

# **Probit 9 in international trade: when scientific paradigm matters!**

The case of timber pallets and NIMP 15's crisis

Auteur : **Pasquale Lubello**

## **Résumé**

Nous nous intéressons ici à l'étude d'une « statistique » largement connue sous le nom de « Probit 9 ». Cette statistique a pour caractéristique d'être utilisée de manière systématique dans les processus internationaux d'évaluation scientifique de l'efficacité des traitements phytosanitaires. Le but y est de montrer qu'une telle norme (le standard Probit 9), en même temps qu'il a permis l'émergence de dispositifs de gestion du risque SPS très solides (au sens statistique du terme), aurait empêché l'émergence d'autres méthodes de gestion du risque aussi performantes et dans beaucoup de cas moins onéreuses, en nous laissant songer à cette situation typique de la dépendance de sentier qu'est le « lock-in ». Nous nous servons, dans les pages qui suivent, d'un cas de figure particulier, celui des « palettes en bois certifiées » et de la norme internationale de certification qui lui correspond : la NIMP 15. Ce choix s'explique d'une part parce que les palettes en bois certifiées sont le support matériel le plus commun du commerce mondial, et d'autre part parce que la norme qui les certifie (la NIMP 15) fait l'objet depuis quelques années de critiques d'une part de la communauté scientifique visant le standard « Probit 9 ».

## **Introduction**

Que le commerce international de produits agricoles et agro-alimentaires soit un vecteur de risques sanitaires ou phytosanitaires majeurs, est un fait aussi indiscutable que la liste des crises alimentaires ou environnementales imputables au commerce est longue (Castonguay, 2005; Jenkins, 1996; Zepeda and alii, 2001; Whattam and alii, 2013). Face à de tels risques, les pays importateurs se protègent, mettant en place des mesures restrictives du commerce que l'on qualifie aujourd'hui de mesures non-tarifaires et plus particulièrement de mesures sanitaires et phytosanitaires (SPS). Souvent imposées de manière unilatérale par les pays importateurs ou de manière bilatérale avec l'accord des pays partenaires, ces mesures peuvent être de différente nature et avoir un impact plus ou moins conséquent sur les volumes échangés (Beghin and Bureau, 2002; Disdier and alii, 2008; Marette and Beghin 2010).

Depuis son entrée en vigueur, en janvier 1995, l'Accord sur les mesures Sanitaires et Phytosanitaires (Accord SPS, 1995) reconnaît formellement à chaque pays membre de l'OMC, le droit d'imposer de telles mesures restrictives du commerce pour s'assurer de l'innocuité des produits agricoles et alimentaires importés et minimiser le risque de diffusion sur le territoire national de parasites ou de maladies pouvant affecter la santé des hommes, des espèces animales ou encore des milieux naturels (art. 2.1). A côté de cette reconnaissance de droit, le but de l'Accord est néanmoins de réguler l'activité régaliennne de production de telles mesures restrictives, de façon à en éviter la multiplication et bien sûr à en limiter les dérives protectionnistes.

Pour ce faire, l'Accord SPS confie à la science (et notamment aux preuves scientifiques) le rôle de juge du bienfondé des restrictions imposées (art. 2.2), en avançant trois conditions. La première est que les Etats assoient leurs demandes de mesures restrictives sur des études scientifiques internationnellement reconnues montrant l'ampleur du risque encouru ainsi que le bien-fondé de la mesure restrictive demandée (art. 2.2 et 3.3). La deuxième condition est qu'entre plusieurs mesures restrictives équivalentes (au sens du degrés de sécurité quarantenaire qu'elles assurent), les Etats privilégient celle qui minimise l'impact économique sur les échanges (art. 5.4 et 5.5). La troisième et dernière condition prévoit que, lorsque des mesures internationales existent, les Etats fassent l'effort de les suivre (art. 3.1 et 3.2).

Ces dernières sont élaborées au sein d'organismes internationaux spécialisés : l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS/FAO) pour tout ce qui concerne les aliments à destination de l'homme et des animaux (ex. : Codex Alimentarius, LMR), l'Organisation International des Épizooties (OIE) qui s'occupe d'élaborer des normes de gestion des risques épizootiques (concernant donc les animaux) et l'Organisation International de Protection des Végétaux (OIPV) qui s'occupe d'élaborer les normes de gestion des risques phytosanitaires (concernant donc les végétaux).

Dans les cas qui nous intéressent ici, le domaine végétal, l'OIPV élabore des normes de gestion des risques phytosanitaires, appelées NIMP (Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires) sur la base des suggestions faites par les pays membres. Pour ce faire, l'OIPV s'appuie sur des groupes d'experts venant du monde entier (EWG) ainsi que sur des critères scientifiques faisant consensus et permettant d'évaluer l'efficacité des mesures suggérées. Parmi ces critères, par exemple, celui de la « mortalité » des organismes nuisibles est l'un des plus fréquemment utilisés (NIMP 28).

Dans un travail récent (Lubello and Codron, 2020) sur la gestion du risque phytosanitaire dans le commerce international des produits agricoles frais, nous nous sommes intéressés à une mesure phytosanitaire récurrente dans les échanges internationaux de produits agricoles frais : le traitement par le froid. Nous avons fait remarquer que parmi toutes les modalités d'application du traitement au froid qui existent (par exemple à l'origine, en transit ou à l'arrivée), seulement une de ces modalités domine dans les protocoles bilatéraux d'échange : le traitement au froid en transit conforme à la norme USDA-APHIS 107a. Un dispositif

particulier qui est plébiscité malgré l'existence de pratiques alternatives aussi efficaces et moins onéreuses. Pour expliquer cette situation qualifiable de « lock-in », nous nous sommes appuyés sur la littérature institutionnaliste et plus en particulier sur la notion de dépendance de sentier technologique et institutionnelle (Arthur, 1984, 1989, 1990; David, 1985; Donnelly, 2009; North, 1990).

Dans le présent travail, nous avançons l'idée que les problèmes de dépendance de sentier observés au niveau de ce traitement phytosanitaire particulier, seraient observables aussi au niveau des critères scientifiques adoptés (explicitement ou implicitement) par l'OIPV afin de trier les traitements dits « efficaces » de ceux qui ne le seraient pas.

Dans les pages qui suivent, nous nous proposons alors de remprunter le même cadre théorique (dépendance de sentier), thématique (gestion du risque phytosanitaire et commerce international) et méthodologique (analyse historique et comparative), en changeant toutefois d'objet et de niveau de l'analyse.

Nous nous intéressons ici à l'étude d'une « statistique » largement connue sous le nom de « Probit 9 ». Cette statistique a pour caractéristique d'être utilisée de manière systématique dans les processus internationaux d'évaluation scientifique de l'efficacité des traitements phytosanitaires. Ce changement d'objet conduit à un changement du niveau de l'analyse : en ce sens, ici, il n'est plus question de s'intéresser à l'output du processus de réglementation internationale (à savoir les traitements phytosanitaires tels que sélectionnés et recommandés par l'OIPV), mais plutôt à l'input, autrement dit la norme scientifique utilisée en amont pour les évaluer et les trier. Le but y est de montrer qu'une telle norme (le standard Probit 9), en même temps qu'il a permis l'émergence de dispositifs de gestion du risque SPS très solides (au sens statistique du terme), aurait empêché l'émergence d'autres méthodes de gestion du risque aussi performantes et dans beaucoup de cas moins onéreuses, en nous laissant songer, à nouveau, à cette situation typique de la dépendance de sentier qu'est le « lock-in ».

A fin de montrer la pertinence de nos propos, nous nous servirons, dans les pages qui suivent, d'un cas de figure particulier, celui des « palettes en bois certifiées » et de la norme internationale de certification qui lui correspond : la NIMP 15. Ce choix, purement instrumental, s'explique d'une part parce que les palettes en bois certifiées sont le support matériel le plus commun du commerce mondial, et d'autre part parce que la norme qui les certifie (la NIMP 15) fait l'objet depuis quelques années de critiques d'une part de la communauté scientifique visant le standard « Probit 9 ».

Le document est alors organisé comme suit : dans la première partie nous verrons en quoi consiste le « Probit 9 » et quels sont les éléments factuels permettant de dire qu'il s'agit d'un standard international de l'évaluation. Dans une deuxième partie, nous nous appuyerons sur la littérature scientifique existante (notamment celle issue de la communauté des entomologues), pour montrer en quoi ce standard pose problème dans le domaine de la certification des palettes en bois destinées au commerce international et plus largement aux activités de recherche et d'innovation dans le domaine de la gestion des risques phytosanitaires. Dans la troisième partie, nous aborderons la question du point de vue de l'économie institutionnelle et de la dépendance de sentier, avant de conclure.

### **1) « Probit 9 » history**

En 1934, Chester Bliss, biologiste américain, publia dans la revue *Science* un article décrivant le modèle « Probit » (Bliss, 1934), un modèle statistique de régression binomiale ayant pour but d'estimer dans quelle mesure une variable indépendante influencerait la probabilité qu'une variable dépendante binaire (i.e. ne pouvant prendre que 2 valeurs discrètes, 0 ou 1) prenne la valeur 1. En partant de l'hypothèse qu'une telle probabilité se distribue selon une loi normale, le modèle proposé par Bliss, permettait ainsi de faire avancer nombre de travaux expérimentaux et de traiter convenablement des données qualitatives comme la probabilité

qu'un échantillon d'insectes soit tué par une dose donnée de pesticide. Le modèle Probit n'est donc autre chose qu'un outils d'évaluation de l'efficacité du traitement.

Dans ce papier, l'auteur traduit de manière arbitraire le pourcentage de probabilité en unités de probabilité (*probability unit*, dont la contraction donna le nom de Probit), de telle façon qu'au probit 0 corresponde une probabilité de 0,01% que la variable dépendante prenne la valeur 1, au probit 5 une probabilité de 50% ou encore au probit 10 une probabilité de 99,9999%, toujours dans un intervalle de confiance de 95%.

Quelques années plus tard, en 1939, A.C. Baker, entomologiste en chef auprès du Bureau d'Entomologie et de Quarantaine Végétale des Etats Unis, publia une circulaire pour le ministère américain de l'agriculture (USDA, 1939), intitulé « bases pour le traitement de produits contaminés par mouche méditerranéenne des fruits, comme condition d'entrée sur le territoire des Etats-Unis ». En se basant sur les travaux de Bliss (1934) et Fisher (1935), Baker recommandait le Probit 9 comme le niveau d'efficacité à atteindre pour qu'un traitement phytosanitaire (initialement contre la mouche des fruits et des melons) puisse être accepté (Haack et alii, 2011), à savoir une probabilité de 99,9968% qu'un échantillon de 93613 individus ne présente aucun survivant après traitement (d'après Couey and Chew, 1986).

Le choix du Probit 9, par Baker et par l'USDA, était ainsi justifié par le haut niveau de sécurité quarantenaire qu'il permettait d'atteindre face à des insectes (comme la mouche méditerranéenne) dont le taux d'infestation et de reproduction était relativement élevé.

A partir de cette année, l'USDA adopta le Probit 9 comme critère de référence pour l'approbation des traitements de quarantaine pour une grande variété d'organismes nuisibles (Schortemeyer and alii 2011)<sup>1</sup>, et cela malgré les avis mitigés de certains chercheurs internes à l'institution quant à la trop forte sévérité du critère d'évaluation choisi (Follet and McQuate, 2001; Follet and Neven, 2006; Liquido and alii, 1997).

Par la suite, d'autres pays ont suivi l'exemple des Etats Unis, adoptant des critères d'efficacité identiques ou très proche du Probit 9 (99,99%, i.e Probit 8,71) tantôt dans les négociations commerciales bilatérales (Fallet and Neven, 2006; Lubello and Codron, 2020) tantôt dans les litiges instruits auprès de l'ORD (WTO, 1998)<sup>2</sup>.

Sans jamais être devenu un standard international officiel (de jure), son adoption implicite par l'OIPV et sa convention (la CIPV) en a fait, depuis les années 2000, un standard international « de facto » de l'évaluation de l'efficacité des traitements quarantenaires.

A ce sujet, rappelons que dans un rapport de 2008 du Technical Panel of Forest Quarantine (IPPC, 2008), l'une des commissions de l'OIPV, on affirmait que tout processus d'évaluation de l'efficacité des mesures phytosanitaires « requière en fin des comptes le test Probit 9 ». Haack and alii (2011) soulignent que, encore en 2010, dans un document préparatoire des annexes à la NIMP 15, on établissait que « le degré d'efficacité requis pour pouvoir parler de succès du traitement est de 99,99683%, à un degré de confiance de 95%, pour tous les organismes sélectionnés ». Quelques années plus tard, en 2013, la Commission des Mesures Phytosanitaires (IPPC, 2013) organisait une « séance scientifique » intitulée « Sécurité phytosanitaire fondée sur une norme Probit 9 pour les traitements » phytosanitaires.

Bien que'à aucun moment de son histoire l'OIPV n'ait inscrit explicitement le Probit 9 au rang de méthode d'évaluation officielle, il suffit de regarder le détail des traitements phytosanitaires conseillés par la CIPV au titre de la NIMP 28<sup>3</sup>, pour se rendre compte que la quasi-to-

---

<sup>1</sup> Encore récemment, l'USDA APHIS a amendé son Manuel de Traitements Phytosanitaires et notamment le protocole du traitement au froid pour la mouche méditerranéenne des fruits, dans le but d'écarter les options n'assurant pas un niveau d'efficacité égal à Probit 9 (USDA 2002).

<sup>2</sup> Exemple du litige USA-Japon. Document WT/DS76/R, disponible ici [https://www.wto.org/french/tratop\\_f/dispu\\_f/76r.pdf](https://www.wto.org/french/tratop_f/dispu_f/76r.pdf)

<sup>3</sup> NIMP 28 : [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/fr/2016/01/ISPM\\_28\\_2007\\_Fr\\_2016-01-12\\_PostCPM10\\_InkAmdReformatted.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/fr/2016/01/ISPM_28_2007_Fr_2016-01-12_PostCPM10_InkAmdReformatted.pdf)

tabilité de ces derniers prennent appui sur des recherches scientifiques ayant utilisé le Probit 9 comme critère d'évaluation de l'efficacité de la mesure (Tableau 1). De la même manière, dans le cadre de la NIMP 15 (2018), régissant « l'usage des matériaux d'emballage en bois utilisés dans le commerce international », les quatre traitements actuellement conseillés, se basent tous sur des travaux de recherche utilisant le Probit 9 comme critère d'évaluation de l'efficacité (Tableau 1).

La conséquence immédiate d'un tel standard, devenu international, est que lorsqu'un pays exportateur veut proposer un traitement alternatif à ceux déjà existants, il est souvent contraint de mener des recherches expérimentales visant à prouver que le traitement en question atteigne un niveau d'efficacité (mortalité) de 99,9968% (i.e. Probit 9) et que pour ce faire il ait à le tester sur des échantillons d'organismes quaranténaires d'une taille minimale de 93613 individus sans qu'il y ait de survivants (Lubello and Codron, 2020).

**Tableau 1 : NIMP et Probit 9 (source : IPPC)**

NORME	Organisme visé	Recherche (principale) en appui	Efficacy Level % Probit9 = 99,9968
NIMP 28 – 1 (2009 – 2017)	<i>Anastrepha ludens</i>	Hallman and Martinez (2001)	99,9968
NIMP 28 – 2 (2009 - 2017)	<i>Anastrepha obliqua</i>	Bustos and alii (2004)	99,9968
NIMP 28 – 3 (2009 - 2017)	<i>Anastrepha serpentina</i>	Bustos and alii (2004)	99,9972
NIMP 28 – 4 (2009 - 2017)	<i>Batrocera jarvisi</i>	Heather and alii (1991)	99,9981
NIMP 28 – 5 (2009 - 2017)	<i>Batrocera tryoni</i>	Heather and alii (1991)	99,9978
NIMP 28 – 6 (2009 - 2017)	<i>Cydia pomonella</i>	Masour (2003)	99,9978
NIMP 28 – 7 (2009 - 2017)	<i>Tephritidae</i>	Bustos and alii (2004)	99,9968
NIMP 28 – 8 (2009 - 2017)	<i>Rhagoletis pomonella</i>	Hallman & Thomas (1999)	99,9968
NIMP 28 – 9 (2010 - 2017)	<i>Conotrachelus nenuphar</i>	Hallman (2004)	99,9880
NIMP 28 – 10 (2010 - 2017)	<i>Grapholita molesta</i>	Hallman (2004)	99,9949
NIMP 28 – 11 (2010 – 2017)	<i>Grapholita molesta</i>	Hallman (2004)	99,9932
NIMP 28 – 12 (2011 – 2017)	<i>Cylas formicarius</i>	Follet (2006), Hallman (2001)	99,9952
NIMP 28 – 13 (2011 – 2017)	<i>Euscepes postfasciatus</i>	Follet (2006)	99,9950
NIMP 28 – 14 (2011 – 2017)	<i>Ceratitidis capitata</i>	Follet and Armstrong (2004)	99,9970
NIMP 28 – 15 (2011 – 2017)	<i>Batrocera cucurbitae</i>	Hallman and Mangan (1997)	99,9889
NIMP 28 – 16 (2015 – 2017)	<i>Batrocera tyroni</i>	Hallman and Mangan (1997)	99,9981
NIMP 28 – 17 (2015 – 2017)	<i>Batrocera tyroni</i>	Hallman and Mangan (1997)	99,9886
NIMP 28 – 18 (2015 – 2017)	<i>Batrocera tyroni</i>	Dohan and alii (2012)	99,99
NIMP 28 – 19 (2015 – 2017)	<i>Dysmicoccus neobrevipes and alii</i>	Dohan and alii (2012)	99,9902
NIMP 28 – 20 (2016 – 2017)	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Hellman and Hellmich (2009)	99,9914
NIMP 28 – 21 (2016 – 2017)	<i>Batrocera melanotus and alii</i>	Waddel and alii (1993)	99,9914
NIMP 15 HT (2002)	<i>Several pests</i>	Smith (1991, 1992)	99,9949
NIMP 15 MB (2002)	<i>Several pests</i>	Liese and Reutze (1985)	99,9968
NIMP 15 SF (2013)	<i>Nématode du Pin</i>	Sousa and alii (2010)	99,9968
NIMP 15 DH (2013)	<i>Nématode du Pin, ALB</i>	Houwer and alii (2010)	99,9968

## 2) What's wrong with Probit 9 ?

Depuis les années 2000, nombreuses recherches menées essentiellement par des entomologues se sont accumulées, questionnant la pertinence du Probit 9 comme standard général pour l'évaluation de l'efficacité des traitements phytosanitaires. Dans ces recherches, tout en travaillant à la proposition de méthodes alternatives potentiellement plus adaptées, plusieurs problèmes sont montrés du doigt.

1) Premièrement, l'impraticabilité du Probit 9. Comme nous le rappelions plus haut, le Probit 9 a été choisi comme critère d'évaluation de l'efficacité des traitements phytosanitaires à partir d'expériences menées avec succès sur les mouches méditerranéennes des fruits et des melons (Baker, 1939) et plus globalement sur les insectes de la famille des *Tephritidae* (Schortemeyer and alii 2011), à savoir des insectes souvent invisibles à l'œil nu, présentant des niveaux d'infestation importants ainsi qu'une extrême facilité à se reproduire. Ces quelques éléments non seulement justifiaient la requête d'un niveau élevé de sécurité quarantenaire du traitement, mais permettaient par ailleurs de disposer d'échantillons suffisamment grands (supérieurs à 93613 individus) pour que l'efficacité du traitement puisse être testée à un niveau de probité aussi important (Probit 9).

Le problème surgit toutefois pour les organismes de quarantaine dont la vitesse de reproduction est lente ou encore dont le niveau d'infestation naturelle est suffisamment bas pour qu'on ne puisse trouver (en nature) ou élever (en laboratoire) des populations supérieures ou égales à 93613 individus. Follet and McQuate (2001) rappellent par exemple, que dans le cas de *Cryptophlebia*, un organisme de quarantaine de la famille des *Tortricidae*, il faudrait entre 15 et 20 ans pour pouvoir élever et tester entre 90k et 100k individus. D'autres études, montrant la difficulté si ce n'est pas l'impossibilité de tester des niveaux d'efficacité Probit 9 pour certains organismes de quarantaine, sont rappelés par Schortemeyer and alii (2011) ou encore par Haack and alii (2011).

2) Deuxièmement, le manque de fiabilité. Contrairement au cas des organismes quaranténaires peu infestant, l'exemple des champignons, récemment introduits dans la liste des organismes pathogènes de la NIMP 15 (2010), semble poser le problème inverse. Compte tenu du très haut niveau d'infestation naturelle de ces pathogènes, tester l'efficacité d'un traitement pour une valeur égale à Probit 9 (et donc une population de seulement 93613 individus) pourrait se révéler insuffisant (Schortemeyer and alii 2011, Haack and alii 2011, Griffin 2013) face à des organismes prenant la forme de colonies de millions d'individus.

3) Troisièmement, le choix du critère de mortalité, dont le modèle Probit n'est qu'un outil de mesure (et donc d'évaluation). Depuis les travaux de Bliss (1934) et ensuite de Baker (1939), la mesure de l'efficacité d'un traitement a été quasi exclusivement associée à l'observation du niveau de mortalité chez l'organisme traité. Ce choix a limité pendant longtemps la possibilité que d'autres critères puissent être adoptés et donc que d'autres dispositifs de gestion du risque puissent voir le jour. Plus récemment, les travaux portant sur l'irradiation (Fallet and Neven, 2006; Ferrier, 2010) comme traitement phytosanitaire ont permis de rappeler qu'à côté du critère de mortalité, existe celui de la fertilité des individus survivants, ne faisant plus du nombre des survivants la condition sine qua non de la réussite du traitement. Parallèlement, d'autres études (notamment Fallet and McQuate, 2001) ont élaborés des tables de correspondance entre la taille des échantillons à tester et les niveaux de Probit à assurer (inférieurs à 9), en considérant comme critère à évaluer non plus la mortalité, mais la probabilité de survie d'un couple d'insectes fertiles pouvant être suffisamment proches pour assurer une descendance.

L'ensemble de ces éléments contribuent à rappeler les limites du modèle Probit 9 en tant que statistique nécessaire et suffisante pour juger de l'efficacité d'un traitement phytosanitaire. Ces études ont aussi pour qualité de montrer la nature arbitraire des critères rationnels qui ont

été sélectionnés, à un moment de l'histoire, pour justifier un tel choix et qui, du fait de l'avancement des connaissances scientifiques, ont perdu une part de leur légitimité initiale.

### 3) When « Probit 9 paradigm » becomes an economical problem for international trade : three steps costs analysis

Dans cette dernière partie nous allons passer en revue trois coûts liée à la NIMP 15 : le coût d'adoption de la mesure phytosanitaire courante (complying cost), le coût du changement de la mesure (negociation cost) et le coût de changement du paradigme scientifique (paradigm shift cost) dans lequel la mesure est produite. Chacun de ces trois coûts est associé à un environnement particulier (le monde des affaires courant, celui des négociations bilatérales et multilatérales et celui de l'expertise scientifique) et donc à un niveau d'analyse différent. Compte tenu de l'objet de ce travail, nous nous concentrerons d'avantage sur le dernier de ces trois coûts.

#### 3.1) Complying with NIMP 15 : business environment

Depuis les années '40, les palettes en bois sont un objet central de la logistique nationale et internationale. En 1975, on en comptait 350 millions d'unités dans le monde (Duprez, 1976), en 2016, aux Etats Unis seulement, on en dénombre 849 millions entre nouvellement produites et reconditionnées (Gerber and alii, 2020), tandis qu'en Chine, l'un des plus jeunes producteurs, on en produit environ 655 millions à l'année (Tang Ying, 2012)<sup>4</sup>.

Fortes d'un bilan environnemental positif par rapport aux autres supports (FCBA, 2012) et d'une durée de vie non négligeable (rallongée par ailleurs par la facilité de réparation), les palettes en bois bénéficient d'un prix de vente plus faible que leur direct concurrent, la palette en plastique (source : tableau comparatif).

**Tableau 2 : Comparatif des prix : Palette bois vs Plastique (Source Raja, RotomShop)**

Item	Prix unitaire lot >60 (Raja)	Prix unitaire lot >60 (RotomShop)
Palette bois NIMP 15 800*1200 (charge lourde 4T)	23,95 €	15 €
Palette bois NIMP 15 800*1200 (charge mi-lourde 1,6T)	20,85 €	9,3 €
Palette plastique 800*1200 (charge lourde 4T)	55,95 €	43,91 €
Palette plastique 800*1200 (charge mi-lourde 1,6T)	24,45 €	28,34 €

Malgré ces atouts, nous l'avons rappelé plus haut, les palettes en bois représentent un puissant vecteur de risques quaranténaires pouvant affecter l'environnement des pays importateurs et notamment leurs milieux forestiers (Henin and alii, 2019). A la différence des palettes en plastique ou en aluminium, les palettes en bois nécessitent donc d'être traitées.

Ces traitements, soient ils imposés unilatéralement ou convenus de manière bilatérale (protocoles bilatéraux d'échange) ou multilatérale (NIMP 15), impliquent nécessairement un coût supplémentaire, qui diminue la compétitivité-prix finale de la palette en bois par rapport aux supports concurrents. Ce coût, que l'on qualifie généralement de « coût de certification » ou de « coût de mise en conformité », peut varier en fonction du nombre de traitements auquel le pays exportateurs a droit et à leur complexité.

<sup>4</sup> <https://slideplayer.com/slide/1417868/>

Dans le cas des pays Européens, par exemple, la fumigation par Methyl de Bromide étant interdite depuis 2010, suite à la ratification du Protocole de Montréal (en 1987), seul trois des quatre traitements prévus par la NIMP 15, sont utilisables. De ces trois traitements, le seul à pouvoir compter sur une industrie historiquement implantée (source ?) est le traitement par la chaleur en étuve (HT). Conformément à Lallemand (2004), le traitement par la chaleur en étuve (HT), bien que dominant, présente des inconvénients : un usage extensif d'énergie, une durée du traitement longue et pas toujours efficace (problème d'homogénéité<sup>5</sup>), l'éventuelle détérioration du bois ainsi qu'un coût moyen relativement élevé, estimé à 2\$ l'unité. En considérant cette estimation crédible, on peut évaluer le coût de la certification à environ 10% du prix du produit final, ce qui est non négligeable.

Pouvoir compter sur des traitements alternatifs tout aussi efficaces et moins onéreux que le HT est alors non seulement un levier d'amélioration des coûts d'accès aux marchés étrangers pour les pays exportateurs, mais aussi une amélioration des marges de compétitivité pour l'industrie des supports bois face aux industries produisant des supports concurrents.

Afin de donner une idée de l'ampleur du coût de mise en conformité lié à la NIMP 15, prenons l'exemple du Brexit. Suite au retrait du Royaume Uni de l'Union Européenne, et donc de l'Espace Phytosanitaire Européen (2000/29/CE), à partir du 1er janvier 2021, le Royaume Uni et l'UE deviendront, l'un pour l'autre, des pays tiers. En l'attente d'un éventuel accord bilatéral, les échanges entre les deux parties seront alors régis par le droit international. En matière de palettes, Le Royaume-Uni, ne pourra plus bénéficier des exemptions existantes avec l'UE. Les deux blocs économiques se verront donc dans l'obligation de se fournir en palettes certifiées NIMP 15 (ou d'en produire) ou EUR-EPAL (des palettes essentiellement produites sur le continent européen et certifiées NIMP 15 depuis 2010). Compte tenu de l'actuelle incapacité technique du Royaume Uni à traiter un volume de palettes en adéquation avec ses exigences commerciales (Henin and alii, 2019), on peut vraisemblablement imaginer que ce nouveau coût de certification augmentera le coût moyen des échanges entre ces deux acteurs<sup>6</sup> et cela de manière absolument paradoxale, car, depuis 2002, les deux zones ont utilisé des palettes non certifiées pour leurs échanges sans qu'il ait de problèmes phytosanitaires majeurs.

### **3.2) NIMP or not to NIMP : negotiation's environment**

L'exemple du Brexit est d'autant plus utile qu'il nous permet de monter d'un étage et passer de l'environnement des affaires courants à celui de la négociation. En cas de sortie sans accord (no deal Brexit), le Royaume Uni et l'UE, ont essentiellement deux options : accepter le coût de la certification internationale telle que prévue par l'actuelle NIMP 15, ou non. Dans le premier des deux cas, nous retombons dans les considérations faites dans la section précédente, à savoir des coûts de mise en conformité plus élevés qu'auparavant. Dans le deuxième cas, deux options s'ouvrent : (i) convenir d'un accord bilatéral d'échange qui permette de réduire le coût de la certification des palettes en bois, en reprenant par exemple les anciennes exemptions réciproques ; ou (ii) investir les instances internationales pour agréer la NIMP 15 d'autres dispositifs de traitement qui seraient plus simples à réaliser et moins onéreux que ceux actuellement disponibles.

---

<sup>5</sup> Des critiques sont soulevés quant aux résultats du traitement. Le bois n'étant pas un matériau homogène (différences de densité, d'humidité, présence/absence de champignons, etc ...) et de plus un matériau peu conducteur, la chaleur ne peut pas s'y diffuser de manière homogène. Le contrôle de la température se faisant par ailleurs à cœur de bois en seulement quelques points, il n'est pas possible de connaître la température des tasseaux de bois en chaque point pendant le traitement.

<sup>6</sup> Les articles de journaux à ce titre sont très parlant : The Times (22/07/2020) : « Wooden pallet is Brexit stumbling block » ; Bloomberg (21/07/2020) : « The Wrong Kind of Pallets Threatens Border Trouble After Brexit » ; Les Echos (30/01/2020) : « Brexit : l'étonnant casse-tête de la circulation des palettes ».

Comme mis en avant dans un précédent travail (Lubello et Codron, 2020), la négociation d'un protocole bilatéral d'échange ou la modification d'une norme internationale (comme les NIMP) nécessite d'un temps long (environ dix ans). Ce travail de long haleine mobilise différentes ressources et implique donc plusieurs coûts : le coût en ressources humaines (entrepreneurs, diplomates, consuls, techniciens, scientifiques), des coûts matériels liés aux négociations (audits, visites, voyages des délégations vers le ou en provenance du pays partenaire), et pour finir les coûts liés à la production de la « preuve scientifique » (financement des essais de laboratoire, investissement dans la recherche). A côté de ces coûts, s'ajoute le coût de maladaptation courant, c'est à dire le coût que les deux parties de l'échange doivent payer en l'attente d'une meilleure solution.

C'est justement entre ces deux coûts qui se joue la persistance ou la sortie du chemin emprunté : d'un côté les coûts de la négociation, que l'on peut qualifier de coûts de transaction et qui correspondent aux coûts de sortie du chemin, de l'autre les coûts de maladaptation, autrement dit le prix à payer pour la conformité. Puisque, dans une logique de court terme, les coûts (non actualisés) de la négociation paraissent plus élevés que les coûts (non actualisés) de la maladaptation courante, la dépendance de sentier semble assurée.

Malgré cela, les négociations existent, des nouveaux protocoles d'échange sont signés chaque année et les accords commerciaux internationaux s'accumulent. Cela est bien le signe que les institutions arrivent à réduire certains coûts de transaction liés à la régulation des marchés. Conformément à North (1990), nous estimons qu'une partie de cette réussite est due à la nature même des Institutions, à savoir des entités génératrices de routines. Car ce sont ces routines qui rendent prévisibles et donc « régulable » le comportement autrui dans une société du travail spécialisée et donc atomisée.

Pour revenir à notre exemple, l'un des moyens pour le Royaume Uni et l'UE de diminuer leurs coûts de la négociation respectifs et de négocier « as usual », c'est à dire en respectant les routines (les sentiers) de l'environnement institutionnel dans lesquelles ils sont plongés. Par exemple, en ratifiant un accord qui reprend des vieilles exemptions et les prolonge *sine die*. Ou encore, dans le cas d'une négociation finalisée à changer de cap (moins consensuel), en s'appuyant sur la façon « courante » de négocier la nouveauté. Plus précisément, dans le cas des palettes en bois, on peut imaginer que face à la nécessité/volonté pour les deux partenaires de prouver l'efficacité d'un nouveau traitement qu'ils estiment plus adapté à leur situation, l'un comme l'autre pays mène les nécessaires études d'évaluation de l'efficacité en utilisant les critères d'évaluation les plus communément acceptés et notamment les standards préconisés par les instances techniques internationales comme l'OIPV : la mortalité, le probit 9. Ceci dans le but de se protéger en cas d'un éventuel litige.

Ces comportements routiniers, dans la même mesure où il font baisser le coût (non actualisé) de la négociation, participent à entretenir la dépendance du sentier emprunté au niveau des négociations internationales. En ce sens, et conformément avec la littérature en la matière, chaque négociation supplémentaire (bilatérale, ou multilatérale) est une occasion de plus pour confirmer les rendements croissant d'adoption dont bénéficie la norme dominante (le probit 9), ce qui en justifie la persistance dans le temps au détriment de solutions plus efficaces.

### **3.3) Probit 9 and its paradigme shift cost : scientific environment**

Dans cette dernière section, nous allons nous intéresser à l'environnement de l'expertise scientifique, là où on discute, on élabore et on s'accorde sur les critères scientifiques permettant l'évaluation des traitements (cas de la NIMP 28). Cet environnement (scientifique) est un environnement diffus, mais qui s'agglutine dans les commissions d'experts comme celles qui animent le travail de l'OIPV. Le but de cette dernière section est alors de montrer en quoi la NIMP 15 serait prisonnière du critère d'évaluation dont elle est le produit et que

des nouvelles études scientifiques viennent à chaque fois confirmer implicitement ou explicitement.

La NIMP 15, dans sa version adoptée en 2002, prévoyait deux traitements : le traitement par la chaleur (en étuve, à 56°C pendant 30 minutes au coeur du bois) et le traitement par fumigation (Méthyl de Bromide). Comme rappelé plus haut (tableau 1), les recherches scientifiques sur lesquelles on s'appuya pour valider ces premiers traitements, utilisaient toutes le Probit 9 comme seuil d'évaluation de l'efficacité (Haack, 2011)<sup>7</sup>.

Modifiée à plusieurs reprises (2006, 2009, 2013 puis encore en 2018), la NIMP 15 prévoit désormais 2 traitements supplémentaires : la fumigation au Fluorure de Sulfure (SF), ainsi qu'un traitement par micro-ondes (DH). Ces deux traitements supplémentaires ont été rajoutés à la liste des traitements agréés suite à l'apport d'études d'évaluation d'impact compatibles avec le standard Probit 9, à savoir le travail de Sousa and alii (2010) pour le SF et le travail de Hoover and alii (2010) pour le DH (IPPC, 2010).

Toujours dans le but de confirmer la place centrale du standard Probit 9, dans la prise de décision des différentes commissions techniques de l'OIPV, rappelons aussi que dans la version de la NIMP 15 de 2002, l'annexe 3 prévoyait une liste de 12 mesures alternatives « prises en considération pour être approuvées » dont faisaient partie les deux traitements finalement agréés en 2013.

Si l'on rappelle ce détail, c'est parce que ces mesures alternatives, qui constituent des pistes à explorer, avaient en commun de s'appuyer sur des études scientifiques dont la preuve de l'efficacité du traitement n'était pas compatible avec le standard Probit 9. Autre élément commun à certaines des mesures « recalées » et qu'elles visent à traiter des organismes de quarantaine qui ne peuvent tout simplement pas répondre aux exigences d'un tel standard.

Un exemple, à notre avis très parlant, est le travail de Fleming and alii (2003) sur le traitement par micro-ondes de la Longicorne Asiatique (Asian longhorned beetle, ALB). Comme le rappellent les auteurs de l'article, la Longicorne Asiatique est non seulement un insecte de la famille des Cerambycidae inscrit à la liste des organismes nuisibles prioritaires rédigée en annexe de la NIMP 15 depuis 2002, mais il est aussi un insecte caractérisé par un cycle de vie relativement long (un an) et par un taux de reproduction relativement faible, ce qui fait dire à Haack and alii (2011) qu'il est difficile sinon impossible d'atteindre des échantillons compatibles avec les exigences du standard Probit 9, à savoir des échantillons de 93613 individus.

Le travail de Fleming and alii, réalisé sur un échantillon de 300 individus, n'ayant pas pu respecter le standard imposé (Probit 9), aurait été jugé insuffisant par la commission d'experts, bien qu'il montrait que cet insecte était particulièrement sensible à la chaleur et que, dans les meilleurs conditions (des blocs de peuplier sec), seulement 5 secondes d'irradiation à une température de 60°C suffisaient à tuer l'ensemble de l'échantillon.

Il faudra attendre 2010 et l'étude de Hoover and alii (2010) sur le Nématode du Pin, pour que la TPPT revienne sur le travail de Fleming. Comme rappelé plus haut, le travail publié par Hoover a été le document qui a permis l'agrément du traitement par micro-ondes (DH). Le Nématode du Pin étant un organisme nuisible dont il est facile d'élever des centaines de milliers d'individus, le travail de Hoover and alii a apporté la preuve (Probit 9 compatible) qu'une exposition d'une minute à 60°C suffit à l'éradiquer. Une fois démontré cela, le TPPT (IPPC, 2010) a établi (par déduction) que cette même mesure pourrait s'appliquer à l'ALB

---

<sup>7</sup> Anecdote sympathique : pendant les phases initiales des travaux préparatoires à la rédaction de la NIMP 15, la commission se plaint que le groupe d'expert travaillant sur la norme n'ait pas fourni de bases scientifiques solides prouvant l'efficacité des traitements suggérés, elle est donc hostile à l'idée que le draft ainsi produit par le groupe d'expert soit envoyé aux ONPV. Quelques mois plus tard, la même commission est satisfaite par l'abondante base bibliographique en appui, mais décide de ne pas rajouter les références bibliographiques en annexe de la future NIMP, contrairement à ce qui est fait pour les autres NIMP (voir le détail des MP de la NIMP 28).

(ubi major minus cessant), dont on savait, grâce aux travaux de Fleming and alii (2003, 2005), être un insecte plus sensible à la chaleur que le Nématode du Pin.

Cet exemple, outre que montrer le fonctionnement très précautionneux des commissions techniques de l'OIPV, permet de mettre le doigt sur l'un des problèmes identifiés par les chercheurs en entomologie, à savoir la tendance à transposer des traitements conçus pour des nuisibles très infestants et résistants à des nuisibles qui sont moins infestants et peu résistants (l'overkill), à défaut de changer de modèle d'évaluation.

Un petit exercice de mathématique suffit à dire que, conformément à Fleming and alii (2003), l'ALB pourrait être éradiquée, dans la meilleure des situations, avec un traitement 12 fois moins long que celui approuvé par le Nématode du Pin. Du point de vue de l'analyse économique, ce surcoût (en énergie et en temps) est un coût de maladaptation entre le problème à traiter (l'éradication de l'ALB) et le traitement agréé (pour le Nématode du Pin) que le critère scientifique (le Probit 9) a sélectionné.

Les coûts de maladaptation étant un signe d'inefficience du système, il est important de comprendre pour quelle raison le Probit 9 persiste dans l'environnement scientifique, malgré les objections d'une partie de la communauté scientifique et les propositions de changement de modèle dont cette même communauté s'est faite porteur (Follet and Neven, 2006; Griffin, 2013; Haack and alii, 2011; Liquido and alii, 1997; Schortemeyer and alii, 2011; Uzunovic, 2013)<sup>8</sup>.

A cet effet, nous trouvons intéressant d'établir un parallèle entre la théorie de la dépendance de sentier et la théorie des révolutions scientifiques de Kuhn qui décrit certaines des raisons de la persistance dans le temps des paradigmes scientifiques (appelés ensuite « matrices disciplinaires »).

Entre 1957 et 1962, Thomas Samuel Kuhn publiait deux ouvrages qui mettaient fin à l'idée positiviste selon laquelle la science avancerait de manière linéaire et indiscutable sur le seul chemin possible d'une vérité neutre et objective. Il proposait alors une lecture innovante de la façon que les sciences ont de se constituer en « paradigmes » : l'incrémentation<sup>9</sup>. Lorsqu'une théorie émerge (fait consensus) dans la communauté scientifique, cette dernière travaille à son ajustement en menant ce que Kuhn appelle des « travaux de nettoyage ». Ces travaux supplémentaires renforcent la capacité de la théorie à résoudre les problèmes qu'elle a elle-même désigné, tout en écartant les problèmes qui sortent du champ de la théorie. Le pouvoir explicatif d'une théorie se consolidant dans le temps, une simple observation contraire (une anomalie) ne suffira pas à la détrôner. Seule une accumulation considérable d'anomalies et de problèmes pourront déclencher ce que Kuhn appelle le processus de « révolution scientifique » et donc de changement de paradigme. Dans ce processus (de révolution), Kuhn met encore une fois l'accent sur la communauté scientifique et son système de croyances, qui est un élément constitutif du paradigme, pour expliquer à la fois la lenteur du changement et la capacité à persister du paradigme questionné.

Outre la proximité terminologique entre la « matrice disciplinaire » de Kuhn et la « matrice institutionnelle » dont parle North (1990, 2005), entre les croyances du premier et les mythes et l'idéologie du deuxième, les similitudes entre les deux théories sont frappantes quant au processus de structuration des « matrices » : un processus de renforcement incrémental, par

---

<sup>8</sup> Rappelons que parmi les modèles alternatifs qu'Probit 9 suggérés par ces auteurs, il y a le « Maximum Pest Limit Approach », le « System Approach », le « 3 Steps Approach », le « Nonhost Status Approach », la « Pest Eradication Approach » par « Sterile-Insect Technique » (SIT), par « Male Annihilation » ou encore par « Autocidal Biological Control ».

<sup>9</sup> Attention, pour Kuhn la science, au sens de l'ensemble des savoirs historiquement situés, ne procède par par incrémentation, mais par ruptures (paradigmatiques). Par contre, chaque paradigme scientifique, à savoir la science à un moment de l'histoire, évolue quant à lui par incrémentation, jusqu'à ce que cette somme de savoirs cohérents entre eux, ne soit pas mise en question par l'accumulation d'anomalies (paradoxes, exceptions, problèmes non résolus).

feedbacks positifs. Le même processus qui permet d'expliquer les phénomènes de dépendance de sentier technologique ou institutionnel et leur corollaire : les situations de lock-in.

Le travail des scientifiques, que Kuhn qualifie de travail de nettoyage, viendrait donc alimenter le paradigme dominant au vu de la nature coûteuse du changement de la « matrice disciplinaire », tout comme dans le monde des institutions (sociales et marchandes), la persistance de certaines normes (standards, dispositifs) serait justifiée par la nature coûteuse du changement de la « matrice institutionnelle » qui les a générés. Cette même logique s'applique in fine à l'environnement des affaires. Pour les agents économiques, « changer signifie perdre les amortissements et les rendements croissants des investissements de départ » (Palier, 2010, 412). Ces investissements, qu'ils ont endossé pour adopter les normes produites par l'environnement institutionnel, en assurent ainsi la persistance dans le temps malgré un éventuel coût de maladaptation.

## **Conclusion**

En parcourant les arguments présentés ci-dessus en sens inverse, on peut conclure sur l'imbrication des trois échelles d'analyse : l'environnement scientifique, institutionnel et des affaires courants.

Le premier définit le champs des problèmes par la définition de la théorie qui est censée les expliquer et les résoudre. Cet ensemble d'éléments est constitutif de ce que Kuhn appelle le paradigme scientifique (ou matrice disciplinaire). Chaque paradigme scientifique a pour avantage de définir en quoi consiste l'explication rationnelle des phénomènes qu'elle observe, et pour limite d'ignorer ou de ne pas comprendre les problèmes qui ne relèvent pas de la théorie dominante. Ces problèmes sont alors classés au rang de simples anomalies.

Les institutions (politiques, sociales, économiques) se meuvent à leur tour à l'intérieur du paradigme scientifique dominant, ou du moins dans la même vision du monde que le monde scientifique produit<sup>10</sup>, en promouvant des normes qui soient compatibles avec les connaissances scientifiques courantes, et qui de ce fait soient perçues par la communauté comme rationnelles et donc nécessaires. Conformément à North (1990), ces normes permettent certes la réduction de l'incertitude et des coûts de transaction, mais exclusivement de celle incertitude et de ceux coûts de transaction que les normes, générées par l'environnement institutionnel, ont identifié et encadré. L'environnement institutionnel, comme le paradigme scientifique, a pour limite d'ignorer ou de ne pas comprendre les problèmes qui ne relèvent pas de la théorie dominante. Tout phénomène venant interroger le bien fondé de la norme en vigueur, risque ainsi de se voir targué d'irrationnel ou d'exception.

Les agents économiques, s'organisent à leur tour dans le cadre de l'environnement institutionnel, ce cadre qui définit ce qui est possible de faire de ce qui ne l'est pas. En s'organisant, (par des « arrangements institutionnels : Coase, 1937, 1961; Williamson, 1985, 1991; Ménard, 2003, 2004) ils essaient de réduire d'avantage les coûts de transaction résiduels (la part d'imprévisible) que l'environnement institutionnel n'est pas en mesure de voir et donc de faire disparaître. De ce fait, et au net de leur capacité à s'organiser, les agents économiques perçoivent les coûts qu'ils supportent comme étant essentiellement des coûts de production.

Or, l'économie institutionnelle et néo-institutionnelle, ainsi que la théorie de la dépendance de sentier, nous apprennent qu'une partie de ces coûts généralement perçus comme étant des coûts de production sont en effet des coûts de transaction et notamment de maladaptation. Une maladaptation qui dépasse la simple sphère des affaires économiques courants et qui remonte à l'étage de l'environnement institutionnel et puis à celui de la production des

---

<sup>10</sup> Rappelons que la « vision du monde » dont parle Kuhn (à savoir les « principes métaphysiques généraux ») est le premier élément constitutif de la matrice disciplinaire, tout comme chez North (2005), l'un des éléments constitutifs de la matrice institutionnelle, est l'ensemble des « croyances dominantes ».

connaissances scientifiques. L'histoire ainsi que les implications de la NIMP 15, dont nous avons parlé ici, nous paraissent être un formidable exemple de cette imbrication.

## Bibliography

- Arthur, W. B. (1984), *Increasing returns and path dependence in the economy*, University of Michigan Press.
- Arthur, W. B. (1989), 'Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events', *The economic journal*, 99(394), 116-131.
- Arthur, W. B. (1990), 'Positive feedbacks in the economy', *Scientific American*, 262(2), 92-99.
- Baker, A. C. (1939), 'The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States'. *USDA Circular*, 551.
- Beghin, J.C. and Bureau J.-C. (2002), 'Quantitative Policy Analysis of Sanitary, Phytosanitary and Technical Barriers to Trade', *International Economics*, 87, 107-130.
- Bliss, C. I. (1934), 'The method of probits', *Science*, 79, 38-39.
- Fisher, R. A. (1935), 'The case of zero survivors in probit assays', *Annals of Applied Biology*, 22(1), 164-165.
- Castonguay, S. (2005), 'Biorégionalisme, commerce agricole et propagation des insectes nuisibles et des maladies végétales: les conventions internationales phytopathologiques, 1878-1929', *Ruralia. Sciences sociales et mondes ruraux contemporains*, (16/17).
- Coase, R. H. (1937), 'The nature of the firm', *Economica*, 4(16), 386-405.
- Coase, R. H. (1960), 'The problem of social cost', in *Classic papers in natural resource economics* (pp. 87-137), London: Palgrave Macmillan.
- Couey, H., & Chew, V. (1986), 'Confidence limits and sample size in quarantine research', *Journal of Economic Entomology*, 79(4), 887-890.
- David, P. A. (1985), 'Clio and the Economics of QWERTY', *The American economic review*, 75(2), 332-337.
- Disdier, A. C., and Mayer, T. (2007), 'Je t'aime, moi non plus: Bilateral opinions and international trade', *European Journal of Political Economy*, 23(4), 1140-1159.
- Disdier, A. C., Fontagné, L., & 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.
- Donnelly, P. (2009), 'Focusing on Process and History - Path Dependence', in J. Hogan, P. Dolan and P. Donnelly (eds), *Approaches to Qualitative Research: Theory and Its Practical Application*, pp.125-150, Cork: Oak Tree Press.
- Duprez, M. (1976), 'La palette en bois structure de production et marché', *Economie et Forêt*, 28(1), 65-67.
- FCBA, (2012), "La palette bois affiche son profil environnemental : une démarche professionnelle responsable", FCBA-Sypal, Novembre 2012, pp.4.
- Ferrier, P. (2010), 'Irradiation as a quarantine treatment', *Food Policy*, 35(6), 548-555.
- Fleming, M., Hoover, K., Janowiak, J., Fang, Y., Wang, X., Liu, W., ... and Roy, R. (2003), 'Microwave irradiation of solid wood packing material to destroy the Asian longhorned beetle', *Forest Products Journal*, 53(1), 46-51.
- Fleming, M., Hoover, K., Morewood, D., Kimmel, J., & Janowiak, J. (2005), 'Efficacy of Microwave Irradiation of Wood Pallet Materials for Eradication of Pinewood Nematode and Wood-boring Insects', In Gottschalk, Kurt W., (eds). *Proceedings, 16th US Department of Agriculture interagency research forum on gypsy moth and other invasive species 2005*, p. 44, US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.
- Follett, P. A., and McQuate, G. T. (2001), 'Accelerated development of quarantine treatments for insects on poor hosts', *Journal of economic entomology*, 94(5), 1005-1011.

- Follett, P. A., and Neven, L. G. (2006), ‘Current trends in quarantine entomology’, *Annual Review of Entomology*, 51, 359-385.
- Gerber, N., Horvath, L., Araman, P., and Gething, B. (2020), ‘Investigation of New and Recovered Wood Shipping Platforms in the United States’, *BioResources*, 15(2), 2818-2838.
- Griffin, R. L. (2013), ‘Phytosanitary Security Based on a Probit 9 Treatment Standard’, in *Proceeding of CPM Special topic or Scientific Session*, IPPC, <https://www.ippc.int/en/publications/83624/>.
- Haack, R. A., Uzunovic, A., Hoover, K., & Cook, J. A. (2011), ‘Seeking alternatives to probit 9 when developing treatments for wood packaging materials under ISPM No. 15’, *Eppo Bulletin*, 41(1), 39-45.
- Henin, J. M., Jourez, B., & Hebert, J. (2019), ‘Le traitement phytosanitaire du bois dans le cadre de la prévention des invasions biologiques’, *Forêt. Nature*, 151, 46-58.
- Hoover, K., Uzunovic, A., Gething, B., Dale, A., Leung, K., Ostiguy, N., and Janowiak, J. J. (2010), ‘Lethal temperature for pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in infested wood using microwave energy’, *Journal of Nematology*, 42(2), 101.
- IPPC, (2008), ‘TPFQ Report’, 02-06 July 2007, Moscow, Russia: <https://www.ippc.int/en/publications/1192/>.
- IPPC, (2010), ‘TPPT Report’, 26-30 July 2010, Kyoto, Japan: <https://www.ippc.int/en/publications/1210/>.
- IPPC, (2013), ‘CMP Report de l’Huitième session de la commission des mesures phytosanitaires’, 08-12 Avril 2013, Rome, Italy: <https://www.ippc.int/en/cpm-2013/>.
- Jenkins, P. (1996), ‘Free trade and exotic species introductions’, *Conservation Biology*, 10(1), 300-302.
- Kuhn, T. S. (1957), *The Copernican revolution: Planetary astronomy in the development of Western thought*, Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press.
- Lallemand, H. (2004), ‘La NIMP 15 débarque dans le droit Français’, *Bois Magazine*, 34, 5-7.
- Liquido, N.J., Griffin R. L. and Vick, K. W. (1997), ‘Quarantine security for commodities: current approaches and potential strategies’, in *Proceedings of joint workshops of the Agricultural Research Service and Animal Plant Health Inspection Service*, 5-9 June and 31 July - 4 August 1995, USDA-ARS 1996-04.
- Lubello, P., and Codron, J. M. (2020), ‘In-transit cold treatment: a case of institutional path dependence’, *Journal of Institutional Economics*, 16(4), 463-479.
- Marette, S. and Beghin, J. (2010), ‘Are Standards Always Protectionist?’, *Review of International Economics* 18(1), 179-192.
- Ménard, C. (2003), ‘L’approche néo-institutionnelle: des concepts, une méthode, des résultats’, *Cahiers d’Economie Politique*, 44, 103-118.
- Ménard, C. (2004), ‘The economics of hybrid organizations’, *Journal of Institutional and Theoretical Economics JITE*, 160(3), 345-376.
- North, D.C. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press.
- North, D. C. (2005), ‘Institutions and the process of economic change’, *Management International*, 9(3), 1.
- Schortemeyer, M., Thomas, K., Haack, R. A., Uzunovic, A., Hoover, K., Simpson, J. A., and Grgurinovic, C. A. (2011), ‘Appropriateness of probit-9 in the development of quarantine treatments for timber and timber commodities’, *Journal of economic entomology*, 104(3), 717-731.
- Sousa, E., L. Bonifácio, P. Naves, M. Lurdes Silva Inácio, J. Henriques, M. Mota, P. Barbosa, M. Espada, T. Wontner-Smith, S. Cardew, M. J. Drinkall, S. Buckley and E. M.

- Thoms, (2010), 'Studies to validate the proposed fumigation schedules of Sulfuryl fluoride for inclusion in ISPM 15 for the eradication of pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) from wood packaging material'. *Unpublished Report*.
- Tang, Y. (2012), 'Current status of usage and production of pallet in China', <https://slideplayer.com/slide/1417868/>.
- Uzunovic, A. (2013), 'Evaluation criteria for phytosanitary treatments of wood packaging', in *Proceeding of CPM Special topic or Scientific Session*, IPPC, <https://www.ippc.int/fr/publications/83623/>.
- Whattam, M., Clover, G., Firko, M., and Kalaris, T. (2014). 'The biosecurity continuum and trade: border operations', in Gordh G. and McKirdy, S. (eds), *The Handbook of Plant Biosecurity* (pp. 149-188). Springer, Dordrecht.
- Williamson, O. E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, , New York: Free Press.
- Williamson, O. E. (1991), 'Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives', *Administrative science quarterly*, 269-296.
- WTO, (1998), 'Japon - Mesures visant les produits agricoles : rapport du groupe spécial', Document WT/DS76/R, pp. 191.
- Zepeda, C., Salman, M., & Ruppanner, R. (2001), 'International trade, animal health and veterinary epidemiology: challenges and opportunities', *Preventive Veterinary Medicine*, 48(4), 261-271.