



Pommes empoisonnées

Mettre fin à la contamination
des vergers par les pesticides
grâce à l'agriculture écologique

Extraits du rapport "The Bitter Taste of Europe's Apple Production and How Ecological Solutions can Bloom"



Juin 2015

GREENPEACE

Sommaire

1	Résumé	3
2	Résultats des prélèvements effectués en France	7
	Échantillons de sol	8
	Échantillons d'eau	10
3	Gestion écologique et solutions alternatives pour lutter contre les parasites et maladies des pommiers	12
3.1	Renforcer la résilience grâce à une sélection « intelligente » : la sélection assistée par marqueurs (SAM)	14
3.2	Techniques d'agriculture écologique applicables aux pommiers et à la protection des récoltes	17
3.2.1	Prendre soin des sols	17
3.2.2	Encourager la présence d'insectes auxiliaires grâce à une bonne gestion de l'eau des sols	17
3.2.3	Favoriser les prédateurs naturels grâce à un agroécosystème stable	17
3.2.4	Mettre en place des mécanismes de surveillance pour lutter contre les parasites	18
3.2.5	La lutte biologique contre les insectes parasitaires	18
3.2.6	Compagnonnage végétal et plantes hôtes des prédateurs	18
3.2.7	Phéromones et substances semiochimiques	20
3.2.8	Insectes infectieux	20
3.2.9	L'argile kaolinite	21
3.2.10	Extraits de compost et de plantes	21
3.3	Quelles perspectives pour la culture biologique des pommes ?	23
	Références	32

1

Résumé

En Europe, la production de pommes et d'autres fruits est l'un des secteurs agricoles où l'utilisation de produits chimiques est la plus intensive. Dans le même temps, l'Europe est l'un des premiers producteurs et consommateurs de pommes au monde, et la pomme est le fruit le plus apprécié des 27 pays membres de l'Union européenne¹. Produire nos fruits avec un système agricole accro aux pesticides chimiques de synthèse n'est donc pas sans conséquences. Les impacts de l'agriculture industrielle sont nombreux, de la pollution des sols et de l'eau au déclin des abeilles et autres pollinisateurs, en passant par les effets néfastes pour la santé des agriculteurs, de leurs familles et des consommateurs. Au vu des préoccupations croissantes soulevées par l'utilisation massive de pesticides en Europe, il devient de plus en plus urgent de développer des solutions alternatives écologiques.

Ce rapport dénonce le fardeau toxique que la production industrielle de pommes nous fait porter. Il met également en avant des solutions écologiques déjà appliquées par des agriculteurs d'un bout à l'autre de l'Europe pour protéger les récoltes, sans utiliser de pesticides chimiques de synthèse.

La première partie de ce rapport présente les résultats d'analyses d'échantillons de sol et d'eau prélevés dans des vergers de pommes de 12 pays européens.

Sur les 85 échantillons prélevés au total, 53 pesticides différents ont été identifiés, et 75 % en moyenne (sol : 78 % ; eau : 72 %) contenaient des résidus d'au moins un de ces pesticides. De plus, au moins 70% des pesticides identifiés présentent une toxicité globale élevée pour la santé humaine et la faune sauvage. Les résultats de ces tests montrent que de nombreux produits chimiques sont utilisés pour cultiver les pommes en Europe et qu'ils restent dans le sol après leur application, polluant les écosystèmes. Si ces échantillons ne sont qu'un « aperçu » de la

contamination des vergers au début de la floraison, les résultats mettent en évidence la présence de nombreux pesticides dans les sols et dans l'eau des vergers européens.

Les pesticides les plus fréquemment retrouvés dans les sols étaient le boscalid (un fongicide présent dans 38 % des échantillons, avec des concentrations pouvant atteindre jusqu'à 3,6 mg/kg), le DDT (26 % des échantillons, concentrations jusqu'à 0,4 mg/kg) et le chlorpyrifos-éthyl (concentrations jusqu'à 0,26 mg/kg). Concernant les échantillons d'eau, les pesticides les plus fréquemment identifiés étaient le boscalid (40 % des prélèvements, concentrations jusqu'à 23 µg/l) et le chlorantraniliprole (40 % des prélèvements, concentrations jusqu'à 2 µg/l). Ces quatre pesticides présentent une toxicité globale très élevée.

Le nombre de pesticides le plus élevé dans les sols a été détecté en Italie (18 pesticides sur trois échantillons), en Belgique (15 pesticides sur trois échantillons) et en France (13 pesticides sur six échantillons prélevés). Concernant l'eau, c'est en Pologne que les pesticides étaient les plus nombreux (13 pesticides sur trois échantillons), puis en Slovaquie (12 pesticides sur trois échantillons) et en Italie (10 pesticides sur deux échantillons prélevés). Sur les 38 pesticides identifiés dans les échantillons d'eau, huit présentent une toxicité très élevée pour les organismes aquatiques. Un pesticide retrouvé dans les sols a une toxicité très élevée pour les vers de terre (lombrics), tandis que huit pesticides décelés dans l'ensemble des échantillons sont très toxiques pour les abeilles. Par ailleurs, 20 substances identifiées sont très persistantes, dont cinq retrouvées dans le sol ont un potentiel de lixiviation élevé. Ces propriétés dangereuses pour l'environnement renforcent la menace que font peser les pesticides toxiques sur nos écosystèmes.

1 http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual_Vienna_EU-27_10-28-2011.pdf

2 Le phénomène de lixiviation désigne le processus au cours duquel l'eau s'infiltré dans un sol pollué et se charge de matières toxiques, par exemple en pesticides, puis passe dans la nappe phréatique, dans un cours d'eau ou une nappe superficielle, par ruissellement.

Par ailleurs, sept des pesticides identifiés ne sont pas autorisés par l'Union européenne à l'heure actuelle, et leur utilisation est soumise à l'autorisation exceptionnelle des États membres. La présence de ces résidus peut être due à une ancienne utilisation de ces produits. Dans le cas de la carbendazime, les résidus retrouvés peuvent également résulter de la dégradation d'autres substances actives.

Cinq prélèvements présentaient des taux supérieurs aux normes de qualité environnementale définies pour les substances prioritaires par la Directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne. Deux échantillons dépassaient même les normes maximales (chlorpyrifos-éthyl, prélevés en Italie).

Étant donnés les cocktails de pesticides détectés aussi bien dans l'eau que dans les sols des vergers d'un bout à l'autre de l'Europe, l'ampleur du problème ne fait aucun doute. Il faut de toute urgence mettre un terme à la dépendance de la production de pommes envers les pesticides chimiques de synthèse, et développer massivement les alternatives écologiques pour lutter contre les parasites.

Dans la deuxième partie de ce rapport sont présentées des solutions écologiques pour la production de pommes,

ainsi que leur mise en œuvre pratique. Il s'agit de différentes approches visant à réduire le besoin en pesticides. Un agro-écosystème équilibré est la clé d'une production écologique de pommes où la résilience face aux parasites et maladies est renforcée, et où les organismes auxiliaires sont préservés. La fertilisation, l'aménagement des sols, les couverts végétaux et l'élagage sont autant de méthodes qui permettent d'améliorer la croissance et l'état nutritionnel des pommiers, et de diminuer directement et indirectement la vulnérabilité des arbres et des fruits aux maladies. Un agro-écosystème stable favorise les ennemis naturels des parasites (par exemple les espèces prédatrices de guêpes) en améliorant la disponibilité du pollen et du nectar. La préservation des ennemis naturels est essentielle à la lutte contre les parasites, notamment l'acarien rouge du pommier (*Panonychus ulmi*).

Le contrôle et la surveillance sont également d'une grande importance, les agents pathogènes étant tributaires de l'environnement, en particulier des conditions météorologiques. Pour lutter contre les maladies de façon opportune, la température, l'humidité et d'autres facteurs météorologiques doivent être pris en compte. La sélection assistée par marqueurs et les techniques de sélection avancées, qui permettent de générer des cultivars résistants à certaines maladies comme la tavelure du pommier, peuvent améliorer la résilience et la santé des cultures et donc réduire le besoin d'interventions chimiques, à condition d'être associées à un écosystème équilibré. D'autres méthodes intéressantes sont également abordées dans ce rapport, comme l'utilisation de prédateurs naturels pour lutter contre les parasites, le compagnonnage des plantes pour améliorer la santé des sols, ou le recours aux insectes auxiliaires pour repousser les parasites. L'agroforesterie, associée à des cultures diversifiées, a également donné de bons résultats en matière de réduction des infestations parasitaires dans les vergers.

Au-delà des approches préventives, ce rapport détaille également les outils de gestion écologique pouvant être utilisés lors de l'apparition de certains parasites ou maladies : diffusion de phéromones pour lutter contre le carpocapse grâce à la confusion sexuelle, traitement par le virus de la granulose pour repousser les chenilles, décoction de prêle pour stimuler les défenses naturelles des pommiers.

Le dernier chapitre relate les 30 ans d'expérience d'un producteur de pommes biologiques et montre la faisabilité des pratiques détaillées précédemment dans le rapport. La culture écologique de pommes offre des solutions modernes pour produire des fruits sains et savoureux, sans contaminer l'eau et les sols.

Le problème de l'eau et des sols contaminés dans les vergers européens, ainsi que le large éventail de solutions prometteuses qu'offrent déjà les méthodes agricoles écologiques, montrent que l'agriculture écologique s'impose comme une évidence, et doit être généralisée.

Greenpeace demande aux États membres de l'Union européenne de mettre en place rapidement les mesures suivantes :

- **Mettre progressivement fin à l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse dans l'agriculture.**

Il faut interdire en priorité les pesticides cancérigènes, mutagènes et neurotoxiques, ainsi que ceux qui perturbent le système endocrinien ou sont toxiques pour la reproduction.

- **Soutenir et développer la recherche et le développement des alternatives non chimiques pour lutter contre les parasites, en particulier les pratiques agricoles écologiques.**

L'agriculture écologique allie compréhension de la nature et innovation scientifique. Elle est déjà pratiquée au quotidien par des milliers d'agriculteurs. Reposant sur les principes d'agro-écologie, ce système agricole et alimentaire protège la biodiversité, garantit des sols en bonne santé et une eau propre, favorise la lutte antiparasitaire sans produits chimiques et renforce la résilience de notre système alimentaire. De plus, l'agriculture écologique sert les intérêts des producteurs et des consommateurs, et non ceux des multinationales qui ont aujourd'hui la mainmise sur notre système de production alimentaire.



2

Résultats des prélèvements effectués en France

Dans cette partie sont présentés les résultats des tests réalisés pour les prélèvements effectués en France. L'ensemble des résultats des tests réalisés au niveau européen, ainsi que le détail de la méthode et du matériel utilisés, sont disponibles dans la version intégrale de ce rapport, uniquement disponible en anglais (téléchargeable en suivant ce lien : <http://bit.ly/1LaHM82>).

En France, 11 échantillons ont été prélevés en avril 2015 (six échantillons de sols et cinq échantillons d'eau.) Des pesticides ont été détectés dans 10 de ces 11 échantillons, le nombre de pesticides détectés variant de 1 à 8.

Code échantillon	Type d'échantillon	Région d'origine de l'échantillon	Nb de pesticides
FRLI01	Sol	Limousin	4
FRLI02	Eau	Limousin	0
FRLI03	Sol	Limousin	6
FRLI04	Eau	Limousin	3
FRPA05	Sol	Provence-Alpes-Côte d'Azur	6
FRPA06	Sol	Provence-Alpes-Côte d'Azur	7
FRPA07	Eau	Provence-Alpes-Côte d'Azur	8
FRPA08	Eau	Provence-Alpes-Côte d'Azur	5
FRMP09	Sol	Midi-Pyrénées	5
FRMP10	Eau	Midi-Pyrénées	2
FRMP11	Sol	Midi-Pyrénées	1

Échantillons de sol

Les prélèvements ont été effectués comme suit le 9 avril 2015 : deux dans le Limousin, deux en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et deux en Midi-Pyrénées.

Au total, 13 pesticides différents ont été retrouvés.

Substance	Nombre d'échantillons concernés (sur 6)	Fourchette de concentration (en mg/kg)	Propriétés
Boscalid (fongicide)	4	0,28-0,72	- Hautement persistant
Chlorantraniliprole (insecticide)	2	0,05-0,057	- Hautement persistant - Hautement toxique pour les organismes aquatiques - Potentiel de lixiviation élevé
Chlorpyrifos-éthyl (insecticide organophosphoré)	4	0,02-0,26	- Hautement toxique pour les organismes aquatiques - Hautement toxique pour les abeilles
Cyprodinil (fongicide)	1	0,23	- Hautement persistant
DDT (insecticide)	2	0,015-0,023	- Hautement persistant - Actuellement non autorisé par l'Union européenne
Difénoconazole (fongicide)	2	0,073-0,096	- Hautement persistant
Fenbuconazole (fongicide)	1	0,061	
Fludioxonil (fongicide)	4	0,069-0,33	- Hautement persistant
Oxadiazon (herbicide)	1	0,041	- Hautement persistant - Hautement toxique pour les organismes aquatiques
Oxyfluorène (herbicide)	2	0,035-0,1	
Pendiméthaline (herbicide)	1	0,16	
Tau-fluvalinate (insecticide acaricide)	3	0,018-0,047	
Tétraconazole (fongicide)	1	0,087	- Hautement persistant



Échantillons d'eau

Concernant l'eau, les prélèvements ont été effectués du 11 au 12 avril comme suit : deux dans le Limousin, deux en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et un en Midi-Pyrénées.

Au total, 9 substances chimiques ont été identifiées.

Substance	Nombre d'échantillons concernés (sur 6)	Fourchette de concentration (en mg/kg)	Propriétés
2,4-D (herbicide)	2	0,62-7,8	
Acétamipride (insecticide néonicotinoïde)	3	1,4-12	
Boscalid (fongicide)	3	0,16-15	
Chlorantraniliprole (insecticide)	3	0,084-1,5	Hautement persistant Potentiel de lixiviation élevé
Fludioxonil (fongicide)	2	0,17-2	Hautement persistant
Metalaxyl (fongicide)	1	0,066	Actuellement non autorisé en France
Penconazole (fongicide)	1	0,15	Hautement persistant
Propyzamide (herbicide)	1	0,1	
Tetraconazole (fongicide)	2	0,12-0,24	Hautement persistant



3

Gestion écologique et solutions alternatives pour lutter contre les parasites et maladies des pommiers

Les pommes peuvent être affectées par une grande variété de parasites et de maladies. De nombreux insectes nuisibles et maladies bactériennes et fongiques des vergers, ainsi que d'autres agents détériorant les fruits entreposés, ont été identifiés et décrits (FSA 2006 ; Peck & Merwin 2009). La pomme est une production très importante dans l'Union européenne (UE) comme dans le monde, qui peut se consommer sous différentes formes : fruit frais, pulpe de fruit, jus concentré... L'UE produit environ une pomme sur six dans le monde (US Apple Association 2011) et représente plus de 40 % des exportations (données 2012, WAPA 2015) – la Pologne, l'Italie, la France, l'Allemagne, la Hongrie et l'Espagne figurant parmi les principaux producteurs (FSA 2006).

Étant donné le grand nombre de parasites, de maladies et d'organismes de décomposition qui affectent les pommes et d'autres cultures fruitières, l'utilisation de pesticides est à la fois assez répandue et intensive (Eurostat 2007). Ce constat est confirmé par les analyses d'échantillons d'eau et de sol prélevés au début de la saison de production dans des vergers (ou à proximité, pour certains échantillons d'eau), et dont les résultats sont présentés dans la première partie du présent rapport. Insecticides et fongicides sont utilisés en quantités importantes pour traiter les pommiers (Eurostat 2007) et lutter contre les parasites et les maladies qui affectent les vergers de pommes en particulier. Au vu des résidus de pesticides qui peuvent être présents dans les fruits commercialisés, il n'y a rien d'étonnant à ce que les pommes soient au cœur des préoccupations des consommateurs. D'après les résultats de la dernière étude de surveillance menée dans l'ensemble de l'UE en 2013, 55 pesticides différents ont été identifiés dans 1 610 échantillons de pommes commercialisées dans les pays européens. Deux tiers de ces échantillons contenaient des résidus détectables d'au moins un pesticide. Des résidus de plus d'un pesticide (résidus multiples) ont été retrouvés dans 46 % des échantillons, et 6 % présentaient des résidus d'au moins six pesticides. La limite maximale de résidus (LMR) de neuf pesticides a été dépassée dans 1 % des cas (EFSA 2015).

S'il est indispensable de mesurer l'impact « en aval » de l'utilisation massive de pesticides, il faut également en évaluer les conséquences « en amont », c'est-à-dire directement sur les lieux d'application des pesticides. Par exemple, il est largement admis que la résistance aux pesticides du carpocapse, un parasite présent dans le monde entier, résulte de l'utilisation intensive de pesticides dont les mécanismes d'action létale sont similaires (Dunley & Welter 2000 ; Voudouris et al. 2011). Contre toute attente, les tétranyques semblent devenir problématiques après l'application de pesticides dans les vergers, en raison de la suppression des prédateurs naturels. De plus, certains pesticides semblent stimuler les populations d'acariens par le biais de différents mécanismes, en particulier lorsque l'application est effectuée par temps chaud (Godfrey 2011).

Outre ces possibles effets pervers, les pesticides peuvent avoir d'autres impacts à grande échelle, notamment sur la santé humaine. Les agriculteurs et les cultivateurs ont ainsi été identifiés dans la littérature scientifique comme des groupes de population particulièrement vulnérables en raison de leur utilisation directe et répétée de plusieurs pesticides et, partant, de leur exposition à ces produits (Allsopp et al. 2015).

Que sont les pesticides ?

« Pesticide » – substance utilisée pour protéger les plantes et les animaux contre les parasites et les maladies. Les pesticides chimiques de synthèse sont des substances chimiques ou des mélanges de substances destinés à lutter contre les nuisibles tels que les insectes, les champignons, les moisissures ou les mauvaises herbes. Les substances utilisées sont également connues sous le nom de « produits de protection des plantes » ou « produits phytosanitaires ». Ils sont le plus souvent classés en fonction des nuisibles visés, sous les catégories suivantes par exemple :

Insecticides, pour lutter contre les insectes nuisibles

Herbicides, pour lutter contre les mauvaises herbes

Fongicides, pour lutter contre les champignons

Ces catégories regroupent un grand nombre d'ingrédients actifs individuels, de préparations et de marques. Les pesticides peuvent également être classés en fonction de leur famille chimique, dans les catégories des organophosphorés (OPP), des organochlorés (OCP), des carbamates et des néonicotinoïdes, par exemple.

Par ailleurs, les préjudices économiques sont une autre conséquence inévitable de la dépendance excessive aux pesticides. Rien qu'aux États-Unis, la perte des mécanismes permettant de lutter naturellement contre les parasites (« biocontrôle ») a été évaluée à quelque 4,49 milliards de dollars (4,2 milliards d'euros). De plus, lorsqu'on prend en considération d'autres coûts externalisés, le manque-à-gagner est encore plus considérable. Ainsi on estime que, chaque année, les pertes économiques attribuables à l'application de pesticides aux États-Unis s'élèvent à 1,1 milliard de dollars (1 milliard d'euros) pour la santé publique, à 1,5 milliard de dollars (1,4 milliard d'euros) pour la résistance aux pesticides, à 1,4 milliard de dollars (1,3 milliard d'euros) pour les pertes de récolte liées aux pesticides, à 2,2 milliards de dollars (2 milliards d'euros) pour les pertes de populations d'oiseaux liées aux pesticides, et à 2 milliards de dollars (1,8 milliard d'euros) pour la contamination des nappes phréatiques (Pimentel & Burgess 2014).

Malgré ces chiffres, il apparaît que dans certains milieux scientifiques les pesticides continuent d'être considérés comme nécessaires pour garantir les futures bonnes performances de l'agriculture (Weller et al. 2014) – et ce point de vue semble d'ailleurs partagé par de nombreux producteurs de fruits. Le présent rapport vise à démontrer, à partir de l'analyse d'ouvrages scientifiques disponibles, que de nombreuses solutions alternatives sont déjà employées dans les vergers de pommes pour lutter contre les parasites et les maladies, sans avoir recours aux pesticides. En rassemblant les informations disponibles et en illustrant le potentiel de ces méthodes, ce rapport vise à encourager le secteur agricole à adopter des pratiques écologiques. Une telle transition passe par l'application d'un éventail varié de techniques, dont des pratiques basées sur l'agrobiodiversité pour améliorer la résilience aux parasites et aux maladies, des outils de gestion écologique pour lutter contre les infestations et les infections dans les vergers, ainsi que des méthodes de sélection basées sur la biotechnologie moderne pour choisir des variétés résistantes à certaines maladies.

3.1

Renforcer la résilience grâce à une sélection « intelligente » : la sélection assistée par marqueurs (SAM)

De nombreuses variétés commerciales de pommes parmi les plus appréciées (Braeburn, Fuji, Gala, Pacific Rose, Pink Lady, etc.) sont vulnérables à la tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*). D'autres maladies touchent fréquemment les variétés de pommes commerciales, dont l'oïdium du pommier (*Podosphaera leucotricha*) ou le feu bactérien (*Erwinia amylovora*). De plus, des maladies peuvent se développer lors du stockage. Pour que des vergers de pommes sans pesticides puissent voir le jour, il faut des variétés de pommes qui puissent résister aux maladies, répondre aux préférences des consommateurs en termes de goût et de texture et être stockées pendant plusieurs mois.

Un pommier met trois à huit ans avant de donner des fruits, en fonction des greffons utilisés. Ainsi, les méthodes de sélection traditionnelles permettant de choisir certaines caractéristiques, dont la résistance aux maladies, peuvent s'avérer longues et coûteuses. De plus, de nombreux traits sont contrôlés par plusieurs gènes (Kumar et al. 2012), ce qui complique la sélection de caractères spécifiques. Cependant, la sélection des pommes a connu une « révolution silencieuse » ces 10 à 15 dernières années (Troggio et al. 2012), avec comme principale avancée l'identification de « marqueurs moléculaires » au sein du génome (ADN) des pommes correspondant à des caractères spécifiques. L'identification de ces caractéristiques, dont la résistance aux maladies, a été facilitée par le séquençage et la publication du génome de la pomme en 2010. L'identification de ces marqueurs permet aux obtenteurs d'accélérer le processus de sélection conventionnel grâce aux techniques de sélection assistée par marqueurs (SAM).

La SAM est une méthode très utile qui permet d'accélérer la sélection de nouvelles variétés de nombreuses cultures, mais aussi de réduire le temps et les coûts liés à la commercialisation de variétés résistantes (Vogel 2014). Les techniques de SAM les plus avancées relèvent de la « sélection génomique ». Toutes les techniques de SAM reposent toutefois sur le même principe : l'utilisation,

dans le cadre de processus de sélection traditionnels, de marqueurs moléculaires permettant de suivre les parties du génome qui contiennent des gènes présentant un intérêt. Ainsi, les obtenteurs peuvent plus facilement identifier la descendance susceptible de comporter la résistance recherchée. Ils peuvent également mieux identifier la descendance qui ne contient pas le matériel génétique associé à des caractéristiques indésirables, par exemple un rendement faible (c'est ce qu'on appelle le « linkage drag », c'est-à-dire le segment de chromosome donneur retenu autour du gène cible). La SAM permet donc de faciliter la sélection des caractéristiques recherchées pour les introduire dans de nouvelles variétés, souvent à partir d'espèces sauvages apparentées ou de variétés traditionnelles (Vogel 2014). Cette méthode ne remplace pas les techniques de sélection traditionnelles ou conventionnelles, mais elle peut les rendre plus efficaces. Elle sert à sélectionner les descendances dotées des gènes naturels spécifiques associés aux caractéristiques recherchées. Cependant, elle ne porte pas sur le transfert de séquences de gènes, contrairement aux techniques de génie génétique, et n'aboutit pas à l'obtention de plantes génétiquement modifiées.

La publication de la séquence ADN du génome de la pomme (Velasco et al. 2010) a considérablement facilité l'utilisation de la SAM pour la sélection des pommes :

« De nombreux gènes associés à la résistance aux maladies, au parfum, au goût, au développement de la plante et à ses réactions à l'environnement ont été identifiés et localisés sur les chromosomes [...] Ces marqueurs sont actuellement utilisés dans des programmes de sélection avancés et des études génétiques comparatives qui devraient accélérer le développement de cultivars. Le séquençage complet du génome de la pomme marque le début d'une nouvelle aire pour la sélection de ce fruit. » (Velasco et al. 2010)

La disponibilité publique de ce séquençage permet de faciliter l'identification du marquage moléculaire de certaines caractéristiques dans l'ensemble du génome de la pomme. L'identification des marqueurs est souvent chronophage et freine la SAM. Aussi la publication du génome devrait-elle accélérer considérablement le processus de sélection de nouvelles variétés de pommes résistantes qui pourraient bien être cultivées sans pesticides.

Nombre des principaux gènes associés à la résistance aux maladies ont déjà été localisés sur le génome de la pomme, notamment ceux liés à la tavelure, à l'oïdium et au feu bactérien (Kumar et al. 2012). De plus, les gènes associés à la résistance aux attaques d'insectes, dont le puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*), un parasite important des pommiers, ont d'ores et déjà été identifiés. Grâce au suivi de plusieurs marqueurs moléculaires, la SAM contribue à l'incorporation de plusieurs gènes liés à la résistance contre une maladie donnée (processus connu sous le nom d'« empilage de gènes »), ce qui permet souvent de développer des propriétés de résistances durables. Souvent, la résistance à une maladie est obtenue sur une période plus longue lorsque plusieurs gènes sont impliqués au lieu d'un seul (Kellerhals et al. 2014).

Les gènes de la résistance au feu bactérien ont été identifiés aussi bien chez les espèces sauvages *Malus* que chez les anciennes variétés cultivées. La SAM pourrait permettre l'introduction de ces gènes dans des variétés commerciales, sans transférer les caractéristiques non désirées susceptibles d'affecter la qualité gustative ou de réduire la taille des fruits (Kellerhals et al. 2014). Des variétés résistantes au feu bactérien et à la tavelure sont en train d'être développées à l'aide de la SAM, de façon à empiler plusieurs gènes associés à la résistance. Cette technique devrait permettre d'obtenir une résistance durable contre ces maladies.

La SAM peut également contribuer à la sélection de variétés de pommes résistantes à plusieurs maladies (Kumar et al. 2012 ; Kellerhals et al. 2014). Par exemple, elle facilite l'identification des descendances résistantes au feu bactérien, à la tavelure du pommier et au puceron lanigère (Baumgartner et al. 2010). Ces descendances peuvent à leur tour être utilisées dans le cadre de nouvelles sélections, pour développer des variétés résistantes ou tolérantes à plusieurs maladies.

Si certaines variétés de pommes résistantes sont toujours en développement, d'autres sont déjà disponibles (Brown & Maloney 2013 ; Agroscope 2015). De nouvelles variétés de pommes devraient voir le jour dans les années à venir ; elles devraient résister à plusieurs maladies et de façon plus durable. Cependant, la sélection assistée par marqueurs doit encore faire face à des obstacles, notamment concernant la recherche de la meilleure combinaison de marqueurs permettant d'empiler les gènes de résistance. La SAM et les variétés résistantes qu'elle permet de produire ne sauraient être considérées comme le remède miracle. Même si un arbre peut être résistant à un ou plusieurs parasites, sa résistance à tous les parasites est peu probable (Hinman & Ames 2011). Les variétés résistantes doivent donc être cultivées dans des environnements agricoles écologiques, car ces milieux permettent de réduire la fréquence et la sévérité des infestations parasitaires et des maladies, mais aussi d'éviter les conditions propices à leur apparition.



3.2

Techniques d'agriculture écologique applicables aux pommiers et à la protection des récoltes

3.2.1 Prendre soin des sols

Il est possible d'intervenir à plusieurs étapes de la production de pommes de façon à contribuer à la prévention des maladies et des parasites, ou à la gestion de leur apparition le cas échéant. Il est nécessaire d'élaborer des stratégies de culture bien avisées, qui tiennent compte des cycles de croissance et de la gestion des sols dans leur globalité. Chaque variété de pommes présente une vulnérabilité différente aux maladies, et les méthodes d'élagage et d'application d'engrais peuvent également avoir une influence sur l'apparition de certaines maladies. L'optimisation de l'ensemble du régime de production permet d'appliquer des techniques de gestion encore plus innovantes, dont l'efficacité aurait été moindre dans un système non optimisé. Ceci est sans doute particulièrement vrai lorsque la gestion s'effectue dans le cadre d'un paradigme biologique ou écologique, sans intrants chimiques (Trapman & Jansonius 2008). Par conséquent, une attention particulière doit être portée aux méthodes d'élagage, de fertilisation et de gestion des sols, ainsi qu'à l'utilisation de cultures de couverture.

3.2.2 Encourager la présence d'insectes auxiliaires grâce à une bonne gestion de l'eau des sols

Des éléments montrent que la gestion de l'eau des sols et la prévention des stagnations d'eau, entre autres mesures, peuvent favoriser les populations de dermaptères (ou perce-oreilles, prédateurs importants des pucerons lanigères du pommier (*Eriosoma lanigerum*)) dans les vergers (Helsen et al. 2004), et que les zones mal drainées abritent un nombre moins important de ces prédateurs (Helsen & Winkler 2007). Il est possible qu'un mauvais drainage les empêche de pondre leurs œufs dans le sol (Helsen & Simonse 2006).

3.2.3 Favoriser les prédateurs naturels grâce à un agroécosystème stable

La stabilité de l'environnement du verger joue également un rôle crucial pour favoriser la présence des prédateurs naturels. Un verger peut être exploité à des fins commerciales pendant plusieurs décennies au cours desquelles le travail du sol est réduit, voire nul. Or cette stabilité est perturbée par l'abattage et le remplacement des arbres et par l'utilisation massive de pesticides, interventions pratiquées sur les exploitations agricoles industrielles pendant toute la période de production. Les insectes auxiliaires présents alentour peuvent peu à peu recoloniser le verger, mais ce processus peut être lent et les producteurs ont besoin de l'accélérer en réintroduisant des prédateurs au sein des nouvelles plantations (Helsen & Winkler 2007). La gestion de l'acarien rouge du pommier est également favorisée par un environnement stable, qui facilite le développement des populations d'acariens prédateurs. Aux États-Unis, les producteurs de pommes biologiques ne seraient que rarement confrontés à l'acarien rouge, les méthodes de lutte antiparasitaire utilisées étant relativement peu toxiques pour les acariens prédateurs (Foster 2014).

3.2.4 Mettre en place des mécanismes de surveillance pour lutter contre les parasites

Un élément clé de la gestion de l'acarien rouge du pommier et d'autres parasites (Foster 2014) est la mise en place d'outils de surveillance et de prévision basés sur l'analyse, au niveau de chaque verger, des expériences antérieures et des conditions favorables à l'apparition de parasites (Hinman & Ames 2011). En Suisse, un outil de prévision, sophistiqué et multifactoriel, a été développé au niveau national. Ce système, baptisé SOPRA (Schadorganismen-Prognose auf Apfel), tient compte de plusieurs facteurs comme la température, l'humidité, les prévisions météorologiques ou encore le cycle de vie de certains parasites, et facilite ainsi la surveillance et la gestion en temps voulu des infestations parasitaires (Graf et al. 2003). Les parasites du pommier concernés sont, notamment, le puceron rose, l'hoplocampe, la tordeuse de la pelure Capua et le carpocapse. Un autre système similaire, disponible sur Internet, a également été conçu pour les producteurs fruitiers dans l'État de Washington, aux États-Unis (Jones et al. 2010).

3.2.5 La lutte biologique contre les insectes parasitaires

L'idée d'utiliser des prédateurs naturels des parasites du pommier a été largement développée. La présence de prédateurs naturels peut être encouragée par la disponibilité d'habitats naturels ou de ressources alimentaires. En outre, ces populations peuvent être directement introduites au sein des vergers. Différents prédateurs ont été utilisés au Royaume-Uni, et d'autres pourront aussi être développés (Mason et al. 2009). L'*Aphelinus mali* fait partie des guêpes parasitoïdes qui, dès le début des années 1920, ont été introduites dans les vergers de Nouvelle-Zélande pour contrôler les aphides (pucerons), et dont l'établissement a été rapide (Walker, 1989). L'*Anystis baccarum* est un acarien prédateur de l'acarien rouge des arbres fruitiers et des phytoptes du pommier, les œufs de ces deux parasites permettant à leur prédateur de passer l'hiver (Mason et al. 2009). L'*Anthocoris nemorum* (punaise des peupliers) est un insecte prédateur très important qui, une fois adulte, hiverne puis réapparaît dès que le temps le permet et que ses proies redeviennent disponibles (Mason et al. 2009). Le *Platygaster demades* est un parasitoïde des œufs de la cécidomyie du pommier qui peut s'avérer très efficace dans la lutte contre ces ravageurs.

3.2.6 Compagnonnage végétal et plantes hôtes des prédateurs

Le compagnonnage végétal consiste à cultiver des espèces de plantes dotées de propriétés répulsives ou bénéfiques à proximité des pommiers. Par exemple, il est possible de planter dans les vergers des plantes capables de fixer l'azote, ainsi que de nombreuses autres plantes qui pourraient tenir à l'écart parasites et maladies infectieuses. Cependant, peu de recherches ont été effectuées à ce jour sur ces techniques (Mayer, 2010). Une autre approche consiste à surveiller étroitement la croissance des plantes pouvant servir d'hôtes alternatifs pour les parasites (Solomon et al. 1999), ou encore à introduire d'autres plantes pouvant encourager le développement des populations d'insectes auxiliaires (Vogt & Wiegell 1999).

Il est également possible d'avoir recours à des techniques d'agroforesterie. Par exemple, dans le cadre du projet d'agroforesterie Wakelyns mené dans le Suffolk, au Royaume-Uni (EURAF 2015), des arbres fruitiers et forestiers ont été plantés, et les cultures céréalières sont cultivées en rotation avec des cultures de pommes de terre et de cucurbitacées et des pâturages. Le fait de disperser les pommiers entre sept autres espèces d'arbres a eu un impact positif sur les niveaux d'infestation parasitaire et les maladies. Ces résultats sont probablement dus à la dispersion spatiale relative des arbres, ainsi qu'au rôle tampon joué par les arbres forestiers pour repousser les maladies. Des effets bénéfiques ont également été observés sur les plantes cultivées.

Favoriser la présence d'oiseaux prédateurs de parasites est une autre approche qui suscite beaucoup d'intérêt et qui pourrait bénéficier aux pommiers cultivés en agroforesterie. Dans le cadre d'une étude menée aux Pays-Bas, il a été constaté que des oiseaux disposant de sites de nidification et d'alimentation ont contribué à l'élimination des chenilles parasitaires dans les vergers utilisant des méthodes de gestion antiparasitaire intégrée. Toutefois, ces résultats n'ont pas été observés dans les vergers cultivés en bio (Mols & Visser 2007).



© SHUTTERSTOCK/151842209/DICK KENNY - UNE MÉSANGE NOURRIT SON PETIT AVEC UNE CHENILLE.



© SHUTTERSTOCK/140294200/PHOTO FUN - LE PERÇE-OREILLE, UTILE À LA GESTION DES PARASITES DANS LES VERGERS ÉCOLOGIQUES.

3.2.7 Phéromones et substances semiochimiques

Les phéromones d'insectes et autres appâts semiochimiques peuvent être utilisés de différentes façons pour contribuer à la surveillance et au contrôle des parasites du pommier (PAN-UK 2007). Des pièges à phéromones traités aux pesticides ont été utilisés pour attirer et éliminer différents parasites (El-Sayed et al. 2009), tandis que d'autres ont permis de lutter contre le carpocapse en utilisant des phéromones sexuelles pour attirer et capturer en grande quantité des carpocapses adultes mâles, ou bien à la fois des mâles et des femelles (El-Sayed et al. 2006). Les pièges peuvent également permettre de suivre les densités de population et, partant, de déterminer le meilleur moment pour l'application des pesticides, notamment ceux compatibles avec les techniques de culture biologique.

La diffusion à grande échelle de phéromones pour perturber la reproduction du carpocapse est une technique relativement récente qui peut s'avérer très efficace dans certains vergers (Barrett et al., non daté). Cette méthode vise à empêcher les mâles de localiser les femelles, et donc

de se reproduire (Bessin 2010). Des éléments montrent que les produits chimiques utilisés pour attirer le carpocapse sont également efficaces pour combattre la sésie du pommier (Tóth et al. 2011). Par ailleurs, plusieurs appâts chimiques peuvent être utilisés pour attirer des insectes prédateurs ou parasitoïdes à proximité des cultures (Wright et al. 2013).

3.2.8 Insectes infectieux

Les insectes sont sujets aux infections par de nombreux organismes pathogènes dont les virus, les bactéries et les champignons. Le virus de la granulose a en particulier été développé en tant que traitement commercial contre les jeunes larves du carpocapse (Mahr et al. 2008). La bactérie *Bacillus thuringiensis* s'est avérée efficace pour lutter contre certains insectes parasites, mais les résultats ne sont pas aussi probants contre le carpocapse (Hinman & Ames 2011).



© GREENPEACE / EMILE LOREAUX - AGRIFORESTERIE : DES NOYERS ONT ÉTÉ PLANTÉS À PROXIMITÉ DES LÉGUMES DANS CETTE EXPLOITATION BIOLOGIQUE EN FRANCE.

3.2.9 L'argile kaolinite

L'utilisation de l'argile kaolinite pour lutter contre les parasites s'est d'abord développée à la fin des années 1990. Aujourd'hui, elle est largement utilisée aux États-Unis en tant que « film particule » : pulvérisée sur les arbres, elle forme une fine pellicule poudreuse qui va agir comme une barrière naturelle et repousser les parasites, voire leur provoquer des irritations lorsque les particules d'argile sont remuées. De plus, elle va gêner la reconnaissance de l'arbre pour les parasites qui voudraient s'y abriter. La pulvérisation commence après la chute des pétales et se poursuit jusqu'à huit semaines pour repousser le carpocapse, voire au-delà pour lutter contre d'autres parasites comme la mouche de la pomme. Les dégâts causés par les ravageurs sont très substantiellement réduits pendant la période où l'arbre reste enveloppé, bien que le vent et de la pluie entament l'intégrité (et donc l'efficacité) du film de kaolin au fil du temps (Hinman & Ames 2011 ; Caldwell et al. 2013). Aux États-Unis, la protection par film d'argile kaolinite est considérée comme la technique actuellement disponible qui permet de couvrir le spectre le plus large de parasites dans le cadre de la culture biologique des pommiers et autres arbres fruitiers (Hinman & Ames 2011). Si cette méthode est largement utilisée aux États-Unis, en Europe elle ne semble employée qu'en Belgique, en France et en Grèce (voir <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/2410.htm>). Elle est homologuée dans l'UE pour être utilisée contre le ravageur des poiriers *Psylla pyricola* et plusieurs espèces de pucerons des arbres fruitiers (EC 2011).

3.2.10 Extraits de compost et de plantes

L'utilisation d'extraits aqueux de compost pour inhiber les phytopathologies a également fait l'objet de recherches au cours des deux ou trois dernières décennies, après que l'efficacité de l'extrait de compost épuisé de champignon pour lutter contre les phytopathologies a été prouvée (Yohalem et al. 1994). Par la suite, des preuves de son efficacité contre la tavelure du pommier ont été apportées (Yohalem et al. 1996) et son rôle protecteur pour différentes cultures a été étudié (Sagar et al. 2009). Il a également été démontré que d'autres extraits similaires de compost de déchets verts pouvaient inhiber la tavelure du pommier et la maladie fongique du mildiou de la vigne (Larbi et al.

2006). Les agents contenus dans ces extraits sont capables de résister à l'autoclavage, comme l'a montré une étude menée au Japon consistant à éliminer un champignon pathogène au moyen d'un extrait de compost autoclavé de champignon (Parada et al. 2011). L'huile extraite du margousier, aussi appelée « huile de neem » (*Azadirachta indica*) et l'extrait de prêles des champs (*Equisetum arvense*) ont aussi été utilisés pour lutter contre les parasites des vergers (PAN-Europe 2007), tandis que l'extrait de *Quassia amara* permettrait de combattre l'hoplocampe des pommes (Psota et al. 2010). Ces approches sont acceptées par l'agriculture biologique, tout comme de nombreuses autres techniques alternatives possibles recensées par la littérature scientifique spécialisée (Caldwell et al. 2013).



3.3

Quelles perspectives pour la culture biologique des pommes ?

Les différentes méthodes permettant de produire des pommes sans pesticides peuvent être illustrées de façon concrète. Le tableau 1 dresse la liste des principaux parasites et maladies des pommes ainsi que des méthodes disponibles pour les combattre sans utiliser de pesticides. Dans les systèmes écologiques ou biologiques de production de pommes, les producteurs font de plus en plus appel aux techniques de lutte culturale. Ces méthodes peuvent induire des efforts supplémentaires car de nombreux parasites doivent être spécifiquement visés. La lutte contre les maladies fongiques peut s'avérer particulièrement difficile lorsque seules des méthodes culturales sont utilisées. En outre, il peut s'avérer nécessaire d'appliquer des traitements biologiques certifiés pour garantir une protection effective contre les champignons et certains insectes parasites.

L'expérience de Danny Billens, producteur de pommes depuis 30 ans à Oetingen dans la région vallonnée du Pajottenland (Flandre, Belgique), est assez instructive. Il a démontré qu'il est tout à fait possible de cultiver des pommes en appliquant le moins de pesticides autorisés en agriculture biologique possible, et a adopté une approche très pragmatique concernant ses stratégies agricoles et commerciales. En résumé, il a prouvé qu'il était possible de produire des pommes sans utiliser de pesticides chimiques de façon intensive. Il préfère lutter contre les parasites de façon très ciblée, car il sait que la plupart des organismes présents dans ses vergers sont utiles. Le facteur clé de sa réussite réside dans l'adoption d'une approche écosystémique holistique, qui lui a permis d'améliorer la résilience de ses vergers face aux parasites et aux maladies.

« Ce n'est pas un travail facile, mais je sais que mes revenus ne seraient pas plus élevés si j'utilisais des pesticides. »

D'après lui, le potentiel du marché des produits biologiques est énorme :

« Le marché est presque toujours en rupture. C'est difficile de satisfaire la demande toute l'année. »

L'augmentation totale de la production de pommes profite aux producteurs biologiques. De plus, comme il n'y a pas de concurrence, les producteurs flamands et néerlandais peuvent s'échanger de nombreuses informations. D'après Danny Billens, ces facteurs contribuent à faire de la production fruitière biologique un secteur innovant, qui bénéficie d'une large gamme de techniques et de méthodes alternatives aux pesticides pour lutter contre les parasites et les maladies. Il utilise fréquemment de l'extrait d'ortie pour combattre les aphides (pucerons), ainsi que de l'extrait de prêle. En tant que producteur biologique, il s'efforce de perturber le moins d'organismes et d'animaux possible, et sait que les traitements chimiques à large spectre peuvent aussi tuer des insectes prédateurs auxiliaires.

Même les pesticides autorisés en agriculture biologique peuvent avoir des effets très néfastes sur l'environnement lorsqu'ils sont utilisés trop souvent ou de façon inappropriée. Par exemple, le sulfate de cuivre est utilisé contre le mildiou, mais aussi plus souvent contre la tavelure, la maladie la plus dommageable pour les pommiers. Danny Billens n'utilise ce produit qu'au printemps pour protéger les arbres des maladies, et à des doses 10 fois inférieures à celles recommandées sur l'emballage du produit.

« Pour les producteurs conventionnels, il est assez normal d'utiliser trois à cinq kilos [de sulfate de cuivre] par hectare, comme indiqué sur l'emballage. Dans mes vergers, nous appliquons 500 grammes par hectare au maximum. »

Danny Billens l'admet, rares sont les alternatives au sulfate de cuivre. En Belgique, il est autorisé d'utiliser un mélange de poudre de soufre et d'oxyde de calcium, appelé chaux vive.

Auparavant, Danny Billens préparait son propre mélange. Aujourd'hui, ce produit est disponible sur le marché.

« C'est un produit propre car il se décompose en chaux. »

L'utilisation de ce produit est autorisée de mi-mars à mi-juin, ce qui permet de lutter contre la tavelure et le mildiou.

Des pommes résistantes

Si la résistance des pommes diffère selon les variétés, il existe de nouvelles techniques qui contribuent à développer des variétés de pommes résistantes plus rapidement. Mais Dany Billens considère que les nouvelles variétés font face à des obstacles sur le marché. Bien qu'une variété résistante serait idéal,

« les gros négociants et supermarchés ne veulent que des variétés ordinaires. »

Aux Pays-Bas, par exemple, les supermarchés préfèrent la Elstar, et en Belgique, la Jonagold. Cependant, les marchés dont dépendent les agriculteurs biologiques (vente directe et marchés de producteurs) offrent davantage de possibilités de commercialiser d'autres variétés.

« Des variétés plus robustes sont testées depuis des années. Parfois, l'une d'entre elle sort du lot : elle est savoureuse tout en étant beaucoup moins fragile. »

Bien qu'il soit possible de développer une résistance qui dure dans le temps, elle restera toujours éphémère. Il est constamment nécessaire d'être vigilant et d'utiliser les meilleures méthodes disponibles pour prévoir l'apparition des maladies. Dany Billens estime que :

« les agents pathogènes, en particulier les champignons, finissent pas muter et venir à bout de la résistance. »

Et cela arrive sans prévenir.

« Du jour au lendemain, le verger est infesté par le mildiou ou la tavelure. »

Il possède sa propre station météo, parce que les conditions météorologiques peuvent souvent annoncer de façon fiable l'apparition de parasites ou de maladies.

« Je peux ainsi savoir quand une infestation importante se prépare et prendre les mesures nécessaires. »

Les coccinelles sont les alliées des vergers biologiques

Dany Billens pourrait utiliser une substance appelée Spinosad contre les larves du carpocapse. Mais il considère que son spectre est trop large car elle nuit aussi aux organismes auxiliaires

« Ce produit tue les coccinelles et les perce-oreilles, donc je ne l'utilise qu'en cas d'urgence. »

Il pourrait également utiliser du Spruzit, un insecticide non synthétique à base de pyrèthre, mais ce produit présente les mêmes inconvénients. Il ne l'applique donc qu'au début du printemps, lorsqu'il n'y a encore ni coccinelle ni de perce-oreille, pour protéger les fleurs du pommier contre les chenilles. Il préfère avoir recours à des bactéries comme le *Bacillus thuringiensis* (Bt), qui agissent de façon plus ciblée, ou à des organismes causant des maladies virales. Cependant, ces derniers ont l'inconvénient de se décomposer sous l'effet du soleil.

« Ces produits se sont améliorés, mais l'application doit être renouvelée tous les 7 à 10 jours. »

Des phéromones pour dérouter les insectes parasitaires

La confusion sexuelle est un nouveau traitement efficace pour lutter contre le carpocapse. Cette méthode consiste à diffuser une odeur qui attire les insectes mâles dans l'ensemble du verger, afin qu'ils ne puissent plus localiser les femelles pour se reproduire.

« Cette méthode est surtout efficace dans les grands vergers »,

explique le producteur. Mais même dans les grandes exploitations, les bordures devront continuer d'être traitées, par exemple à l'aide de préparations bactériennes, affirme-t-il. La présence de prédateurs naturels des parasites, tels que la guêpe parasitoïde, le perce-oreille ou la coccinelle, est essentielle dans les vergers biologiques.

Le margousier, ou huile de neem, pour cibler le puceron cendré du pommier

À certaines périodes de l'année, on trouve de nombreux pucerons verts sur les arbres. Contrairement à de nombreuses autres espèces d'aphides, ceux-ci sont pratiquement inoffensifs car ils ne causent que des dommages « esthétiques ».

« Tout ce qu'on observe, ce sont quelques feuilles recourbées à certains endroits. »

En réalité, Dany Billens considère que ces pucerons verts sont bienvenus car ils nourrissent les ennemis naturels des parasites. Plus ils sont nombreux, plus les populations de perce-oreilles et de coccinelles seront importantes, ce qui permettra de lutter contre le puceron cendré du pommier.

Le puceron cendré du pommier peut engendrer de graves problèmes, et notamment restreindre la croissance de la pomme. Le producteur est alors contraint d'appliquer du NeemAzal, un produit à base de margousier, ou huile de neem, assez efficace mais dont l'application doit être opportune pour garantir de bons résultats.

De la paille pour abriter les perce-oreilles

Dany Billens n'a recours à cette technique que lorsque nécessaire, et toujours au début de la saison. À ses débuts, il attirait les perce-oreilles en mettant de la paille dans des pots pour qu'ils puissent y trouver refuge.

« L'avantage, c'est que vous pouvez ainsi facilement déplacer les perce-oreilles. Il vous suffit de suspendre le pot à l'endroit précis où vous avez besoin de ces insectes. »

Il y a plusieurs années, Dany Billens a également testé l'aménagement de sachets de paille pour attirer les guêpes et les chrysopes, mais sans obtenir de résultats convaincants. Aujourd'hui, ces espèces se sont établies dans ses vergers et leurs populations se développent naturellement.

Adventices et campagnols

Des fleurs sont cultivées dans les vergers de Dany Billens pour nourrir les populations d'insectes auxiliaires. En bordures, il sème des mélanges de semences pour prairies, et entre les arbres il laisse pousser des pissenlits, des pâquerettes et des renoncules, entre autres fleurs.

« Les chrysopes ont besoin de pollen pour survivre. Je veille donc à ce qu'il y ait des fleurs. »

Les mauvaises herbes ne sont pas un problème pour Dany Billens, sauf celles qui s'en prennent aux racines comme l'ortie, le cardon et l'oseille. Ils les arrachent à l'aide d'une binette et bêche les rangées d'arbres. Cela nécessite des efforts, mais il estime que c'est la meilleure solution. Il a déjà essayé de s'en débarrasser à l'aide d'une membrane disposée au sol, autour du tronc, mais les campagnols, qui peuvent infliger d'importants dégâts en rongant l'écorce, avaient tendance à se dissimuler sous la membrane, hors de portée des prédateurs. Il laisse les plus petites fleurs pousser entre les rangées d'arbres et tond une rangée sur deux (en veillant à attendre que les plantes refleurissent avant de tondre).

Une productivité moindre mais des revenus plus élevés

Il est essentiel de préserver la diversité au sein d'un verger pour équilibrer l'écosystème et favoriser les populations d'ennemis naturels des parasites. Un producteur biologique doit trouver un juste milieu entre l'infestation par les mauvaises herbes et la nécessité de maintenir un écosystème diversifié et équilibré. De plus, il doit se contenter de ce que ses vergers produisent et ne pas être top exigeant envers ses arbres.

« Lorsque les prix baissent, vous êtes parfois tenté d'exiger trop d'un verger. »

Si l'apport d'engrais supplémentaire, par exemple, permet d'augmenter la production par hectare, il peut aussi encourager l'apparition de chancres, de maladies d'entreposage ou de pucerons.

« Ensuite, c'est un cercle vicieux. »

Dany Billens explique qu'il est essentiel de garder le contrôle de la production et des ventes au niveau de l'exploitation, autant que possible. Cette stratégie l'a conduit à produire du jus de pomme sur son exploitation pour apporter une valeur ajoutée à sa production en utilisant les pommes de moins bonne qualité, dont les supermarchés ne veulent pas.

« Pendant la saison, je peux vendre ces pommes sur des marchés alternatifs pour 70 centimes le kilo, soit deux fois moins cher que les pommes de première qualité. Mais pour moi, cela reste un bon prix. »

Il y a 30 ans, Dany Billens était le premier producteur professionnel de pommes biologiques de la région Flandre. Aujourd'hui, ses vergers couvrent 6,5 hectares, dont un hectare de poiriers et 0,5 hectare de pruniers et de cerisiers. Son magasin de produits biologiques s'est également développé et offre désormais une gamme complète. Il possède aussi une boulangerie, gérée par sa fille. Il vend ses fruits sur les marchés biologiques et par le biais de réseaux de « paniers bios ».

Dany Billens a prouvé que si la production de pommes biologiques était inférieure de quelques kilos par hectare à celle des exploitations conventionnelles, elle bénéficiait de prix plus élevés sur le marché. De plus, les coûts liés aux engrais, et aux pesticides en particulier, étant plus faibles, l'équation économique est rééquilibrée. Pour peu que le producteur ait le sens de l'entrepreneuriat, un verger de taille relativement petite, géré selon des principes d'agriculture écologique ou biologique, pourra lui garantir de bons revenus.

Tableau 1 : Liste des parasites et des maladies susceptibles d'affecter les pommiers, ainsi que des possibles solutions alternatives aux pesticides pour lutter contre ces maladies. La liste des maladies est tirée de FSA (2006). Les solutions sont principalement tirées de DEFRA/HDC (2015). L'utilisation de pesticides autorisés en agriculture biologique est possible dans certaines circonstances, mais ces produits ne sont pas référencés ici. Voir également Brun & Bush (2013) pour une description des mesures disponibles pour les arbres fruitiers des jardins, des descriptions et des images des parasites et des maladies.

Parasite du verger	Nom de l'espèce	Dommages causés	Solutions alternatives aux pesticides
Carpocapse	<i>Cydia pomonella</i>	Endommage les fruits	Pièges à phéromones, confusion sexuelle, films de particules
Hoplocampe du pommier	<i>Hoplocampa testudinea</i>	Les chenilles creusent des tunnels dans les fruits	Extrait de <i>Quassia</i> Lutte biologique au moyen des parasitoïdes <i>Lathrolestes ensator</i> et <i>Aptesis nigrocincta</i> (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-sawfly.asp)
Phalène brumeuse (aussi appelée arpenreuse tardive)	<i>Operophtera brumata</i>	Endommage les feuillages et les bourgeons ; chute précoce des fruits, cicatrices liégeuses sur les fruits	<i>Bacillus thuringiensis</i> ; Contrôle cultural en isolant ou en traitant les arbres forestiers hôte naturels (voir : http://apples.hdc.org.uk/winter-moth-additional-information.asp#link6)
Puceron cendré du pommier	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Déforme les feuilles et les fruits, maturité précoce	Retrait physique ; favoriser la présence des coccinelles, syrphes, chrysopes et perce-oreilles ; poudre de Derris (voir : http://apples.hdc.org.uk/rosy-apple-aphid.asp)
Blastobase	<i>Blastobasis decolorella</i>	Endommage les fruits qui mûrissent au niveau de la queue, ou entre les fruits qui se touchent ; parasite ravageur mais local ; peut infliger de graves dégâts aux cultures biologiques.	Contrôle cultural : éclaircissage manuel des fruits, suppression des larves lors de la récolte ; efficacité limitée du <i>Bacillus thuringiensis</i> , favoriser la présence des perce-oreilles en tant que possibles prédateurs.
Anthonome du pommier	<i>Anthonomus pomorum</i>	Dommages et pertes des fleurs ; parasite important des vergers biologiques	Bonne gestion des arbres et des pratiques de fertilisation ; ennemis naturels : guêpes parasitoïdes <i>Scambus pomorum</i> et <i>Syrrhizius delusorius</i> , dont la présence est favorisée par la non-utilisation d'insecticides (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-blossom-weevil.asp)
Acarien rouge des arbres fruitiers	<i>Panonychus ulmi</i>	Décoloration et chute prématurée des feuilles, réduction des rendements	Acarien prédateur <i>Typhlodromus pyri</i> ; contrôle cultural (introduire de nouvelles plantations et éviter de cultiver des sols nus) (voir : http://apples.hdc.org.uk/fruit-tree-red-spider-mite.asp)
Punaise verte des pousses	<i>Lygocoris pabulinus</i>	Dommages aux feuilles et aux fruits ; marques liégeuses sur les fruits	Extrait de margousier ou « huile de neem » ; suppression des drageons des racines ; suppression des mauvaises herbes hôtes des parasites sous les arbres (voir : http://apples.hdc.org.uk/common-green-capsid.asp)
Phytopte libre du pommier	<i>Aculus schlechtentali</i>	Traces de roussissement autour de la queue des fruits	Acarien prédateur <i>Typhlodromus pyri</i> ; contrôle cultural (introduire de nouvelles plantations et éviter de cultiver des sols nus) (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-rust-mite.asp)

Tordeuse des fruits	<i>Archips podana</i>	Les chenilles se nourrissent des feuilles et des fruits ; parasite important des vergers biologiques	<i>Bacillus thuringiensis</i> ; gestion de la canopée ; encourager la présence de perce-oreilles et d'anthocorides en tant que prédateurs ; guêpes parasitoïdes sur les œufs, les larves et les pupes ; confusion sexuelle (voir : http://apples.hdc.org.uk/fruit-tree-tortrix-moth.asp)
Tordeuse de la pelure Capua	<i>Adoxophyes orana</i>	Endommage les fruits	La présence d'ennemis naturels est importante dans les vergers biologiques ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; gestion des arbres ; encourager la présence de perce-oreilles et autres prédateurs ; introduction de guêpes parasitoïdes ; pulvérisation de virus ; confusion sexuelle (voir : http://apples.hdc.org.uk/summer-fruit-tortrix-moth.asp)
Puceron des galles rouges	<i>Dysaphis devecta</i>	Enroulement foliaire	Toléré dans les vergers biologiques ; encourager la présence de guêpes parasitoïdes, syrphes, perce-oreilles, chrysopes ; parasites fongiques (voir : http://apples.hdc.org.uk/rosy-leaf-curling-aphid.asp)
Puceron lanigère du pommier	<i>Eriosoma lanigerum</i>	Endommage les arbres	Contrôle cultural : favoriser la présence de perce-oreilles, guêpes parasitoïdes ; destruction matérielle des infestations (voir : http://apples.hdc.org.uk/woolly-aphid.asp)
Puceron vert migrant du pommier	<i>Rhopalosiphum insertum</i>	Léger enroulement foliaire	Toléré dans les vergers biologiques ; contrôle cultural ; favoriser la présence de prédateurs en introduisant des refuges et des fleurs dont ils se nourrissent (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-grass-aphid.asp)
Cécidomyie du pommier	<i>Dasineura mali</i>	Enroulement foliaire	Gestion des arbres, prédateurs naturels, guêpes parasitoïdes ; surveillance au moyen de pièges à phéromones (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-leaf-midge.asp)
Psylle du pommier	<i>Psylla mali</i>	La succion de la sève entraîne la mort des bourgeons lors de la floraison ; plus problématique dans les vergers biologiques ou anciens	Contrôle cultural : favoriser la présence des insectes prédateurs, réduire les taux d'azote (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-sucker.asp)
Puceron vert du pommier	<i>Aphis pomi</i>	Enroulement des feuilles / croissance réduite	Toléré dans les vergers biologiques ; contrôle cultural : introduction de refuges pour les prédateurs et de plantes dont ils se nourrissent (voir : http://apples.hdc.org.uk/green-apple-aphid.asp)
Cicadelle	<i>Edwardsiana crataegi</i>	Moucheture des feuilles	Contrôle cultural ; éloignement des hôtes sauvages ; ennemis naturels, guêpes parasitoïdes (voir : http://apples.hdc.org.uk/leafhoppers.asp)
Cochenille virgule du pommier	<i>Lepidosaphes ulmi</i>	Affaiblissement des arbres, sécrétions de miellat	Contrôle cultural ; éloignement des plantes hôtes naturelles ; ennemis naturels, guêpes parasitoïdes
Oïdium du pommier	<i>Podosphaera leucotricha</i>	Réduction de la taille des fruits, perte des feuilles et des fruits	Contrôle cultural : suppression de l'inoculum primaire par élagage ; contrôle éventuel grâce aux mycoparasites (voir : http://apples.hdc.org.uk/Apple-Powdery-Mildew.asp)

Tavelure du pommier	<i>Venturia inaequalis</i>	Endommagement des arbres et des fruits ; maladie causant les pertes économiques les plus importantes	Privilégier l'utilisation de variétés résistantes à la tavelure dans les vergers biologiques ; contrôle cultural : élimination des organismes hivernants, retrait des feuilles mortes ; gestion des arbres, élimination de la tavelure du bois (voir : http://apples.hdc.org.uk/Apple-Scab.asp)
Chancre européen	<i>Nectria galligena</i>	Chancres sur les arbres ; pourriture des fruits	Contrôle cultural ; retirer les chancres, brûler le bois d'élagage, retirer les fruits tombés, éviter les engrais à haute teneur en azote ; possibilités futures de biocontrôle (voir : http://apples.hdc.org.uk/apple-canker.asp)
Pourriture du collet / de la pseudotige	<i>Phytophthora cactorum</i> & <i>P. syringae</i>	Maladies du greffon et du porte-greffe	Contrôle cultural : éviter les sites humides pour les nouveaux vergers ; bien drainer les sols ; sélectionner méticuleusement les porte-greffes ; pratiquer des greffes hautes pour éviter la pourriture du collet ; planter avec précaution (voir : http://apples.hdc.org.uk/Crown-Rot-and-Collar-Rot.asp)
Moniliose	<i>Monilia laxa f. sp. mali</i>	Perte des fleurs	Retrait des fleurs
Maladies de la suie et des crottes de mouche du pommier	<i>Gloeodes pomigena</i> & <i>Schizothyrium pomi</i>	Taches superficielles puis dégradation du fruit	Contrôle cultural : tailler les haies, élagage et contrôle des mauvaises herbes pour permettre une bonne circulation de l'air (voir : http://apples.hdc.org.uk/Sooty-Blotch.asp)
Feu bactérien	<i>Erwinia amylovora</i>	Flétrissement des fleurs et perte des pousses chez certaines variétés fragiles	Contrôle cultural : retrait / taille des aubépines à proximité et des plantes ornementales concernées ; éviter les variétés à floraison tardive / secondaire ; éviter l'irrigation et l'apport d'azote excessifs (voir : http://apples.hdc.org.uk/Fireblight.asp)
Maladie du plomb parasitaire	<i>Chondrostereum purpureum</i>	Éclat "argenté" des feuilles, perte des pousses	Application de peinture sur les principales plaies de taille/élagage ; éviter de tailler par temps humide ; brûler les branches affectées (voir : http://apples.hdc.org.uk/Silver-Leaf.asp)
Maladie de la replantation	<i>Pythium spp.</i>	Arbres peu robustes après la replantation des anciens vergers en raison de la réduction du système racinaire	Mesures culturales : choix des greffons, replantation dans les anciennes allées, alignement des trous de plantation (voir : http://apples.hdc.org.uk/Apple-Replant-Disease.asp)





Références

Agroscope (2015) Apple breeding. <http://www.agroscope.admin.ch/zuechtung-spezialkulturen/05895/05898/index.html?lang=en>
Dernière consultation : 28/05/2015

Allsopp, M., Huxdorff, C., Johnston, P., Santillo, D. & Thompson, K. (2015) Pesticides and our health: a growing concern, Greenpeace Research Laboratories, UK: 54pp. URL: <http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2015/05/Pesticides-and-our-Health.pdf>

Barrett, B., Gleason, M., Helland, S., Babadoost, M. & Weinzierl, R. (undated) Codling moth management in apple. USDACM Bulletin, Publ. US Department of Agriculture: 6pp. URL: <http://www.public.iastate.edu/~appleipm/appleIPMMod/doc/USDACMBulletin.pdf>
Dernière consultation : 02/05/2015

Bessin, R. (2010) Codling Moth. ENTFACT 203. Publ. University of Kentucky URL: <http://www2.ca.uky.edu/entomology/entfacts/entfactpdf/ef203.pdf>
Dernière consultation : 02/06/2015

Brun, C.A., & Bush, M.R. (2013) Organic pest and disease management in home fruit trees and berry bushes. Report EM066E publ. Washington State University Extension Publ. WSU/USDA: 27pp. URL: <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/EM066E/EM066E.pdf>
Dernière consultation : 05/06/2015

Baumgartner, I., Franck, L., Silvestri, G., Patocchi, A., Duffy, B., Frey, J. & Kellerhals, M. (2010) Advanced strategies for breeding fire blight resistant high quality apples. Proceedings of the 14th International Conference on Organic Fruit Growing 2010. URL: http://www.ecofruit.net/2010/4_RP_I_Baumgartner_L_Franck_G_Silvestri_et_al_S31bis37.pdf
Dernière consultation : 29/05/2015

Brown, S.K. & Maloney, K.E. (2013) An update on apple cultivars, brands and club-marketing. New York State Horticultural Society, New York Fruit Quarterly: Spring 2013 <http://www.nyshs.org/fq.php>
Dernière consultation : 29/05/2015

Caldwell, B., Sideman, E., Seaman, A., Shelton, A. & Smart, C. (2013) Resource guide for organic insect and disease management. 2nd edn. Publ. New York State Agricultural Experiment Station (NYSAES): 210pp. URL: <http://web.pppmb.cals.cornell.edu/resourceguide/pdf/resource-guide-for-organic-insect-and-disease-management.pdf>
Dernière consultation : 02/06/2015

DEFRA/HDC (2015) Apple best practice guide. Publ. UK Department of Environment, Food and Rural Affairs/ Horticultural Development Company URL: <http://apples.hdc.org.uk/>
Dernière consultation : 05/06/2015

Dunley, J.E., & Welter, S.C. (2000) Correlated cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology 93(3): 955-962.

EC (2011) Final report on plant protection products. Expert group for technical advice on organic production (EGTOP) Publ. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. EGTOP/3/2011. 30pp. URL: http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/expert-advice/documents/final-reports/final_report_egtop_on_plant_protection_products_en.pdf
Dernière consultation : 05/06/2015

EFSA (2015) The 2013 European Union report on pesticide residues in food. Scientific report of EFSA. Publ. European Food Safety Authority, Parma, Italy: 169pp. URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/4038.pdf>
Dernière consultation : 29/05/2015

El-Sayed, A.M., Suckling, D.M., Byers, J.A., Jang, E.B. & Wearing, C.H. (2009) Potential of "Lure and Kill" for long-term pest management and eradication of invasive species. Journal of Economic Entomology 102: 1815-1835.

El-Sayed, A.M., Suckling, D.M., Wearing, C.H., and Byers, J.A. (2006). Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. Journal of Economic Entomology 99: 1550-1564.

EURAF (2015) Featured Farm: Wakelyns Agroforestry- A diverse organic silvoarable system in the UK. European Agroforestry Association Newsletter No. 10 March 2015. URL: https://euraf.isa.utl.pt/newsletters/newsletter_10#p3
Dernière consultation : 01/06/2015

Eurostat (2007) The use of plant protection products in the European Union, Data 1992-2003. Eurostat Statistical Books, Publ. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg: 222pp. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=KS-76-06-669&language=en>
Dernière consultation : 29/05/2015

- Foster, R.E. (2014)** Fruit insects; European red mite management. Purdue University Extension. Report E-258-W: 6pp. URL: <http://extension.entm.purdue.edu/publications/E-258.pdf>
Dernière consultation : 01/06/2015
- FSA (2006)** Pesticide residue minimisation crop guide: Apples. Published: Food Standards Agency, UK: 54pp. URL: <http://www.food.gov.uk/sites/default/files/multimedia/pdfs/cropguideappledec06.pdf>
Dernière consultation : 29/05/2015
- Godfrey, L.D. (2011)** Spider mites. Pest notes publication 7405. Publ. University of California Statewide Integrated Pest Management Program University of California, Davis, CA 95616: 4pp. URL: http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/bulletin_2007_30_04_abstracts.pdf
Dernière consultation : 30/05/2015
- Graf, B., Hopli, H. & Hohn, H. (2003)** Optimising insect pest management in apple orchards with SOPRA, IOBC/WPRS Bulletin 26: 43-50.
- Helsen, H., Trapman, M., Polfliet, M. & Simonse, J. (2004)** Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). Proceedings of the International Workshop on Arthropod Pest Problems in Pome Fruit Production Lleida (Spain) 4 – 6 September, 2006. URL http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/bulletin_2007_30_04_abstracts.pdf Dernière consultation : 01/06/2015
- Helsen H. & Simonse J. (2006)** Oorwormen helpen de fruitteiler. *Fruittelt* 96(16): 14-15.
- Helsen, H. & Winkler, K. (2007)** Oorwormen (Dermaptera) als belangrijke predatoren in boomgaarden, *Entomologische Berichten* 67(6): 275-277.
- Hinman, T. & Ames, G. (2011)** Apples: organic production guide. Publ. The National Sustainable Agriculture Information Service (ATTRA) Report IP020: 40pp. URL: <http://www.ucanr.org/sites/placervevadasmalfarms/files/112366.pdf>
Dernière consultation : 03/06/2015
- Jones, V.P., Brunner, J.F., Grove, G.G., Petit, B., Tangren, G.V. & Jones, W.E. (2010)** A web based decision support system to enhance IPM programs in Washington tree fruit. *Pesticide Management Science* 66: 587-595 URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.1913/epdf>
Dernière consultation : 01/06/2015
- Kellerhals, M., Baumgartner, I.O., Schütz, S. & Patocchi A. (2014)** Challenges in breeding high quality apples with durable disease resistance. Proceedings of the 16th International Conference on Organic Fruit Growing 2014. URL: http://www.ecofruit.net/2014/2RP_Kellerhals_breeding_p15-21.pdf
Dernière consultation : 29/05/2015
- Kumar, S., Bink, M.C.A.M., Volz, R.K., Bus, V.G.M. & Chagné, D. (2012)** Towards genomic selection in apple (*Malus × domestica* Borkh.) breeding programmes: prospects, challenges and strategies. *Tree Genetics & Genomes* 8: 1-14.
- Larbi, M., Gobat, J.-M. & Fuchs, J.G. (2006)** Inhibition of the apple scab pathogen *Venturia inaequalis* and the grapevine downy mildew pathogen *Plasmopara viticola* by extracts of green waste compost. In: Kraft, Eckhard; Bidlingmaier, Werner; de Bartoldi, Marco; Diaz, Luis F. and Barth, Josef (Eds.) ORBIT 2006 : Biological Waste Management. From Local to Global; Proceedings of the International Conference ORBIT 2006. Verlag ORBIT e.V., Weimar, chapter Part 2: 529-537. URL: http://www.biophyt.ch/documents/ORBIT2006_%20Larbi_%20et_al.pdf
Dernière consultation : 02/06/2015
- Mahr, D.L., Whitaker, P. & Ridgway, N. (2008)** Biological control of insects and mites: An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. Publ. University of Wisconsin Co-operative Extension Publishing, Madison WI: 110pp. URL: <http://learningstore.uwex.edu/Assets/pdfs/A3842.pdf>
Dernière consultation : 02/05/2015
- Mason P.G., Gillespie D.R. & Vincent, C. (Eds.) (2009)** Proceedings of the Third International Symposium on Biological Control of Arthropods. Proceedings of the Third International Symposium on Biological Control of Arthropods. Christchurch, New Zealand, 8-13 February 2009, United States Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, WV, FHTET-2008-06: 636pp.
- Mayer, D. (2010)** The complete guide to companion planting, Atlantic Publishing Group, Inc. Ocala, Florida US.
- Mols, C.M.M. & Visser, M.E. (2007)** Great tits (*Parus major*) reduce caterpillar damage in commercial apple orchards. *PLoS ONE* 2(2): e202. doi:10.1371/journal.pone.0000202
- PAN-UK (2007)** Crop factsheet: apples- conventional, IPM and organic. *Pesticide News*. Publ. Pesticides Action Network-UK, June 2007: 18-21. URL: <http://www.pan-uk.org/pestnews/Issue/pn76/pn76%20p18-21.pdf>
Dernière consultation : 02/06/2015
- PAN-Europe (2007)** State of the art Integrated Crop Management and organic systems in Europe with particular reference to pest management: Apple production. Publ. Pesticides Action Network Europe: 21pp. URL: http://www.pan-europe.info/Resources/Reports/Apple_production_review.pdf
Dernière consultation : 09/06/2015
- Parada, R.Y., Murakami, S., Shimomura, N., Egusa, M. & Otani, H. (2011)** Autoclaved spent substrate of hatakeshiméji mushroom (*Lyophyllum decastes* Sing.) and its water extract protect cucumber from anthracnose. *Crop Protection* 30: 443-450

- Peck, G.M. & Merwin, I.A. (2009)** A growers guide to organic apples. NYS IPM Publication no. 223. Publ. New York State Department of Agriculture and Markets and the Department of Horticulture, Cornell University: 64pp. URL: http://nysipm.cornell.edu/organic_guide/apples.pdf Dernière consultation : 05/06/2015
- Pimentel, D. & Burgess, M. (2014)** Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Chapter 2 in: Pimentel, D & Reshin, R [eds] Integrated Pest Management, Publ. Springer Science & Business Media, Dordrecht: 47-72.
- Psota, V., Ourednikova, J. & Falta, V. (2010)** Control of *Hoplocampa testudinea* using the extract from *Quassia amara* in organic apple growing. Horticultural Science (Prague) 37: 139-144. URL: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/29361.pdf>
Dernière consultation : 04/06/2015
- Sagar, M.P., Ahlawat, O.P., Raj, D., Vijay, B. & Indurani, C. (2009)** Indigenous technical knowledge about the use of spent mushroom substrate. Indian Journal of Traditional Knowledge 8: 242-248. URL: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/3962/1/IJTK%208%28%29%20242-248.pdf>
Dernière consultation : 02/06/2015
- Solomon M., Fitzgerald J. & Jolly R. (1999)** Artificial refuges and flowering plants to enhance predator populations in orchards. IOBC-WPRS Bulletin 22: 31-37.
- Tóth, M., Landolt, P., Szarukán, I., Szólláth, I., Vitányi, I., Péntes, B., Hári, K., Jósvai, J. K. & Sándor, K. (2011)** Female-targeted attractant containing pear ester for *Synanthedon myopaeformis*. Entomologia Experimentalis et Applicata 142: 27-35.
- Trapman, M. & Jansonius, P.J. (2008)** Disease management in apple orchards is more than applying the right product at the correct time. Proceedings of the 13th International Conference on Organic Fruit Growing: 16-22. URL: <http://www.ecofruit.net/2008/016-022.pdf>
Dernière consultation : 01/06/2015
- Troggio, M., Gleave, A., Salvi, S., Chagné, D., Cestaro, A., Kumar S., Crowhurst R.N. & Gardiner, S.E. (2012)** Apple, from genome to breeding. Tree Genetics & Genomes 8: 509-529.
- US Apple Association (2011)** Production and utilization analysis. Publ. US Apple Association, Vienna Virginia: 42pp. URL: <http://www.yvgsa.com/pdf/facts/USApple2011ProductionAnalysis.pdf>
Dernière consultation : 09/06/2015
- Velasco, R., Zharkikh, A., Affourtit, J., Dhingra, A., Cestaro, A., Kalyanaraman, A. et al. (2010)** The genome of the domesticated apple (*Malus × domestica* Borkh.). Nature Genetics 42: 833-841.
- Vogel, B. (2014)** Smart breeding: the next generation. Publ. Greenpeace International, Amsterdam: 59pp. URL: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/agriculture/2014/468-SmartBreeding.pdf>
Dernière consultation : 29/05/2015
- Vogt, H., & Weigel, A. (1999)** Is it possible to enhance the biological control of aphids in an apple orchards by flowering strips? Integrated Plant Protection in Orchards. IOBCWPRS Bulletin 22: 39-46.
- Voudouris, C.Ch., Sauphanor, B., Franck, P., Reyes, M., Mamuris, Z., Tsitsipis, J.A., Vontas, J. & Margaitopoulos, J.T. (2011)** Insecticide resistance status of the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) from Greece. Pesticide Biochemistry and Physiology 100: 229-238.
- Walker, J. T. S. (1989)** *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), woolly apple aphid (Homoptera: Pemphigidae). Chapter 34. In: A Review of Biological Control of Invertebrate Pests and Weeds in New Zealand 1874-1987, (P. J. Cameron, R. L. Hill, J. Bain, and W. P. Thomas, Eds.): CAB International/DSIR Entomology Division. Technical Communication 10: 197-199.
- WAPA (2015)** World data report: apple and pear production by country and year. Publ. World Apple and Pear Association URL: http://www.wapa-association.org/docs/2014/World_apple_pear_exports_2003-2012.xls
Dernière consultation : 29/05/2015
- Weller, S.C., Culbreath, A.K., Gianessi, L. & Godfrey, L.D. (2014)** The contributions of pesticides to pest management in meeting the global need for food production by 2050. CAST Issue Paper 55. Publ. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa November 2014: 28pp. URL: http://www.cast-science.org/file.cfm/media/products/digitalproducts/CAST_IP55_Contributions_of_Pesticid_4992B5674417F.pdf
- Wright, H.L., Ashpole, J.E., Dicks, L.V., Hutchison, J. & Sutherland, W.J. (2013)** Enhancing natural pest control as an ecosystem service: evidence for the effects of selected actions. NERC Knowledge Exchange Programme on Sustainable Food Production. Publ. University of Cambridge, Cambridge: 106pp. URL: <file:///C:/Users/grl/Downloads/Natural%20Pest%20Control%20Synopsis%202013%20-%20FINAL.pdf>
Dernière consultation : 02/06/2015
- Yohalem, D.S., Harris, R.F. & Andrews, J.H. (1994)** Aqueous extracts of spent mushroom substrate for foliar disease control. Compost Science and Utilization 2: 67-74.
- Yohalem, D.S., Nordheim, E.V. & Andrews, J.H. (1996)** The effects of spent mushroom compost on apple scab in the field. Phytopathology 86: 914-922.

Remarque générale

L'agriculture sans pesticides repose sur la refonte du système agricole de façon à intégrer la biodiversité dans les pratiques agricoles et à appliquer diverses méthodes agronomiques pour prévenir, plutôt que guérir, les dommages causés par les parasites. Si Greenpeace encourage l'agriculture sans pesticides, elle reconnaît que les agriculteurs peuvent, dans certaines circonstances, avoir besoin d'appliquer certains biopesticides ou composés minéraux autorisés en agriculture écologique (bien que ces produits puissent parfois nuire à l'environnement). Ces solutions ne sont pas idéales, mais Greenpeace sait que les agriculteurs font souvent face à de fortes pressions pour protéger leurs récoltes. Cette situation souligne l'urgente nécessité d'approfondir la recherche pour améliorer les solutions agricoles écologiques.

Greenpeace est une organisation indépendante des États, des pouvoirs politiques et économiques. Elle agit selon les principes de non-violence et de solidarité internationale, en réponse à des problématiques environnementales globales.

Son but est de dénoncer les atteintes à l'environnement et d'apporter des solutions qui contribuent à la protection de la planète et à la promotion de la paix.

En 40 ans, Greenpeace a obtenu des avancées majeures et pérennes.

Elle est soutenue par trois millions d'adhérents à travers le monde, dont 150 000 en France.

Cette publication est un résumé en français du rapport publié (en anglais) par l'Unité scientifique de Greenpeace International sous le titre "The Bitter Taste of Europe's Apple Production and How Ecological Solutions can Bloom".

Pour télécharger ce rapport en anglais : <http://bit.ly/1LaHM82>

Chapitres 1 et 2 :

Rédaction : Wolfgang Reuter, ForCare, Freiburg; Janet Cotter, Greenpeace International Science Unit, Exeter (GB)

Publié en juin 2015 par :

Laboratoires de recherches de Greenpeace

School of Biosciences

Innovation Centre Phase 2

Rennes Drive

University of Exeter

Exeter EX4 4RN

Royaume-Uni

Chapitre 3 :

Rédaction : Paul Johnston, David Santillo, Marc van der Sterren, Herman van Bekkem

Publié en juin 2015 par :

Greenpeace Pays-Bas

NDSM-Plein 32

1033 WB Amsterdam

Version française : Greenpeace France

Contact : anais.fourest@greenpeace.org

Crédits photos :

Couverture haut : © Greenpeace / Chris Petts

Couverture bas : © Greenpeace / Fred Dott

Quatrième de couverture : © Greenpeace / Fred Dott

Graphisme : Lukas Schwabegger

GREENPEACE

