les pays de la région. Il s'imposera de plus en plus comme un des objectifs prioritaires des pouvoirs publics même s'il a été quelquefois dans le passé supplanté par les objectifs de sécurité alimentaire au sens quantitatif de l'acceptation.

Au Maghreb, un certain nombre de dispositions sont énoncées dans différents textes pour définir les teneurs représentant un risque pour la santé humaine et devant être des standards minimum pour la commercialisation des produits alimentaires. En Algérie, le Décret exécutif n°14-366 du 15 décembre 2014 fixe les conditions et les modalités applicables en matière de contaminants tolérés dans les denrées alimentaires³. Au Maroc, la norme NM ISO 16050, inscrite dans la décision de l'Institut marocain de normalisation n°3825-14 du 04 novembre 2014, portant homologation des normes marocaines pour les produits alimentaires, définit le dosage de l'aflatoxine B1 et la détermination de la teneur totale en aflatoxine B1, B2, G1 et G2⁴. En Tunisie, la norme NT 117.03 (1983) définit les limites maximales tolérées pour les résidus de pesticides⁵. Dans les pays de la

² Voir: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/fr/>

³ Journal Officiel de la République Algérienne n° 74.

⁴ Sont concernés particulièrement les céréales, les fruits à coques et les produits dérivés (voir Bulletin Officiel, Royaume du Maroc (Janvier 2005), Cent-quatrième année- N°6326, pages 613-615 et http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=29628

⁵ Voir http://faolex.fao.org/cgi-bin/faolex.exe?database=faolex&search_type=query&table=result&query=ID:LEX-FAOC002692&format_name=ERALL&lang=eng

région, les LMR sont généralement définies en référence aux normes du Codex Alimentarius.

Faire respecter les LMR par les opérateurs et parvenir à détecter avec un niveau d'efficacité satisfaisant les infractions à la réglementation nécessitent des systèmes de contrôle et d'inspection sanitaires performants. Cependant, des faiblesses nombreuses et manifestes caractérisent les systèmes officiels de contrôle des pays de la région: manque de laboratoires, faiblesses des systèmes informationnels, suivi inadéquat des affections d'origine alimentaire, manque d'effectifs (inspecteurs) et de compétences scientifiques et techniques (Malorgio et Solaroli, 2012 ; An-nabi Attia, 2014).

Les dispositifs d'amélioration de la qualité se heurtent, comme souligné en introduction, à l'insuffisance des équipements et des infrastructures logistiques. Ces faiblesses concernent aussi bien les infrastructures publiques (routes, Fret, infrastructures portuaires, marchés de gros...) que les infrastructures privées au niveau des sites de production, de transformation ou de distribution (conditionnement sur site de production, de commercialisation, aires de stockage, camions réfrigérés...)⁶.

Le sous-développement dans ce domaine se traduit par des coûts logistiques très élevés que l'on estime en moyenne à 20% du PIB dans les pays de la rive sud de la Méditerranée (voir El Khayat, 2011)⁷ imputés principalement aux contraintes liées aux infrastructures maritimes (ports), aux transports routiers ou ferroviaires et à l'état des routes et des moyens de stockage, d'entreposage et de conditionnement (El Khayat, 2011). La logistique est, par exemple, considérée souvent comme un des handicaps majeurs à l'exportation de fruits et légumes du Maroc, l'un des principaux pays du Sud concurrents des pays européens sur les marchés internationaux (Kellou, 2012). Les coûts logistiques peuvent représenter en moyenne pour ce pays 30% des coûts de revient des produits exportés. En Algérie, si les infrastructures portuaires sont également régulièrement pointées du doigt, on enregistre un manque important d'entrepôts répondant à des standards modernes et plus généralement, de zones logistiques et industrielles au service des activités de production et de commercialisation (CETMO, 2010). En raison d'une modernisation qui tarde à porter ses fruits, ces défaillances génèrent de grandes pertes et des détériorations de produits (Naili, 2012) même si très peu d'évaluations du phénomène sont disponibles. En Tunisie, revient aussi très souvent le problème des capacités d'entre-

posage frigorifique, de congélation/surgélation, notamment pour le secteur des fruits et légumes et des viandes. Est également pointé du doigt le faible savoir-faire dans l'utilisation des équipements et en ce qui concerne les conditions optimales pour l'entreposage frigorifique et le stockage réfrigéré (Thraya, 2012). En Egypte, les pertes et la détérioration des produits agricoles réduisent, selon certaines estimations, la production agricole de 15 et 20%. Dans ce même pays, dans le secteur fruits et légumes, les pertes liées au problème de transport et de stockage, représentent entre 25 et 50% de la récolte⁸ (Abou-Hadid, 2014 ; Driouech *et al.*, 2014).

Ces faiblesses en moyens logistiques en Méditerranée sont confirmées par l'indice de Performance Logistique (IPL) élaboré par la Banque Mondiale en 2014⁹ pour classer les pays en fonction de leurs capacités logistiques. L'Algérie, le Maroc, la Tunisie et l'Egypte sont classées respectivement 96^{ème}, 50^{ème}, 110^{ème} et 62^{ème} sur un total de 160 pays recensés. A titre de comparaison, l'Espagne, la France et l'Italie, des partenaires traditionnels appartenant à la rive nord de la Méditerranée, sont classés respectivement 18^{ème}, 13^{ème} et 20^{ème}.

Confrontés à ces faiblesses qui ont un impact évident sur leur développement, les autorités publiques des pays de la région se sont lancées dans un grand nombre de programmes de mise à niveau et de soutien de leurs producteurs. Ces programmes divers, ayant des ancrages locaux ou nationaux, ont souvent comme objectif principal l'amélioration de la compétitivité des opérateurs misant soit sur l'amélioration des infrastructures logistiques publiques ou collectives (routes, conditionnements au niveau des aéroports, ports et marchés de gros), soit sur l'amélioration de la logistique de type privé et le savoir-faire qui y sont associés à travers la formation des producteurs. Par exemple, en Algérie, on peut citer le programme de modernisation de l'infrastructure portuaire à travers la réalisation de pôles multimodaux au Centre, à l'Est et à l'Ouest du pays en connexion avec le réseau ferroviaire et autoroutier (programme 2010), et un certain nombre de programmes destinés au soutien à des infrastructures privées (conditionnement, stockage...) à l'exemple du plan quinquennal 2015-2019. En Tunisie, des interventions de l'Etat sont régulièrement mises en œuvre dans une optique de soutien et de subvention de la chaîne du froid et des circuits d'entreposage et de distribution (voir Thraya, 2012) comme en témoignent, par exemple, le programme de mise à niveau (PMN) des entreprises dans le 9^{ème}, 10^{ème} et 11^{ème} plan de développement (1996-2001, 2002-2006, 2007-2011). Des résultats significatifs ont été obtenus en l'espace de quinze années, avec un triplement de la capacité tunisienne d'entreposage frigorifique, utilisée à 70% par le secteur des fruits et légumes (Cavalier, 2014). Une stratégie similaire, fondée sur l'amélioration de la qualité de la chaîne du froid, est mise en place au Maroc. Pour pallier aux difficultés liées à la maîtrise de la chaîne du froid, notamment dans le secteur des fruits et légumes, le Plan Maroc Vert prévoit la création

⁶ Il faut d'ailleurs relever qu'une très grande partie des programmes de soutien ciblant les opérateurs du Sud comprennent des axes dédiés au développement des infrastructures, équipements et services logistiques (voir CNUCED 2013, Banque mondiale 2012)

⁷ Voir aussi: http://www.cmimarseille.org/sites/default/files/newsite/docs/TL_wk2/TL_wk2_session3_1-3.pdf

⁸ Interview réalisée par Hassane Tlili, journaliste consultant pour le CIHEAM, et publiée dans la Lettre de veille du CIHEAM, 20, avril 2012, p. 24-25.

⁹ Voir: <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/LP.LPI.OVRL.XQ>

de véritables zones d'activités logistiques pour les produits périssables. Un partenariat entre l'Etat marocain et le patronat (la Confédération générale des entreprises du Maroc, CGEM) a été instauré pour la création de zones logistiques au bénéfice de la filière céréalière (voir El Khayat, 2014).

3. Modèle

Le modèle que nous proposons va prendre en compte le marché, lieu de confrontation des offres des producteurs et de la demande des consommateurs. Les consommateurs ne connaissent pas le degré d'innocuité ou de sécurité qui est associé au produit qu'ils consomment (contamination en pesticides par exemple, présence de substances toxiques etc.). L'Etat régule cet attribut de santé en imposant un seuil maximal de contamination autorisé d'une substance indésirable sur le produit final. Il peut aussi intervenir pour imposer les moyens de production ou de management de la qualité à mettre en œuvre sur place. Une des originalités de notre modélisation, comme on le verra ci-après, est de considérer qu'une insuffisance initiale en dotation logistique dans le site de production peut influencer sur l'efficacité des Bonnes Pratiques de gestion de la qualité et même à l'extrême, les rendre inopérantes. Un tel lien entre logistique et qualité finale du produit a été mis en évidence par un grand nombre de travaux de la littérature. Thiel *et al.* (2011), s'appuyant sur un modèle de simulation de la chaîne logistique de la filière avicole française, montrent comment dans le contexte de la crise de l'Influenza aviaire de 2005-2006, le risque sanitaire lié à la crise peut augmenter en fonction du stock de volailles abattues mais aussi de la durée de stockage. Ainsi, une trop longue durée de stockage sans moyens de conditionnement adéquats ou un mauvais acheminement des produits, en particulier des produits frais, peut conduire à leur périssabilité ou à la détérioration des indicateurs microbiologiques contrôlés par les pouvoirs publics (Thiel *et al.*, 2011). De même, l'inexistence d'aires de stockage appropriées ou de processus de décontamination chimique ou microbiologique dans les chaînes de production ou de transformation peut favoriser des réactions chimiques et biochimiques qui modifient les caractéristiques initiales du produit (couleur, goût, texture et valeur nutritionnelle) et générer des contaminations d'un produit par un autre. Enfin, un mauvais acheminement des produits, en particulier les produits frais, en raison du manque de moyens de transport adéquats et du mauvais état des routes, empêche une bonne conservation de ces produits en allongeant la durée entre la production et la consommation (HLPE, 2014). Ceci pourrait compromettre les efforts des opérateurs au niveau de la production pour passer les contrôles officiels de conformité. Ce type de relations entre équipements logistiques et qualité de produits sera pris en compte dans ce modèle.

Tout d'abord, décrivons les caractéristiques du marché puis du système de production de l'économie considérée.

Considérons un marché domestique d'un produit alimentaire, représenté par une demande D donnée par:

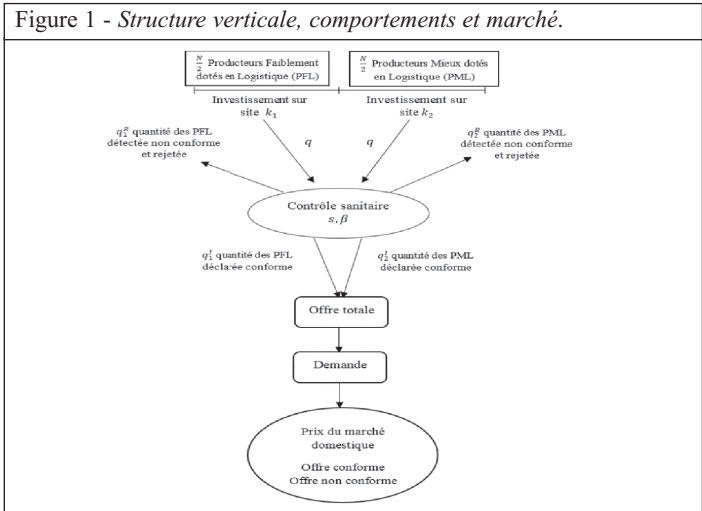
$$D = a - \omega. \quad [1]$$

Le paramètre a , ($a \geq 0$) représente la taille du marché et ω est le prix du marché, qui est déterminé par égalisation de l'offre et de la demande. La demande inverse s'écrivant, $\omega = a - Q$, nous supposons pour tout le reste du papier que $a > Q$.

Supposons, par ailleurs, que le système de production domestique est composé de N producteurs ($N > 0$). On considère que tous les producteurs ont la même taille q ($q > 0$). L'offre maximale que peut proposer le système de production est donc $Q = Nq$. Les producteurs sont supposés hétérogènes en dotation logistique (équipements de refroidissement et conditionnement, infrastructure de stockage, moyens de transport,...). On suppose plus simplement qu'il existe deux catégories de producteurs: un nombre $N/2$ de Producteurs (relativement) Faiblement dotés en Logistique (PFL) et une deuxième catégorie de Producteurs qui en sont Mieux dotés en Logistique (PML) (voir figure 1). On proposera plus loin une formalisation mathématique de la variable logistique et de ses effets sur les autres variables du modèle. Par commodité, on prendra dans toute la suite N pair.

S'inspirant de la modélisation proposée par Grazia *et al.* (2012) et Starbird *et al.* (2005), nous supposons que le produit écoulé par les producteurs doit satisfaire à une réglementation sanitaire basée sur une *obligation de résultats*. Plus précisément, les autorités publiques contrôlent le risque sanitaire ou phytosanitaire à travers l'imposition d'un seuil maximal s , $s \in [0,1]$, autorisé d'un contaminant microbiologique ou microchimique dans chaque unité de produit (par exemple, un résidu d'aflatoxine ou de pesticide). Des inspections sanitaires officielles aléatoires sont effectuées sur le marché (marchés de gros) avant que le produit ne soit vendu au consommateur pour s'assurer de la conformité des produits à la réglementation. On suppose dans le prolongement des travaux de Grazia *et al.* (2012) et Starbird *et al.* (2005) que le système de contrôle est imparfait en ce sens que des produits contaminés peuvent ne pas être détectés et être écoulés sur le marché. On suppose qu'un échantillon contaminé est identifié comme contaminé, et donc rejeté, après inspection avec une probabilité β , $\beta \in [0,1]$. L'imperfection du système de contrôle peut être imputable concrètement à de multiples causes comme, par exemple, l'insuffisance de moyens humains et matériels affectés aux postes de contrôle (nombre d'inspecteurs, de laboratoires d'analyses,...), mais aussi, par exemple, à des considérations liées à la formation des contrôleurs ou au management des opérations sur site. Ayant pris connaissance du seuil, les producteurs déterminent l'investissement en moyens et en Bonnes Pratiques de Production qu'ils doivent consentir sur site de production pour que leurs produits satisfassent cette réglementation. La structure amont/aval de production et de commercialisation est décrite dans la Figure 1.

On note k_i , $k_i \in [0,1]$ le niveau d'investissement en qualité des pratiques de production d'un producteur de la catégorie i , $i = 1,2$ et $C_i(k_i)$, le coût total induit par la mise en conformité de l'exploitation:



$$C_i(k_i) = cqk_i^2, \quad i = 1, 2, \quad [2]$$

ou: c est le coût unitaire de production ($c = 0$).

Chaque producteur $i, i \in \{1, 2\}$ observe tout d'abord la norme s imposée par l'Etat et choisit son montant optimal d'investissement k_i de bonnes pratiques sur son site de production. On suppose qu'une bonne dotation logistique permet d'augmenter la capacité d'un producteur à se conformer à la norme s à travers l'augmentation du «rendement» de l'investissement consenti en Bonnes pratiques de production (*process*). Formellement, nous allons noter μ_i avec $\mu_i \in [0, 1]$, le niveau de dotation logistique dont peut disposer un producteur. Quand l'indicateur μ_i croît, le niveau de dotation logistique augmente (le niveau le plus bas étant 0 et le niveau maximum 1). Les producteurs faiblement dotés en logistique (PFL) disposent d'une logistique de niveau $\mu_1 = \mu, \mu < 1$ et les $N/2$ producteurs mieux dotés en logistique (PML) disposent tous d'une logistique de niveau maximum $\mu_2 = 1$. Quand la norme est fixée à s , on considère qu'un producteur $i, i \in \{1, 2\}$, doté d'un niveau logistique μ_i , saurait estimer la chance que son produit passe l'inspection s'il investit k_i . Plus précisément, on suppose qu'il sait évaluer la probabilité qu'une unité de son produit soit conforme à la norme s , qui s'exprime à travers une fonction $f_i(s, k_i, \mu_i)$, croissante en s, k_i et en μ_i .

Le contrôle étant imparfait, les producteurs peuvent espérer qu'une certaine production non conforme ne soit pas détectée par l'inspection. Notons $g_i(s, \beta, k_i, \mu_i)$ la probabilité qu'une unité de bien produite avec la pratique k_i soit déclarée conforme par le système de contrôle. La fonction $g_i(s, \beta, k_i, \mu_i)$ se déduit facilement à partir de la fonction $f_i(s, \beta, k_i, \mu_i)$ (voir tableau 2 dans l'annexe).

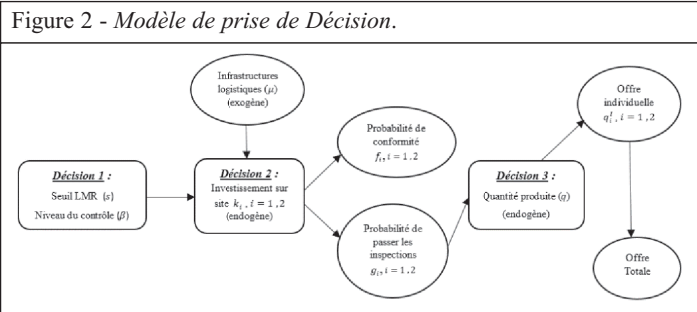
Chaque producteur $i, i \in \{1, 2\}$, peut ainsi anticiper les quantités individuelles notées $q_i^c(s, k_i, \mu_i, q)$ qui «passent» l'inspection (ou déclarées conformes); les quantités individuelles notées $(q_i^d(s, \beta, k_i, \mu_i, q))$ qui passent l'inspection mais sont effectivement conformes, les quantités individuelles notées $q_i^c(s, \beta, k_i, \mu_i, q)$ qui seront déclarées conformes alors qu'elles sont contaminées, et les quantités individuelles notées $q_i^R(s, \beta, k_i, \mu_i, q)$ qui y seront rejetées car non conformes.

On suppose que ces quantités rejetées engendrent des coûts: chaque unité de produit rejetée génère un coût marginal de rejet pour le producteur incriminé noté r .

Les expressions de ces quantités et des autres variables ou fonctions du modèle sont données dans le tableau 2 en annexe.

Nous supposons que l'Etat du pays fixe initialement le seuil maximal de contamination admis s et le niveau de perfection du système de contrôle β . Après avoir observé le prix ω du marché, les deux types de producteurs choisissent simultanément les niveaux d'investissement qui maximisent leurs profits. Ces producteurs écoulent leurs quantités produites sur le marché de destination. La loi de l'offre et de la demande détermine le prix à l'équilibre qui définit finalement les niveaux réels d'investissement et les profits des producteurs.

Pour ce qui est des critères de décision, chaque opérateur doit maximiser son profit, alors que les autorités publiques sont supposées se soucier à la fois des indicateurs économiques (profits des producteurs et surplus des consommateurs) et de la santé des consommateurs à travers un critère de santé que l'on définira simplement comme le rapport de la quantité totale contaminée (Q^c) sur la quantité Q^I totale offerte et consommée sur le marché. On notera ce rapport R (voir Tableau 2) et on l'appellera dans toute la suite «taux de contamination». Ce jeu induit des interactions stratégiques complexes entre les producteurs et entre les décisions de ces producteurs et celles des autorités publiques (s, β). On peut représenter ces interactions dans la Figure 2.



Sans perte de généralité, nous allons spécifier la fonction $f_i(s, k_i, \mu_i)$ en la définissant comme suit:

$$f_i(s, k_i, \mu_i) = 1 - (1 - s)(1 - \mu_i k_i). \quad [3]$$

Cette fonction est bien croissante en s, k_i et en μ_i . De plus, elle vérifie quelques autres propriétés plus spécifiques¹⁰ qui n'ont pas d'incidences significatives sur les résultats de s'y conformer qualitatifs du modèle.

¹⁰ En l'absence d'effort d'investissement ($k_i = 0$) la probabilité qu'une unité de bien produite soit conforme à s dépend uniquement du niveau de la norme ($f_i(s, k_i, \mu_i) = s$). A niveau k donné, si la norme est la plus exigeante possible ($s = 0$), la probabilité de se conformer dépend uniquement du niveau d'investissement et du niveau de logistique ($f_i(s, k_i, \mu_i) = \mu_i k_i$). La proportion conforme atteint son niveau maximal pondéré par le niveau logistique et atteint 1 quand la logistique est parfaite ($\mu_i = 1$). Quand aucune norme n'existe, ($s = 1$) la probabilité atteint naturellement son maximum ($f_i(s, k_i, \mu_i) = s = 1$).

4. Investissements en Pratiques de Production, prix de marché et risque sanitaire

Nous allons déterminer dans cette section les décisions prises par les producteurs et leurs effets sur le prix, le surplus des consommateurs et leur santé en résolvant le jeu défini précédemment par *Backward induction*.

Les paramètres s et β étant fixés ainsi que le prix observé ω , le comportement optimal de chaque producteur i , $i \in \{1,2\}$ consiste à déterminer le niveau d'investissement k_i^* qui maximise son profit donné dans l'expression suivante:

$$\pi_i(s, \beta, k_i, \mu_i) = \omega q_i^l(s, \beta, k_i, \mu_i) - r q_i^R(s, \beta, k_i, \mu_i) - C_i(k_i), \quad i = 1, 2. \quad [4]$$

Les niveaux d'investissements optimaux des deux types de producteurs sont en fonction du prix observé tels que $k_1^* < k_2^*$ (voir tableau 3 en annexe).

Les niveaux d'investissements k_1^* et k_2^* déterminent les probabilités de conformité des produits proposés au marché et après le passage par le contrôle sanitaire, les offres individuelles proposées aux consommateurs et de là l'offre totale. L'égalisation de cette offre avec la demande D fait émerger le prix de marché ω^{Eq} (voir Tableau 3 en annexe).

Une question importante est celle de la relation qui existe entre, d'une part, l'amélioration des infrastructures logistiques et, d'autre part, l'offre totale disponible à la consommation et le risque associé à cette dernière. La proposition suivante répond à cette question.

Proposition 1. (Tableau 4 en annexe)

- i) *L'amélioration de la logistique des producteurs qui y sont faiblement dotés augmente l'offre totale disponible et diminue le risque sanitaire associé.*
- ii) *Les producteurs les mieux dotés en logistique sont responsables d'une plus grande proportion de quantité non conforme consommée sur le marché.*

L'assertion (i) met en évidence un effet positif de l'amélioration de la logistique de l'économie à la fois sur les quantités consommées et sur le risque sanitaire. L'existence de ces deux effets positifs induit donc un effet positif sur le surplus des consommateurs qui bien évidemment ne peut être uniquement mesuré ici par le surplus économique classique, fonction seulement des quantités consommées et du prix, mais également de l'indicateur santé. Par ailleurs (assertion ii), avec l'amélioration de la logistique, les quantités contaminées imputables aux PFL et qui passent l'inspection diminuent, alors que celles imputables aux producteurs mieux dotés augmentent. Ce résultat est un effet «concurrence», traduisant le fait que cette dernière devient plus sévère quand la logistique s'améliore. Quand la logistique s'améliore, l'augmentation (respectivement la diminution) des quantités offertes (respectivement des quantités contaminées) par les PFL est plus forte que la diminution (respectivement l'augmentation) des quantités des PML. Les producteurs (PFL), qui bénéficient de l'amélioration de leur logistique, vont augmenter leur niveau d'investisse-

ment (voir Tableau 4). Ainsi, la probabilité de conformité augmente ($\partial f_1(s, k_1, \mu) / \partial k \geq 0$ et $\partial f_1(s, k_1^*, \mu) / \partial \mu_1 \geq 0$) conduit à l'augmentation de leur offre et à la diminution des quantités contaminées.

Un des enseignements de cette section est que l'amélioration de la logistique de l'économie, à travers celle des producteurs les plus faiblement dotés, peut conduire à un sous-investissement en qualité sanitaire des mieux dotés. De plus, ces derniers seront à l'origine d'une plus grande proportion de quantités contaminées en circulation sur le marché domestique. En réponse à cette distorsion, les pouvoirs publics peuvent envisager des interventions pour la corriger.

Un des objectifs de l'Etat est de faire diminuer le risque sanitaire en incitant les producteurs à investir le plus possible sur site de production à la hauteur des améliorations logistiques que l'Etat peut par ailleurs soutenir.

La section suivante sera consacrée à une intervention des pouvoirs publics pour soutenir la mise à niveau des producteurs, diminuer le risque sanitaire et réaliser dans la mesure du possible une amélioration de l'offre sur le marché domestique.

5. Soutien à l'amélioration logistique

Dans cette section, nous analyserons dans le prolongement de ces débats, un type de normalisation accompagné du soutien au rattrapage logistique des producteurs qui y sont les moins dotés. On considère plus précisément : une subvention au bénéfice des PFL pour améliorer leur logistique mais, laissant la liberté aux producteurs de déterminer leurs investissements en bonnes pratiques, c'est-à-dire privilégier une politique de résultats.

L'Etat doit donc fixer un niveau de logistique à atteindre par les PFL. Ce niveau logistique, qu'on appelle «*rattrapage logistique*», est noté v , avec $\mu \leq v \leq 1$. L'Etat subventionne ce rattrapage logistique des PFL, c'est-à-dire l'écart qui existe entre le niveau initial et l'objectif v fixé aux PFL. En choisissant ce niveau v et, de façon équivalente, un montant $C_i(v)$ (voir la spécification de cette fonction dans le tableau 1) associé de subvention au bénéfice des PFL, l'Etat doit prendre en compte à la fois les intérêts des producteurs (leurs profits) et ceux des consommateurs. Les intérêts des consommateurs sont pris en compte à travers deux indicateurs: leur surplus «*économique*», fonction de la quantité totale qui y est consommée et du prix du marché, et leur surplus «*sanitaire*» qui dépend de la proportion de produits contaminés dans la quantité totale consommée. On considère que le surplus sanitaire des consommateurs dépend notamment de la probabilité (γ) que survienne un incident sanitaire à la suite de la circulation des quantités contaminées ($R(v, k)$ voir tableau 1) et du coût marginal de cet incident (δ) dans le budget de l'Etat (sécurité sociale, baisse de la productivité,...).

Au final, on suppose que l'Etat détermine l'objectif v en maximisant un critère de bien-être collectif $W(v, k)$ qui représente la somme des profits des deux types de produc-

teurs, du surplus économique $S_e(v,k)$ et sanitaire $S_s(v,k)$ des consommateurs et le coût total de l'aide logistique $C_l(v)$ (voir la spécification de toutes ces fonctions dans le Tableau 1).

Tableau 1 - Critère de bien-être public.	
$W(v,k) = \frac{N}{2} [\pi_1(v,k) + \pi_2(v,k)] + S_e(v,k) - S_s(v,k) - C_l(v)$	Bien-être collectif ;
$S_e(v,k) = \frac{1}{2} [Q^l(v,k)]^2$	surplus économique ;
$S_s(v,k) = -\delta\gamma R(v,k)$	surplus sanitaire, $R(v,k) = \frac{Q^c(v,k)}{Q^l(v,k)}$; Quantités contaminées relatives ;
$C_l(v) = \lambda \frac{N}{2} (v - \mu)^2, \lambda > 0$	Coût total du soutien public.

Dans le cadre de cette politique, les deux types de producteurs tiennent compte de la subvention en moyens logistiques accordée par l'Etat aux PFL et décident librement de l'investissement qui maximise leurs profits.

Partant des investissements optimaux (voir tableau 3 en annexe) et de l'expression du bien-être $W(v, k)$ (voir tableau 1), le programme de l'Etat est donné par :

$$\text{Max}_{\mu \leq v \leq 1} W[v, k_1^*(v), k_2^*(v)]. \quad [5]$$

Dans le cadre de cette politique, l'Etat doit donc juste déterminer le niveau de logistique v^* à atteindre qui suscite des investissements (k_1^*, k_2^*) maximisant le bien-être collectif. La résolution analytique de ce programme est techniquement complexe, mais une simulation numérique (figure 3)¹¹ permet de mettre en évidence quelques enseignements intéressants quant à l'efficacité de la politique. La figure 3 montre comment le bien-être collectif varie en fonction du niveau de l'objectif logistique décidé par l'Etat ainsi que du niveau d'efficacité de la procédure d'inspection. Notons, tout d'abord, que l'existence d'un maximum de bien-être pour une mise à niveau d'ampleur intermédiaire (les deux premières courbes associées à des systèmes de contrôles modérément fiables) est un résultat intéressant et quelque peu inattendu.

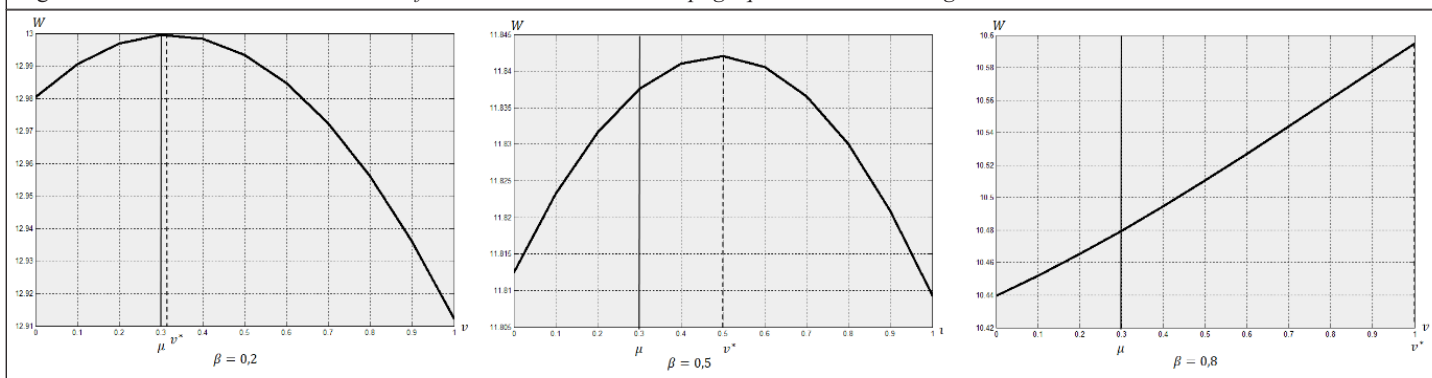
Il apparaît (figure 3) que le niveau de rattrapage logistique que l'Etat doit fixer dépend de la qualité des contrôles sanitaires en vigueur dans le pays: plus le contrôle est efficace, plus le niveau logistique à fixer aux PFL doit être élevé.

Lorsque le niveau du contrôle est initialement faible ou moyen dans le pays¹², l'Etat a intérêt à augmenter le niveau de rattrapage des PFL à hauteur du seuil v^* (voir la figure 3), niveau qui améliore à la fois le bien-être économique et sanitaire. Toutefois, cette décision est profitable seulement aux consommateurs (surplus économique et sanitaire) mais détériore le profit des deux types de producteurs par rapport à la situation logistique initiale des PFL (cas sans subvention) (voir tableau 5 dans l'annexe).

Lorsque l'efficacité des contrôles est relativement élevée, le bien-être total croît avec l'augmentation du rattrapage logistique. Cette évolution positive du bien-être est due à l'augmentation simultanée du bien-être sanitaire (diminution du risque) et du bien-être économique même si, au demeurant, le profit des PML se détériore et est le seul à se détériorer. L'Etat a ainsi intérêt à augmenter le niveau de la subvention en moyens logistiques aux PFL (figure 3) même si cette politique peut léser les producteurs les mieux dotés en logistique (voir tableau 5 en annexe). Ces derniers payent ainsi le prix des effets positifs que la politique publique induit sur les autres indicateurs, qu'ils soient économiques ou sanitaires. On peut noter, par ailleurs, qu'un contrôle très efficace dans le pays réduit le risque sanitaire mais également, et de façon simultanée, l'offre totale et les profits des PFL. Cet effet tend à inciter l'Etat à fournir plus d'aide logistique aux PFL pour augmenter l'offre et *in fine* leurs profits. L'Etat a ainsi intérêt à fixer le niveau de rattrapage logistique maximum $(1 - \mu)$ à subventionner. Cette politique de soutien aux PFL se fera au détriment des PML qui verront leurs profits diminuer à mesure que la subvention augmente.

En conclusion, on peut dire que la subvention collective-

Figure 3 - Variation du bien-être total en fonction du niveau de rattrapage quand le contrôle augmente.



¹¹ La figure 3 est tracée à partir des valeurs suivantes des paramètres: $a = 5,5, q = 1, c = 3, N = 4, \mu = 0,3, r = 0, \gamma = 0,5, \delta = 1,5, \lambda = 0,1, s = 0,5$.

¹² On peut délimiter les zones de fiabilité du système de contrôle (faible, moyenne et grande) à partir des simulations. La délimita-

tion de ces zones est bien sûr approximative et dépend des valeurs prises par les paramètres. Par exemple, pour les valeurs des paramètres utilisés pour tracer les courbes de la figure 3, on peut observer que les zones faible/moyenne correspondent approximativement à des niveaux de contrôle $0 \leq \beta < 0,7$.

ment optimale accordée par l'Etat pour le rattrapage logistique des PFL détériorera toujours (quel que soit le système de contrôle du pays) au moins le profit des producteurs bien dotés initialement en logistique. Elle ne profitera aux producteurs auxquels elle est destinée, les producteurs faiblement dotés (PFL), que dans des pays disposant initialement d'un système de contrôle suffisamment performant. Dans ce type de pays, l'Etat pourrait avoir intérêt à mettre ces producteurs à un niveau de logistique maximum ($1 - \mu$) et à subventionner ce rattrapage en conséquence. L'Etat devra s'accommoder, comme souligné précédemment, d'une externalité négative de cette politique sur les profits des producteurs les mieux dotés en logistique (voir Tableau 5 en annexe).

6. Conclusion et enseignements de politique économique

Le travail présenté analyse le lien entre logistique et risque alimentaire dans un contexte de concurrence agrolimentaire. Les résultats montrent comment l'efficacité des soutiens à la mise à niveau logistique des entreprises, efficacité économique et sanitaire, ne peut être toujours garantie. Elle dépend d'autres composantes de la régulation qu'on ne doit pas ignorer et en premier lieu, le système de contrôle officiel des aliments mis en place dans le pays. L'avantage de notre approche théorique est de mettre en évidence quelques effets quelque peu inattendus d'une politique de rattrapage logistique en cas d'hétérogénéité des dotations privées en infrastructures logistiques. Nous avons analysé la pertinence d'une régulation publique basée sur un soutien aux producteurs et comment le niveau efficace de subvention dépend des contrôles sanitaires initialement mis en œuvre dans le pays.

Comme souligné dans les sections précédentes (introduction et section 1), un grand nombre de programmes de mise à niveau ont été réalisés dans la région méditerranéenne. Certains de ces programmes sont directement financés par des fonds nationaux alors que d'autres ont bénéficié de soutiens internationaux dans le cadre d'une coopération gouvernementale ou de contributions d'agences de développement et de bailleurs de fonds. Ces programmes sont rarement mis en connexion avec d'autres actions de régulation publique qui sont du ressort d'autres sphères institutionnelles mais qui peuvent influencer l'efficacité de ces programmes. Parmi ces actions de régulation publique qui peuvent influencer sur l'efficacité des programmes de mise à niveau, il y a notamment les plans stratégiques de contrôle alimentaire et les politiques de normalisation SPS. On ne fait pas toujours un lien direct entre ces différents champs d'interven-

tion qui, pourtant, interagissent et créent des incitations quelques fois opposées pouvant contrarier certains objectifs de l'autorité publique. Nous avons montré comment, au moins pour ce qui est de l'objectif de la sécurité alimentaire (au sens quantitatif et qualitatif), la vision qui doit prévaloir dans ce domaine doit être globale et intégrer l'interdépendance de ces différentes logiques institutionnelles.

Les résultats montrent comment les pratiques de production des opérateurs, ou plus précisément, la qualité de celles-ci, peuvent être utilisées par ces derniers comme des variables d'ajustement dès que la concurrence devient sévère. Ils peuvent notamment sous-investir en qualité des pratiques sur site de production en fonction de la sévérité de la concurrence, sévérité qui peut découler d'une évolution positive des dotations logistiques de certains producteurs. Un tel sous-investissement est surtout favorisé et amplifié par la défaillance des systèmes de contrôle qui incite les producteurs à tricher sur leur site de production en pariant sur la probabilité (relativement faible) que leurs produits non conformes soient détectés par les services de contrôle. Un soutien public à l'amélioration des capacités logistiques des opérateurs peut alors exacerber ce phénomène. Ainsi, quand le système de contrôle sanitaire d'un pays est peu fiable, l'efficacité globale de la régulation basée seulement sur une obligation de résultats peut s'opposer à l'objectif de protection maximum de la santé des consommateurs. Cet effet pervers du rattrapage logistique peut plaider pour un choix de régulation qui ne laisse pas la possibilité aux opérateurs de choisir le type de pratiques à mettre en œuvre sur leur site de production et imposer, en conséquence, une politique de régulation basée sur une *obligation de moyens*. Les autorités publiques pourraient ainsi opter pour l'imposition de pratiques minimales de production à tous les producteurs, tout en soutenant financièrement les plus faibles d'entre eux à améliorer leur logistique. Ces questions liées au choix du type de normalisation sont très discutées en amont des régulations, à l'étape d'élaboration des lois alimentaires. Même si dans la région qui nous intéresse, l'essentiel des référentiels en matière de bonnes pratiques et de systèmes de gestion de la qualité sont plutôt tirés du Codex Alimentarius, on s'interroge souvent sur la bonne combinaison entre dispositifs volontaires et obligatoires. Le cas de la norme HACCP en est une bonne illustration. Ce système de management de la qualité et du contrôle du risque a longtemps été une recommandation dans l'Union européenne avant de devenir progressivement une obligation. En Algérie, la méthode HACCP est jusqu'à aujourd'hui d'essence volontaire dans un grand nombre de secteurs et obligatoire dans certains autres secteurs¹³. Le Maroc a publié en 1997 la norme nationale NM.08.0.002 fixant les lignes directrices pour l'application du système HACCP. Dans le cas des produits laitiers, l'application de l'HACCP est rendue obligatoire (Ministère de la Santé, 2002)¹⁴. Le caractère volontaire de la mise en place de l'HACCP est généralement la règle en Tunisie même si l'Etat encourage

¹³ Voir: Commission européenne. Rapport d'une mission effectuée en Algérie du 22 novembre au 02 décembre 2010 afin d'évaluer les systèmes de contrôle en place régissant la production des produits de la pêche et des mollusques bivalves vivants destinés à l'exportation vers l'Union européenne.

¹⁴ Voir aussi: <http://docslide.fr/documents/10chapitre-2-la-demarche-qualite.html><https://www.facebook.com/BureauDetudesAgroinnoVationDZ/posts/306725979370190>

fortement les entreprises agroalimentaires à adopter ce système de gestion de la qualité (Annabi Attia, 2014)¹⁵. Partant de la question de la mise en œuvre volontaire ou obligatoire de l'HACCP, un développement futur de ce travail consisterait par exemple à évaluer l'efficacité d'une politique de régulation contraignante (basée sur une *obligation de moyens*) par rapport à une politique non contraignante au regard du risque sanitaire et des autres indicateurs économiques.

Notons que les résultats obtenus dans cet article sont normatifs et viennent d'une modélisation théorique. Un des développements naturels du travail serait d'en tester la robustesse à partir d'une investigation empirique. Une telle approche empirique serait cependant tributaire de la disponibilité d'une base de données adaptée à cette question complexe et devrait être, de fait, particulièrement sophistiquée. Toutefois, ce travail théorique permet de dégager des pistes de recherche dans une telle perspective empirique. Un tel axe futur de recherche pourrait constituer un développement à la fois naturel et riche de cette présente étude.

Références bibliographiques

- Abou-Hadid A., 2014. Infrastructure et logistique agro-alimentaire en Egypte. In: *MediTERRA 2014*. Paris: Presses de Sciences Po.
- Annabi Attia T., 2014. Pourquoi une loi alimentaire pour la Tunisie? *La Revue Tunisienne de Santé Publique*, 2: 91-103.
- Banque Mondiale, 2012. Systèmes d'innovation agricole. *Guide d'investissement*, p. 99-114.
- Cavalier G., El Hadji S. et Ozdemir I. S., 2014. La chaîne du froid, maillon indispensable pour le commerce et la sécurité alimentaire. In: *MediTERRA 2014*. Paris: Presses de Sciences Po.
- CETMO, 2010. Le secteur logistique sur la rive sud de la Méditerranée Occidentale, Diagnostic et propositions pour améliorer l'offre de services logistiques. *Cas des pays du Maghreb: Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie et Tunisie*.
- CIHEAM, 2007. Qualité et sécurité sanitaire des produits alimentaires méditerranéens. *La lettre de veille du CIHEAM*, 2.
- CNUCED, 2013. Contribuer au développement des infrastructures pour promouvoir l'intégration économique : le rôle des secteurs public et privé. *Conseil du commerce et du développement, Commission du commerce et du développement, Réunion d'experts pluriannuelle sur la promotion de l'intégration et de la coopération économiques*, Genève, 11 et 12 Avril.
- Dhraief M. Z. et Khaldi R., 2012. Analyse de la qualité perçue des viandes par le consommateur Tunisien. *New Medit*, 11(4): 33-40.
- Disdier A.C., Fontagne L. and Mimouni M., 2008. The impact of regulations on agricultural trade: Evidence from the SPS and TBT agreements. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(2): 336-350.
- Driouech N., Hmid A., El Bilali H., Lipinska I. and Berjan S., 2014. Agri-food logistics in the Mediterranean region: challenges and opportunities. *International Forum on Agri-Food Logistics II Domestic Scientific Conference AGROLOGISTYKA*.
- El Khayat M., 2011. *La logistique en Méditerranée: aperçu et perspectives*. Institut Européen de la Méditerranée (IEMed). Coll. Annuaire IEMed de la Méditerranée, p. 292-299.
- El Khayat M., 2014. Infrastructures de transport et logistique : des leviers stratégiques pour le commerce et la compétitivité. In: *MediTERRA 2014*. Paris: Presses de Sciences Po.
- Giraud-Heraud E., Hammoudi A., Hoffmann R. and Soler L-G., 2012. Joint private safety standards and vertical relationships in food retailing. *Journal of Economics and Management Strategy*, 21(1): 179-212.
- Grazia C., Hammoudi A. and Hamza O., 2012. Sanitary and phytosanitary standards: Does consumers' health protection justify developing countries' producers' exclusion? *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 93(2): 145-170.
- Hammoudi A., Hoffmann R. and Surry Y., 2009. Food safety standards and agri-food supply chains: An introductory overview. *European Review of Agricultural Economics*, 36(4): 469-478.
- Hammoudi A., Grazia C. et Surry Y., 2014. Sécurité sanitaire des aliments. Régulation, analyses économiques et retours d'expérience. Paris: Lavoisier.
- Hanak E., Boutrif E., Fabre P. and Pineiro M., 2002. *Food safety management in developing countries. Proceedings of the International Workshop*. CIRAD-FAO.
- HLPE, 2014. *Pertes et gaspillage de nourriture dans un contexte de systèmes alimentaires durables*. Rapport du groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire.
- Jaffee S. and Masakure O., 2005. Strategic use of private standards to enhance international competitiveness: Vegetable exports from Kenya and elsewhere. *Food Policy*, 30: 316-333.
- Jongwanich, 2009. The impact of food safety standards on processed food exports from developing countries. *Food Policy*, 34(5): 447-457.
- Kellou I., 2012. Logistique de la filière marocaine d'exportation de tomates fraîches : des enjeux économiques et environnementaux. Paris: CIHEAM.
- Malorgio G., Biondi B. and Perito, 2016. Strategic behaviour of Italian fruit and vegetables importers from South Mediterranean Countries face to food safety standards. *New Medit*, 15(3): 29-36.
- Malorgio G. et Solaroli L., 2012. *Politiques et réglementations en Méditerranée: complémentarité et cohérence*. In: *MediTERRA 2012*. Paris: Presses de Sciences Po.
- Naïli M., 2012. Les exportations du Brésil en Algérie freinées par les contraintes logistiques? *CIHEAM Watch letter*, 20.
- Rouvière E. and Latouche K., 2014. Impact of liability rules on modes of coordination for food safety in supply chains. *European Journal of Law and Economics*, 37(1): 111-130.
- Starbird S.A., 2005. Moral hazard, inspection policy, and food safety. *American Journal of Agricultural Economics*, 87: 15-27.
- Thiel D., Thi Le Hoa Vo et Hovelaque V., 2011. Stratégie de planification et risque sanitaire dans les chaînes agroalimentaires à flux poussés-tirés. In: *9ème Congrès International de Génie Industriel (CIGI). Pour un développement sociétal harmonieux, Saint-Sauveur, Canada*.
- Thraya H., 2012. L'entreposage frigorifique en Tunisie. *CIHEAM Watch letter*, 20.

¹⁵ Voir par exemple le Programme d'appui à la Compétitivité des entreprises et à l'Amélioration de l'accès aux Marchés (PCAM) 2009-2013. Pour plus de détails sur l'évolution des lois alimentaires en Tunisie, voir Annabi Attia (2013) dans <https://www6.inra.fr/orfiquad/Paroles-d-Acteurs/Institutionnels-Professionnels/Pourquoi-une-loi-alimentaire-pour-la-Tunisie>.

Annexes

Tableau 2 - Variables et fonctions du modèle.

Probabilité de passage d'inspection	$g_i(s, \beta, k_i, \mu_i) = f_i(s, k_i, \mu_i) + (1 - \beta)(1 - f_i(s, k_i, \mu_i))$
Quantité qui passe l'inspection	$q_i^I(s, \beta, k_i, \mu_i, q) = q g_i(s, \beta, k_i, \mu_i)$
Quantité conforme	$q_i^f(s, \beta, k_i, \mu_i, q) = q f_i(s, k_i, \mu_i)$
Quantité rejetée	$q_i^R(s, \beta, k_i, \mu_i, q) = q[1 - g_i(s, \beta, k_i, \mu_i)]$
Quantité contaminée	$q_i^C(s, \beta, k_i, \mu_i, q) = q[1 - g_i(s, \beta, k_i, \mu_i)]$
Offre totale	$Q^I(s, \beta, k_1, k_2, \mu, q) = \frac{N}{2} [q_1^I(s, \beta, k_1, \mu, q) + q_2^I(s, \beta, k_2, 1, q)]$
Quantité totale contaminée	$Q^C(s, \beta, k_1, k_2, \mu, q) = \frac{N}{2} [q_1^C(s, \beta, k_1, \mu, q) + q_2^C(s, \beta, k_2, 1, q)]$
Risque sanitaire	$R(s, \beta, k_1, k_2, \mu, q) = \frac{Q^C(s, \beta, k_1, k_2, \mu, q)}{Q^I(s, \beta, k_1, k_2, \mu, q)}$

Tableau 3 - Investissements optimaux et prix d'équilibre.

Niveaux d'investissement optimaux des deux types de producteurs en fonction du prix	$\begin{cases} k_1^*(\mu, r, \omega, s, \beta) = \mu k_2^*(1, r, \omega, s, \beta) \\ k_2^*(1, r, \omega, s, \beta) = \frac{\beta(1-s)(\omega+r)}{2c} \end{cases}$
Prix d'équilibre	$\omega^{Eq} = \frac{4c[a - Q(1 - \beta(1 - s))] - rQ\beta^2(1 - s)^2(1 + \mu^2)}{4c + Q\beta^2(1 - s)^2(1 + \mu^2)}$
Niveaux d'investissement d'équilibre	$\begin{cases} k_2^*(\mu, s, \beta) = \frac{2\beta(1-s)[(a+r) - Q(1 - \beta(1 - s))]}{4c + Q\beta^2(1 - s)^2(1 + \mu^2)} \\ k_1^*(\mu, s, \beta) = \mu k_2^*(\mu, s, \beta) \end{cases}$

Tableau 4 - Résultats mathématiques (proposition 1).

<p>i) $\forall \mu \in]0,1[, \forall s, \beta \in [0,1], \partial Q^I(s, \beta, k_1^*, k_2^*, \mu, q) / \partial \mu \geq 0$ et $\partial R(s, \beta, k_1^*, k_2^*, \mu, q) / \partial \mu \leq 0$,</p> <p>ii) $\forall \mu \in]0,1[, \forall s, \beta \in [0,1], \partial q_1^C(s, \beta, k_1^*, \mu, q) / \partial \mu \leq 0$ et $\partial q_2^C(s, \beta, k_2^*, \mu, q) / \partial \mu \geq 0$.</p> <p>Car on a: $\forall \mu \in]0,1[, \beta \in [0,1], \partial k_1^*(\mu, s, \beta) / \partial \mu \geq 0$, $\partial k_2^*(\mu, s, \beta) / \partial \mu \leq 0$.</p>

Tableau 5. Valeurs des profits des deux types de producteurs en fonction de v et de β.

β	0.2			0.5			0.8		
	0.3	0.5	0.8	0.3	0.5	0.8	0.3	0.5	0.8
$\pi_1(v, \beta)$	1.7041	1.7037	1.7026	1.8362	1.8351	1.8325	1.7681	1.7719	1.7797
$\pi_2(v, \beta)$	1.7068	1.7059	1.7037	1.8645	1.8583	1.8435	1.8723	1.8564	1.8187