

Des pommiers transgéniques pour lutter contre la tavelure ? Analyse systémique

Gaëtan Vanloqueren¹, Philippe V. Baret

Le secteur fruitier belge n'a pas encore été confronté directement aux « OGM », jusqu'ici concentrés sur quelques grandes cultures (coton, maïs, soja et colza). Pourtant, des projets d'arbres fruitiers transgéniques sont en cours dans différents laboratoires. En 2002, un centre de recherche hollandais déposait d'ailleurs en Belgique une demande officielle d'autorisation pour un verger expérimental de pommiers transgéniques résistants à la tavelure. Cette demande a été le point de départ d'une recherche sur la « pertinence » agronomique et socio-économique de tels pommiers.

En Europe, l'évaluation réglementaire des plantes transgéniques est basée sur le contrôle de leurs risques éventuels : potentiels effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Les plantes transgéniques dont la commercialisation est acceptée sont donc présumées exemptes de tels risques, même si chacun sait que cette question reste très controversée. Le manque d'études sur les impacts à long terme sur la santé humaine et sur l'environnement a par exemple amené de nombreuses organisations à demander la poursuite du moratoire sur les cultures de plantes transgéniques en champ.

Nous nous sommes penchés sur une autre question : en dehors des risques éventuels, les plantes transgéniques sont-elles une innovation scientifique « pertinente » ? Nous entendons « *pertinence* » au sens de la capacité de ces innovations à résoudre les problèmes techniques ou socio-économiques, actuels ou futurs, sans en créer de nouveaux. Peut-on évaluer leurs avantages et inconvénients, sur les plans agronomiques et socio-économiques ? Actuellement, peu de méthodes globales permettent d'apporter des réponses claires à ces questions. Pour démarrer cette recherche, nous nous sommes donc intéressés à un cas bien précis afin de pouvoir l'explorer en profondeur et comprendre si une telle évaluation était possible. Le cas d'un pommier transgénique résistant à la tavelure, dossier arrivé sur la table de la Ministre fédérale de l'Environnement en 2002, a été choisi.

Pommiers transgéniques et analyse systémique

Les pommiers étudiés sont le fruit des travaux de Plant Research International (PRI), un centre de recherche hollandais actif à la fois dans les biotechnologies et dans l'amélioration du pommier. Leurs chercheurs ont inséré un gène responsable de la production d'hordothionine (une protéine antimicrobienne découverte dans l'orge) au sein du génome de pommiers de variété Elstar (variétés dont ils sont propriétaires), Gala et Santana. D'autres pommiers transgéniques sont basés sur des peptides antimicrobiens provenant d'oignons, de champignons ou de céréales (Information Systems for Biotechnology, 2004). L'objectif est d'accroître la résistance aux maladies cryptogamiques, principalement la tavelure et ainsi de diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires (Plant Research International, 2001).

La tavelure, causée par le champignon *Venturia inaequalis*, affecte l'aspect extérieur des fruits -les rendant invendables-, peut entraîner la chute des feuilles et affaiblir l'arbre. Dix à vingt traitements fongiques par an (Lespinasse et al., 1999 ; Sandskar, 2003) sont nécessaires pour protéger le verger, soit soixante pourcents des traitements appliqués au verger. Ces fongicides posent un certain nombre de problèmes d'importance variable : ils sont coûteux et sont suspectés d'être à la source de problèmes environnementaux et de santé humaine. Ils sont remis en question par un nombre croissant de consommateurs qui souhaitent une agriculture moins intensive en intrants chimiques (Penrose, 1995 ; Collet, 2003).

¹ Université catholique de Louvain (UCL), Faculté AGRO, Unité de Génétique. Croix du Sud 2 bte 14, 1348 Louvain-la-Neuve vanloqueren@gena.ucl.ac.be

Le pommier transgénique, en soulevant la question de l'utilisation intensive de fongicides de synthèse est donc à priori susceptible de pouvoir rallier tant les producteurs que les consommateurs. Mais comment en évaluer la pertinence de manière prospective ? En l'absence de vergers commerciaux ou expérimentaux, il était impossible de mettre en œuvre une étude agronomique traditionnelle à partir des résultats réels des pommiers transgéniques. De plus, même si de tels vergers expérimentaux existaient, les conditions de production y sont différentes de celles des vergers commerciaux. Nous avons donc dû innover.

La systémique

La systémique s'est développée face à la nécessité d'étudier la complexité croissante des ensembles qui nous entourent. Les approches systémiques ont pour objectif d'étudier les parties d'un système et leurs interactions plutôt que de se concentrer sur une seule partie isolée (Checkland, 1981). La systémique trouve ses applications dans l'étude des systèmes vivants et sociaux. Appliquée en agronomie, elle intègre les aspects biologiques, sociaux et organisationnels ou institutionnels de l'agriculture, afin de comprendre et d'améliorer le système entier (Ison et al, 1997). Elle se concrétise par une série de principes à mettre en œuvre plutôt que par un protocole précis.

Ici, le système étudié n'existe pas de manière explicite : il est constitué par les différents acteurs de la filière fruitière, principalement ceux qui jouent un rôle direct ou indirect par rapport à la tavelure.

Notre approche systémique (voir encadré) se concentre autant sur le problème pour lequel la plante transgénique a été créée que sur l'innovation transgénique en elle-même. Pour cela, une vingtaine d'acteurs de la filière de la pomme (des producteurs, pépiniéristes, conseillers techniques, chercheurs, directeurs de criées,...) ont interviewés en 2003. L'enquête s'est faite dans les régions fruitières intensives de Belgique (Limbourg, Liège...). Le travail consistait essentiellement à faire une synthèse des éléments de réponse, chaque acteur n'en disposant que d'une partie, et à tirer profit du recul que nous permettait notre non-implication dans la recherche en arboriculture fruitière. Les résultats de ces multiples entretiens ont ensuite été combinés avec différentes données sur les pratiques du secteur et avec une revue de la littérature scientifique sur la question.

L'échec des variétés résistantes non-transgéniques

Une première étape de notre recherche s'est intéressée aux variétés résistantes existant actuellement. Etant donné qu'elles ont la même propriété que les pommiers transgéniques en développement, une compréhension des raisons de leur échec commercial était nécessaire.

Notre enquête a pu démontrer que l'échec commercial actuel des variétés résistantes était dû à une douzaine de facteurs, agissant aux différents niveaux, du producteur au supermarché, et non à un déficit sur le plan de la qualité. Les résultats de cette première étape sont présentés dans un premier article dans ce numéro.

Atouts, inconvénients et obstacles aux pommiers transgéniques

La résistance à la tavelure n'est pas une caractéristique neuve en fruiticulture : des variétés résistantes existent déjà. L'atout de variétés génétiquement modifiées est en fait de transformer des variétés déjà renommées sur le plan commercial (Gala, Elstar,...) pour en faire des variétés *résistantes et acceptées par le marché* (par la criée, le distributeur, le consommateur). Les avantages des variétés transgéniques sont donc de contourner certains des principaux obstacles, notamment ceux liés au fonctionnement du marché, qui empêchent le développement des variétés résistantes conventionnelles.

Malgré ce relatif avantage, des pommiers transgéniques de Plant Research International restent aujourd'hui un objet d'étude et ne seront probablement pas commercialisés prochainement. Les variétés transgéniques ont en effet, comme les variétés résistantes (voir tableau I du premier article), elles aussi plusieurs obstacles à surmonter, tant techniques que socio-économiques.

Les deux premiers obstacles sont réglementaires et socio-économiques. Les promoteurs de pommiers transgéniques ont un premier obstacle spécifique à surmonter : la difficulté à obtenir des autorisations pour faire leurs essais en plein champs. La demande de PRI a essuyé deux refus, celui des Pays Bas et de la Belgique (Minister van Consumentenzaken, Volksgezondheid en Leefmilieu, 2002) avant d'être finalement acceptée par les Pays-Bas. D'autres essais ont été refusés en Allemagne (Gentech-News, 2003).

Le second obstacle aux pommiers transgéniques est le rapport direct du consommateur à l'aliment et sa dimension culturelle (pomme à croquer, santé, jus de pomme,...). Dans d'autres cas (maïs, colza, betterave,...), ce rapport n'est que très indirect : l'ingestion de maïs ou de soja est diffusée dans de nombreux aliments transformés. Il est donc probable que la commercialisation de tels fruits transgéniques cristallise l'opposition des consommateurs et qu'aucun acteur privé ne soit prêt à promouvoir leur commercialisation.

Enfin, les pommiers transgéniques ont plusieurs inconvénients techniques. D'abord, la résistance à la tavelure obtenue par les chercheurs PRI n'est que partielle. Les essais en serres concluaient à une réduction de l'incidence de la tavelure de l'ordre de 50% (PRI, 2001), soit une efficacité moindre que celle, prouvée en conditions réelles, des meilleures variétés résistantes non-transgéniques (jusqu'à 76% du nombre de traitements) (Parisi et al, 1995). Cette résistance pourrait également s'avérer non durable. Il est en effet possible que la résistance soit contournée un jour par une souche s'adaptant au nouveau mécanisme, comme cela a été le cas pour *Vf*. Les promoteurs du projet se défendent d'une telle possibilité, étant donné la spécificité du mécanisme d'action du pommier transgénique. En l'absence d'expérience sur ces innovations, c'est l'incertitude qui est cependant de mise. La transgénèse permettrait par contre d'ajouter des gènes de résistances, comme celui produisant l'hordothionine, au gène *Vf*, afin de construire des variétés à résistance polygénique, une résistance efficace et durable.

Peu de données permettent également d'avoir des réponses claires par rapport aux autres types de risques potentiels : diffusion des transgènes dans l'environnement, toxicité liée à la production d'une protéine non naturellement présentes dans le fruit, effets sur des organismes non-cibles, instabilité de l'expression du transgène (Genetic Engineering Newsletter, 2002).

Finalement, selon les réglementations existantes, la filière devra mettre en place des règles garantissant la séparation et la coexistence des filières conventionnelles et transgéniques, ce qui multipliera les contraintes et les coûts.

Les innovations scientifiques face à la tavelure sont multiples

Étant donné cet éloignement de la commercialisation des pommiers transgéniques résistants, il semble pertinent d'ouvrir l'évaluation des pommiers transgéniques aux autres innovations scientifiques. Les pommiers transgéniques seront -peut-être- une solution parmi d'autres. Il convient de recenser les autres stratégies ou innovations qui permettent aujourd'hui -ou pourraient permettre demain- d'atteindre le même objectif que les pommiers transgéniques, c'est-à-dire la réduction de l'utilisation de fongicides chimiques.

Notre recherche a permis d'en recenser une vingtaine. Elles agissent à quatre niveaux : sur le champignon, sur l'arbre, sur le verger ou sur le marché. Pour mieux les caractériser, nous avons choisi de les séparer en « *stratégies actuelles de lutte et de prévention* » qui existent aujourd'hui et en « *voies d'innovation futures* » sur lesquelles des équipes de recherche travaillent, mais dont les résultats ne sont pas encore applicables en verger commercial. Certaines pratiques actuelles mais marginales ont été considérées comme des voies d'innovation.

Les stratégies (Tableau II) sont bien connues et font régulièrement l'objet de publications. Nous ne les aborderons donc pas plus en profondeur. Il est cependant utile de noter deux éléments importants à leur sujet. Le premier est la présence de **possibilités d'améliorations** au sein de chacune d'entre elles (par exemple, l'amélioration des pulvérisateurs pour diminuer les pertes de phytosanitaires).

Le second est la **diffusion des meilleures stratégies**. En effet, la meilleure pratique n'est utile que si elle est appliquée par une majorité de producteurs. Dans ce domaine, il semble que de réels efforts pourraient être faits par les producteurs conventionnels pour utiliser au mieux certaines pratiques jusqu'ici utilisées principalement en arboriculture biologique (la réduction de l'inoculum par exemple).

Tableau II : Les stratégies actuelles de lutte et de prévention. Les deux principaux modes de production (conventionnel et biologique) font appel à des stratégies différentes.

Arboriculture conventionnelle	Utilisation de fongicides en fonction d'un système d'alerte + pulvérisateurs améliorés (recyclage des produits phytos s'écoulant de l'arbre)
Arboriculture biologique	Utilisation de solutions minérales de Cu et S. + réduction de l'inoculum (récolte et destruction des feuilles au printemps et application d'urée) + éviter la surfertilisation

En ce qui concerne les grandes voies d'innovation, il en existe plusieurs si l'on se situe à un horizon plus lointain (2005-2020). A côté du génie génétique, il y a l'amélioration moderne (sélection assistée par marqueurs) mais aussi les multiples possibilités regroupées sous le terme de génie agro-écologique (Tableau III). Enfin, à côté des ces innovations scientifiques, il y a aussi des innovations « institutionnelles ou organisationnelles » qui stimulent le développement de certaines innovations scientifiques, comme les variétés résistantes.

Tableau III : Les voies d'innovation futures par rapport à la tavelure. Génie génétique, sélection assistée par marqueurs, multiples possibilités d'applications des principes agro-écologiques peuvent peut-être permettent de résoudre à terme le problème de la tavelure.

Génie génétique	Transformation génétique de variétés sensibles (ajout de gènes de résistance) ou de variétés résistantes (ajout de transgènes pour résistances multiples)
Amélioration moderne	Amélioration sélectionnée par marqueurs (création de variétés polygéniques par croisements classiques mais avec l'aide d'outils modernes)
Génie agro-écologique	Eliciteurs de résistance systémique induite (applications sur les vergers)
	Champignons antagonistes (prédateurs)
	Fongicides organiques (extraits de plantes)
	Vergers plus aérés (espace interlignes et entre les arbres)
	Haies interlignes (barrières contre la dispersion des conidies)
	Vergers multi-variétés (choisis pour réduire la pression des maladies)
	Vergers multi-fruits (pommes, poires, cerises,...)
Vergers hautes-tiges, pré-vergers, agro-foresterie	
Innovations institutionnelles /organisationnelles	Normes minimales de résistance pour l'inscription au catalogue des variétés
	Amélioration des systèmes d'alertes (inclure les facteurs biologiques)
	Encouragement de la commercialisation des variétés résistantes et des vieilles variétés (filières de qualité différenciée, ...)
	Encouragement de la vente directe (qui permet une diversification du verger et la promotion de variétés moins connues, résistantes par exemple)

Il est à noter qu'aucune personne rencontrée n'a pu citer l'ensemble de ces voies d'innovation. Généralement, une ou deux voies alternatives aux fongicides de synthèse et au génie génétique était citée, sans plus. Aucune publication scientifique n'adoptait un point de vue aussi complet. La richesse du tableau ci-dessus démontre l'intérêt de l'approche systémique qui permet de construire sur les compétences et richesses de chacun ainsi que sur les données présentes dans la littérature.

Dans un premier temps, il nous a semblé utile de mettre de côté la question de la faisabilité technique, socio-économique et politique des différentes innovations, qui est très hétérogène. A priori, la création de pommiers contenant des gènes de résistance provenant d'une céréale aurait pu sembler difficilement réalisable tant en termes techniques qu'en termes économiques et politiques. Pourtant, c'est une option réelle aujourd'hui. De même, rien ne permet d'affirmer à priori que certaines stratégies et innovations, séparément ou en synergie, ne permettraient pas d'atteindre le

même niveau de protection des fruits si des efforts sont mis en œuvre pour en assurer le développement. Nous n'avons en conséquence éliminé aucune stratégie : ni celles qui ont un faible potentiel de réduction du problème (p.ex. éviter la surfertilisation) ni celles, non abouties, qui demanderaient des investissements de recherche plus poussés (les agents éliciteurs de résistance systémique induite) ou nécessiteraient une rénovation plus globale de la filière (vergers polyvariétaux mixtes). Différentes études ont déjà permis d'identifier et caractériser certaines de ces stratégies (Penrose, 1995 ; Reganold et al, 2001 ; Lateur, 2002).

Dans le verger, ces voies d'innovation sont complémentaires. Une combinaison de plusieurs de ces alternatives aux fongicides de synthèse pourrait être une option réellement efficace à long-terme et s'inscrire dans le cadre de systèmes agro-écologiques (Altieri, 1996) et d'une « approche systémique totale pour une gestion durable des pathogènes », comme préconisé par Lewis (1997).

Au stade de la recherche, ces innovations sont par contre en concurrence, étant donné que les budgets de recherche sont des budgets « en enveloppe fermée ». Au stade fondamental, toute recherche peut à priori être utile à plusieurs voies d'innovation. Ce n'est pas le cas de la recherche appliquée, où toute recherche sur une voie d'innovation diminue les possibilités de recherche sur une autre voie.

Certaines disciplines scientifiques ont mobilisé ou mobilisent toujours davantage les énergies des chercheurs et les programmes de recherche. Pendant longtemps, la chimie de synthèse a reçu les préférences des budgets de recherche publics : des acteurs privés sont aujourd'hui devenus autonomes dans le développement de produits dans ce domaine. Aujourd'hui, la génétique et la biologie moléculaire sont fort valorisées dans les communautés scientifiques et orientent une majeure partie de l'innovation scientifique. Certaines voies d'innovation sont également plus aptes à attirer l'intérêt des firmes privées, de par leur capacité –ou non- à générer des profits (brevetabilité des produits, ...). Ceci explique que certaines voies d'innovation (chimie, génie génétique) aient bénéficié de davantage d'efforts de recherche publics et privés que d'autres (celles basées sur les principes de l'agro-écologie, notamment). Ces dernières sont en conséquence moins bien développées aujourd'hui.

Enfin, certaines de ces innovations scientifiques se développeront surtout si elles bénéficient de la présence en parallèle d'innovations sur le plan de l'organisation du marché. Les variétés résistantes seront par exemple favorisées par l'adoption de normes minimales de résistance strictes pour l'inscription au catalogue ou par un soutien public à la vente directe ([voir autre article dans ce numéro](#)). Les innovations techniques et institutionnelles gagnent donc à être combinées tout au long de la filière, jusqu'au consommateur (Collet, 2003).

Conclusions et perspectives 2005-2020

Les résultats de notre analyse systémique, présentés dans ces deux articles, sont essentiellement qualitatifs. Ils peuvent être utiles à ceux qui s'intéressent au fonctionnement des filières, à la résolution des problèmes techniques à long terme ou à ceux qui agissent dans la recherche.

Partir du problème initial et des objectifs

L'analyse systémique du pommier transgénique et de sa pertinence soulève d'abord la question « *Comment résoudre un problème technique (dans le verger, le champ) ?* ». L'approche systémique permet en effet de faire émerger les nombreux enjeux concernés par un problème technique particulier du verger et les multiples pratiques ou innovations qui permettent de résoudre ce problème. Ensuite, l'analyse soulève la question « *Quels sont nos objectifs en matière d'arboriculture ?* ». Dans le cas étudié, cet objectif est clair : une diminution de l'utilisation des fongicides de synthèse.

Les objectifs d'autres plantes transgéniques le sont-ils tout autant ? Ces objectifs sont-ils clairs et en adéquation avec les objectifs publics (développement durable, emploi, revenu des producteurs...) ? Quels sont les enjeux techniques et socio-économiques des pommiers transgéniques à mûrissement

retardé, à brunissement retardé, résistants aux insectes ou à port colonnaire ? Participent-ils à résoudre les problèmes de l'arboriculture fruitière ? S'insèrent-ils dans la création de filières agro-alimentaires, de modes de production et de consommation plus durables ? Une enquête détaillée cas par cas permettrait d'avoir une meilleure image de la pertinence agronomique et socio-économique de ces plantes transgéniques.

En ce qui concerne notre cas précis, les responsables publics qui ont pour objectif de réduire l'utilisation de fongicides de synthèse se trouvent face à trois grandes solutions pour orienter leurs décisions. La première est d'attendre que les meilleures variétés résistantes conventionnelles surmontent l'ensemble des obstacles identifiés (voir autre article dans ce numéro) et induisent la diminution de pesticides souhaitée. La seconde est d'attendre la création de variétés transgéniques résistantes et d'espérer que le consommateur les accepte. Une troisième solution est de promouvoir et investir dans une rénovation progressive des vergers, des variétés, du marché et de la recherche agronomique pour favoriser un ensemble plus large de pratiques techniques et socio-économiques qui concourent à la lutte contre la tavelure et dont nous n'avons qu'ébauché certains traits. Cette stratégie, qui semble agronomiquement séduisante, ne peut bien sûr s'envisager qu'à long terme (2005-2020). Elle demande des partenariats forts entre acteurs de la filière, consommateurs, chercheurs et pouvoirs publics.

Evaluer la pertinence des innovations

Si l'on accepte que les plantes transgéniques -ou d'autres innovations scientifiques- ne soulèvent pas que des questions techniques tels les risques de biosécurité, il est alors concevable que l'évaluation et la régulation publique de celles-ci puisse prendre en compte d'autres dimensions. L'évaluation doit prendre en compte à la fois le contexte, les aspects socio-économiques et la comparaison avec les autres innovations concourant au même objectif. Pour cela, il y aurait lieu de mener une réelle étude comparative, en tenant compte de l'efficacité de chaque stratégie/innovation, de ses avantages et inconvénients, des progrès accumulés et du potentiel attendu, des obstacles techniques et socio-économiques au développement de chacune et également des efforts de recherche consacrés à chaque stratégie. On pourrait ainsi évaluer la contribution que chaque stratégie peut avoir dans l'objectif général.

L'approche systémique que nous avons mise en œuvre constitue un premier pas pour identifier et évaluer les multiples enjeux liés au développement d'une plante transgénique. Ce premier pas permettra ensuite de construire une méthode d'évaluation de la pertinence agronomique et socio-économique des plantes transgéniques, comparativement à d'autres scénarios. Bien que ce nouveau mode d'évaluation que nous cherchons à concrétiser ne soit pas encore opérationnel, des propositions ont été ébauchées (Vanloqueren et Baret, 2004). Elles consistent à définir les conditions d'une telle évaluation (définition des scénarios à évaluer, des critères d'évaluation, etc.), ce qui implique de trouver un juste équilibre entre les atouts et les limites de l'expertise scientifique et d'une démarche participative avec les parties prenantes du problème concerné (Bertrand et al, 2002 ; Mayer and Stirling 2002)

Cette vision du progrès scientifique « multiple » signifie également que, une fois que les chercheurs ont produit des découvertes scientifiques et donné leur expertise, les parties prenantes (producteurs, consommateurs, autorités, groupements d'intérêt public,...) peuvent également prendre part au débat et aux choix collectifs. Les pouvoirs publics pourraient également décider de stimuler la recherche et le développement des innovations qui sont sous-investies par le privé. Cela donnerait davantage de crédibilité à l'autorisation des éventuels essais d'une innovation controversée (si ceux-ci n'ont pas de risques de biosécurité) : un premier pas vers des relations plus équilibrées entre science et société, entre chercheurs, producteurs, consommateurs et citoyens.

Les enjeux techniques étant entremêlés avec les enjeux socio-économiques, l'apport des sciences humaines à la compréhension de ces enjeux techniques est essentiel (Collet et Mormont, 2003).

Il serait également utile d'évaluer la pertinence et la possibilité d'agir sur les facteurs de non développement de certaines innovations, comme les variétés résistantes existantes aujourd'hui, pour stimuler leur développement commercial.

Enfin, il est évident que les pommiers transgéniques ne résolvent pas les problèmes centraux de l'arboriculture fruitière, telles que la surproduction en Europe et demain dans le monde (Minist. Cl. Moy. et de l'Agriculture, 2000) ; les prix bas et l'instabilité liées aux crises variétales. Ce n'est d'ailleurs pas leur objectif. Il faut donc rendre la place qui leur revient aux innovations « institutionnelles » (innovations économiques et socio-politiques, l'organisation de marché et ses règles par exemple) et évaluer parallèlement la capacité de celles-ci à résoudre durablement ces problèmes cruciaux, en harmonie avec les innovations technologiques.

Remarque :

Une version approfondie de cet article a été originalement publiée antérieurement dans *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA* (52), septembre 2004.

Remerciements :

A l'ensemble des personnes qui ont participé à l'enquête, à François Mélard (Unité Socio-Economie-Environnement-Développement, Département Sciences et Gestion de l'environnement de l'Université de Liège) et Claude Bragard (Unité de Phytopathologie, Université catholique de Louvain) pour leurs commentaires .

Références bibliographiques

- Altieri, M. (1995) *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. 2nd edition. Westview Press, Boulder, 433 p.
- Bertrand, A., Marris, C. et Joly, P. B. (2002) Co-construction d'un programme de recherche : une expérience pilote sur les vignes transgéniques. Méthodologie pour l'élaboration d'un dispositif de co-construction, INRA-STEPE, 13p.
- Checkland, P.B. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley and Sons, New York.
- Collet, E. (2003) *Signification, direction et portée d'une pratique de production intégrée : le cas du Groupement des Arboriculteurs pratiquant en Wallonie les techniques Intégrées*. Thèse pour l'obtention de docteur en Sciences de l'Environnement, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, pp 31-79.
- Collet, E., et Mormont, M. (2003) Managing pests, consumers, and commitments: the case of apple growers and pear growers in Belgium's Lower Meuse region. *Environment and Planning A*. 35:413-427.
- Genetic Engineering Newsletter (2002) Transgenic plants in viticulture and fruit growing. Special Issue 9/10 (October 2002) Oiko-Institut e.V.- Institute for Applied Ecology. 14 pp.
- Information Systems for Biotechnology (2004) Field Test Releases in the U.S. <http://www.nbiap.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm>, accessed 16/05/2004.
- Ison, R.L., Maiteny, P.T., et Carr, S. (1997). Systems methodologies for sustainable natural resources research and development. *Agricultural Systems* 55:257-272.
- Lateur, M. (2002) Perspectives de lutte contre les maladies des arbres fruitiers à pépin au moyen de substances naturelles inductrices d'une résistance systémique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* (6) 2 : 67-77
- Lespinasse et al. (1999) D.A.R.E., un projet européen coordonné par l'INRA d'Angers, *Phytoma - La défense des Végétaux*, n°514, mars 1999, 23-26.
- Lewis W.J., Van Tereren J.C., et S.C.Phatak. (1997). A total system approach to sustainable pest management. *Proc Natl Acad Sci* 94:12243-12248.
- Mayer, S. , Stirling, A. (2002) Finding a Precautionary Approach to Technological Developments - Lessons for the Evaluation of GM Crops. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15(1): 57-71.
- Minister van Consumentenzaken, Volksgezondheid en Leefmilieu (2002) Kennisgeving B/BE/O2/V1 –weigering van toelating. Lettre à F. Krens (Plant Research International).
- Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture (2000) Comment notre horticulture peut-elle survivre dans l'évolution galopante actuelle ? ». Administration de la Politique agricole, 20p.
- Parisi, L., Orts, R., Rivenez-Damboise, M.O., Lefeuvre, M., Lagarde, M.P. (1995) Protection intégrée du verger de pommiers en l'an 2000. Tavelure et oïdium : variétés résistantes et lutte raisonnée, *Arboriculture fruitière* 486, 25-29.
- Penrose, L.J. (1995). Fungicide Use Reduction in Apple Production - Potentials Or Pipe Dreams. *Agriculture Ecosystems & Environment* 53:231-242.
- Plant Research International (2001) Fiche d'information destinée au public. Essais de pommiers génétiquement modifiés présentant une meilleure résistance aux champignons phytopathogènes. Note d'identification du dossier d'identification B/BE/02/V1. 10 pp
- Reganold, J.P., Glover, J.D. et al. (2001) Sustainability of three apple production systems. *Nature* (410), 19 April 2001, pp 926-929
- Sandskar, B. (2003) Apple Scab (*Venturia inaequalis*) and Pests in Organic Orchards. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Science, Alnarp, 39p.
- Vanloqueren, G. et Baret, P.V. (2004) Systemic « relevance » assessment of transgenic crops : bridging biotechnology regulations and sustainable development policies. *5th Congress of the European Society for Agricultural and Food Ethics (EurSafe 2004), Science, Ethics and Society*, Section 2 : Ethics and Environmental policies in agriculture and food industry, Leuven, September 2-4.