HAL open science

Les services rendus par les cultures fruitières

Marie-Charlotte Bopp, Dominique Grasselly, Sylvie Colleu, Françoise Lescourret, Denis Bergère, Emmanuel Demange, Anne Guérin, Pascale Guillermin, Christian Hutin, Francois Laurens, et al.

To cite this version:

Marie-Charlotte Bopp, Dominique Grasselly, Sylvie Colleu, Françoise Lescourret, Denis Bergère, et al.. Les services rendus par les cultures fruitières. [Rapport Technique] CTIFL; INRA; Groupement d' Intérêt Scientifique Fruits. 2019, 287 p. ⟨hal-03077371⟩

HAL Id: hal-03077371

https://institut-agro-rennes-angers.hal.science/hal-03077371v1

Submitted on 16 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Les services rendus par les cultures fruitières

Rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

(Version intégrale)

Coordination :

Dominique Grasselly (CTIFL)
Françoise Lescourret (INRA)
Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

Septembre 2019

DOI : 10.15454/3w3d-w606
hal-03077371

L'auteure remercie Sylvie Colleu (INRA), Françoise Lescourret (INRA) et Dominique Grasselly (CTIFL) pour leur implication et les membres du comité de pilotage de l'étude :

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Un grand merci à toutes les personnes ayant contribué au rapport en partageant leurs temps et leurs travaux sur les services :

Jean-Charles Bouvier (INRA), Clothilde Bardet (INTERFEL), Yvan Capowiez (INRA), Clément Diot (TERRALIA), Agnès Donzeau (AOP Pomme du Limousin), Pierre Franck (INRA), Sandrine Gaborieau (Vergers Ecoresponsables), Stéphane Georgé (CTCPA), Marie-Josephe Amiot-Carlin (INRA), Laurent Joyet (Chambre régionale d'agriculture Auvergne-Rhône-Alpes), Isabelle Jusserand (INTERFEL), Dragana Miladinovic (INTERFEL), Alexandra Paris (AFIDOL), Lionel Ranjard (INRA), Salim Rashidi (BIP), Sylvaine Simon (INRA), Lise Smith (Agglomération d'Agen), Bernard Vaissière (INRA), Emma Dieudonné (CTIFL). Merci à Jean-Michel Ricard (CTIFL) et à Johanna Calvarin (APRIFEL) qui ont relu le rapport avec attention.

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières,* 2019, CTIFL-INRA, 287 pages.

hal-03077371

Licence CC : BY NC ND

DOI : 10.15454/3w3d-w606

Documents disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres
DOI de la synthèse : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Avant-propos

Un tel document n'avait encore jamais été rédigé. L'étude sur les services rendus par les cultures fruitières est originale et elle nous a livré beaucoup d'enseignements.

Tout d'abord, elle nous a permis de bien clarifier les notions de services d'un point de vue méthodologique et ainsi d'aboutir à une liste assez complète des services rendus par les cultures fruitières, ce qui est la première étape indispensable. Ce rapport est donc pour nous un document fondateur.

De plus, cette étude a été menée de manière collective, avec l'appui d'un Comité de pilotage très assidu et participatif, ce qui est le signe que le sujet que nous avons choisi est motivant et fédérateur. C'est aussi la preuve de l'efficacité du GIS Fruits qui est en capacité de mobiliser les acteurs de la filière pour une œuvre collective. Nous avons donc avancé tous ensemble et c'est très gratifiant.

Ce travail a mis en lumière plusieurs services mais au fil de l'étude nous avons relevé plusieurs lacunes dans les données nécessaires à la quantification de ces services. Certains services restent peu ou pas documentés, ce qui nous empêche de communiquer sur certains aspects pourtant importants.

Toutes les lacunes relevées font que le travail ne s'arrête donc pas aujourd'hui. C'est pour cela que l'on trouve pages 9 - 10- 11 de ce document une liste de propositions de travaux futurs à mener. Cette liste de travaux trace une « feuille de route » pour le GIS Fruits et chacun de ses partenaires. Tous ensemble, nous portons la responsabilité d'œuvrer pour avancer dans la connaissance et ainsi d'aller dans le sens d'une transition agroécologique.

Sylvie Colleu, INRA, coanimatrice du GIS Fruits

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 1
Enjeux - objectifs
définitions - perspectives

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

L'auteure remercie Sylvie Colleu (INRA), Françoise Lescourret (INRA) et Dominique Grasselly (CTIFL) pour leur implication et les membres du comité de pilotage de l'étude :

- Denis Bergère (AFIDEM)
- Emmanuel Demange (INTERFEL)
- Anne Guérin (IFPC)
- Pascale Guillermin (AgroCampusOuest)
- Christian Hutin (CTIFL)
- François Laurens (INRA)
- Daniel Plénet (INRA)
- Stéphanie Prat (FNPF)
- Natacha Sautereau (ITAB)
- Matthieu Serrurier (CTIFL)
- Pierre Varlet (ANPP)

Un grand merci à toutes les personnes ayant contribué au rapport en partageant leurs temps et leurs travaux sur les services :

- Jean-Charles Bouvier (INRA)
- Clothilde Bardet (INTERFEL)
- Yvan Capowiez (INRA)
- Clément Diot (TERRALIA)
- Agnès Donzeau (AOP Pomme du Limousin)
- Pierre Franck (INRA)
- Sandrine Gaborieau (Vergers Ecoresponsables)
- Stéphane Georgé (CTCPA)
- Marie-Josephe Amiot-Carlin (INRA)
- Laurent Joyet (Chambre régionale d'agriculture Auvergne-Rhône-Alpes)
- Isabelle Jusserand (INTERFEL)
- Dragana Miladinovic (INTERFEL)
- Alexandra Paris (AFIDOL)
- Lionel Ranjard (INRA)
- Salim Rashidi (BIP)
- Sylvaine Simon (INRA)
- Lise Smith (Agglomération d'Agen)
- Bernard Vaissière (INRA)
- Emma Dieudonné (CTIFL)

Merci à Jean-Michel Ricard (CTIFL) et à Johanna Calvarin (APRIFEL) qui ont relu le rapport avec attention.

Avant-propos

Un tel document n'avait encore jamais été rédigé. L'étude sur les services rendus par les cultures fruitières est originale et elle nous a livré beaucoup d'enseignements.

Tout d'abord, elle nous a permis de bien clarifier les notions de services d'un point de vue méthodologique et ainsi d'aboutir à une liste assez complète des services rendus par les cultures fruitières, ce qui est la première étape indispensable. Ce rapport est donc pour nous un document fondateur.

De plus, cette étude a été menée de manière collective, avec l'appui d'un Comité de pilotage très assidu et participatif, ce qui est le signe que le sujet que nous avons choisi est motivant et fédérateur. C'est aussi la preuve de l'efficacité du GIS Fruits qui est en capacité de mobiliser les acteurs de la filière pour une œuvre collective. Nous avons donc avancé tous ensemble et c'est très gratifiant.

Ce travail a mis en lumière plusieurs services mais au fil de l'étude nous avons relevé plusieurs lacunes dans les données nécessaires à la quantification de ces services. Certains services restent peu ou pas documentés, ce qui nous empêche de communiquer sur certains aspects pourtant importants.

Toutes les lacunes relevées font que le travail ne s'arrête donc pas aujourd'hui. C'est pour cela que l'on trouve pages 9 - 10- 11 de ce document une liste de propositions de travaux futurs à mener. Cette liste de travaux trace une « feuille de route » pour le GIS Fruits et chacun de ses partenaires. Tous ensemble, nous portons la responsabilité d'œuvrer pour avancer dans la connaissance et ainsi d'aller dans le sens d'une transition agroécologique.

Sylvie Colleu, INRA, coanimatrice du GIS Fruits

1. Introduction

1.1 Enjeux et objectifs du rapport

La filière Fruits fournit de nombreux services à la société : approvisionnement de fruits en quantité et en qualité, contribution économique, environnementale, contribution à la santé publique etc. Appréhender la multiplicité de ces contributions, analysées comme des services rendus par la filière Fruits à la société est un enjeu essentiel pour valoriser les atouts de cette filière. Dans le contexte de la construction de la réforme de la nouvelle PAC de 2020, le programme « Ecoscheme » ou « Ecoprogramme » prévoit de mettre en place un nouvel outil : les paiements pour service environnemental (PSE). Les PSE sont des dispositifs économiques pour inciter les agriculteurs à produire et maintenir des services environnementaux induits par leurs activités (Duval et al., 2016). Les services environnementaux sont les services rendus par des acteurs de l'agriculture (agriculteurs, propriétaires fonciers, prestataire de services agricoles) au travers de leurs interventions et pratiques qui contribuent à préserver ou améliorer les fonctions écologiques, c'est-à-dire à maintenir ou restaurer les services écosystémiques.

Dans ce contexte, le rapport complet de cette étude se propose de fournir des références techniques sur les services rendus par les cultures fruitières. Ce travail vise (i) à identifier et classifier les services rendus par les cultures fruitières, (ii) à évaluer quantitativement chaque service identifié et (iii) à signaler la nécessité d'acquérir des données supplémentaires pour quantifier certains services (Figure 1). Lorsqu'il n'y a pas suffisamment de données pour permettre l'évaluation des services, nous suggérons des pistes de travaux de recherche pour les combler (Figure 1).

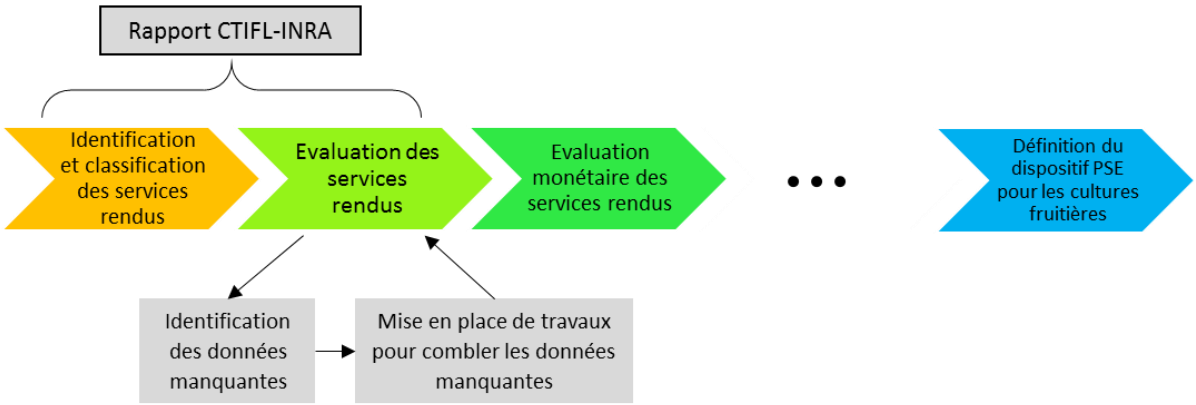


Figure 1 Etapes de travail sur les services rendus par les cultures fruitières

1.2 Définition de « services rendus » et des impacts des cultures fruitières

Dans cette étude, nous définissons les services rendus comme les contributions positives des gestionnaires des cultures fruitières à la société. Notre définition ne se restreint pas aux seuls services écosystémiques (voir Encadré 1 pour leurs définitions) mais s'ouvre plus largement à l'ensemble des aménités des vergers. En effet, le comité de pilotage qui a encadré ce travail a souhaité dresser un large panel de services, y compris ceux qui sont moins connus et moins étudiés par la littérature scientifique. Nous aborderons par exemple les effets bénéfiques de la consommation de fruits sur la santé ou les contributions de la filière Fruits à l'économie française.

Le service de création d'emplois est bénéfique à la société en général mais il l'est moins pour le producteur si ces emplois ne génèrent pas un chiffre d'affaire compensant les coûts salariaux. Dans ce travail, les bénéficiaires identifiés sont les producteurs et plus largement la société.

Dans cette étude, nous définissons les cultures fruitières comme l'espace productif en lui-même (rangs d'arbres fruitiers) ainsi que les infrastructures agro-écologiques associées (haies, bandes enherbées, etc.).

Encadré 1 Les multiples définitions du terme « service »

Pour éviter toute confusion, cet encadré définit les différents termes qui se rattachent aux services.

Les services écosystémiques désignent les contributions de l'écosystème au bien-être humain (Fisher et al., 2009; Haines-Young and Potschin, 2009; Wallace, 2007). Le concept de services écosystémiques a été popularisé par la publication du Millenium Ecosystem Assessment, une grande étude internationale sur l'état des écosystèmes commanditée par l'ONU, réunissant l'expertise de 1300 scientifiques (MEA, 2003). Les services sont reliés à des « fonctions écosystémiques » c'est-à-dire des processus ou des mécanismes qui se passent au sein de l'écosystème étudié, qui permettent la fourniture du service en lui-même. Par exemple, le service de régulation du climat est conditionné par les processus de séquestration de carbone dans le bois et dans le sol des arbres fruitiers ; le service de régulation des ravageurs est conditionné par les mécanismes de prédation et/ou de parasitisme. Les services écosystémiques sont classés selon le Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) en 3 grandes catégories (Haines-Young and Potschin, 2013): (i) les services d'approvisionnement comme la production de fruits (ii) les services de régulation et de maintenance comme la régulation du climat ou la régulation des ravageurs des vergers et (iii) les services culturels comme la qualité esthétique des paysages de vergers.

Les services environnementaux sont les services rendus par les gestionnaires de l'agriculture au travers de leurs interventions et pratiques qui contribuent à préserver ou améliorer les fonctions écologiques, c'est-à-dire à maintenir ou restaurer les services écosystémiques. Ils peuvent faire l'objet d'une valorisation par le dispositif économique des paiements pour services environnementaux (Duval et al., 2016).

Cette étude s'est majoritairement intéressée aux services rendus par les cultures fruitières. Cependant, il est important de rappeler que les cultures fruitières peuvent avoir des impacts négatifs ou dis-services fournis à la société. Dans le cadre conceptuel des services écosystémiques, il existe deux types de dis-services (Therond et al., 2017) :

- Le type 1 correspond aux effets négatifs de la biodiversité ou de certains processus des écosystèmes (ex : bioagresseurs des vergers ou émission naturelle de N2O dans les zones humides) ;
- Le type 2 regroupe les impacts négatifs des activités humaines, tels que ceux reliés aux pratiques agricoles (ex : traitements phytosanitaires, apports de fertilisants)

Dans cette étude, nous avons considéré deux dis-services au sens d'impacts négatifs de pratiques agricoles. Ils sont traités dans les chapitres correspondants aux services impactés.

L'impact négatif des émissions de gaz à effet de serre a été décrit afin que ces émissions puissent être comparées avec le stockage de carbone. Les effets non-intentionnels des pesticides ont été explicités car leurs effets sur la biodiversité peuvent impacter l'ensemble des services de régulation qui en dépendent (service de régulation des ravageurs, service de pollinisation…).

Il est important de rappeler que de même qu'un service, un dis-service est défini par rapport à un ensemble d'acteurs. Par exemple, la régulation de la faune sauvage peut être perçue comme un dis-service par les chasseurs et comme un service pour les forestiers.

Les pratiques culturales peuvent moduler le niveau de fourniture des services : elles peuvent augmenter un service mais également en diminuer un autre. L'enherbement par exemple contribue au service de régulation du climat en stockant du carbone dans le sol mais peut potentiellement diminuer la fourniture du service d'approvisionnement en entrant en compétition avec les arbres fruitiers pour l'eau et les nutriments du sol. Ainsi, on parle de « compromis entre services » lorsque certains services sont liés par une relation antagoniste (la fourniture d'un service implique la diminution de la fourniture de l'autre service) (Therond et al., 2017).

1.3 Travaux majeurs réalisés sur les services

En 2016, l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture biologique) a quantifié et chiffré économiquement les externalités de l'agriculture biologique (Sautereau and Benoit, 2016). Les externalités sur l'environnement, sur la santé humaine et sur le bien-être animal ont été inclues.

En 2017, l'étude réalisée par l'INRA a évalué quatorze services écosystémiques rendus par les grandes cultures à l'agriculteur et à la société (Therond et al., 2017). Pour chaque service, l'étude a quantifié le niveau de fourniture du service en termes biophysiques afin de cartographier la France des services rendus par les grandes cultures. L'étude a également évalué la valeur économique de chaque service rendu et discuté de différentes méthodologies possibles pour la calculer.

Dans la filière Fruits, une récente thèse INRA-CTIFL soutenue en 2017 par Constance Demestihas a mis en place une approche multi-service en pommiers. Cette thèse a examiné 5 services écosystémiques (service de production de fruits en quantité et en qualité, service de régulation du climat, des bio-agresseurs, service de régulation et du maintien des flux hydriques et service de disponibilité en azote du sol) (Demestihas, 2017).

Les services rendus par les vergers ont été étudiés dans le cadre des productions fruitières françaises. Cependant, certaines données proviennent d'études internationales lorsque les données étaient manquantes en France (e.g. service de régulation de l'érosion et de la régulation du climat). Dans cette étude, l'ensemble des fruits produits en France métropolitaine est considéré.

Les données synthétisées dans le rapport proviennent de la littérature scientifique, de la littérature grise et certaines précisions ont été recueillies auprès des professionnels de la filière et auprès des instituts techniques.

1.4 Les catégories de services rendus par les cultures fruitières

Sur la base de la classification internationale des services écosystémiques (CICES) (Haines-Young and Potschin, 2013), d'un brainstorming effectué auprès des membres du GIS Fruits et de la catégorisation des services rendus par l'élevage (Ryschawy et al., 2015), 5 catégories de services ont été retenus.

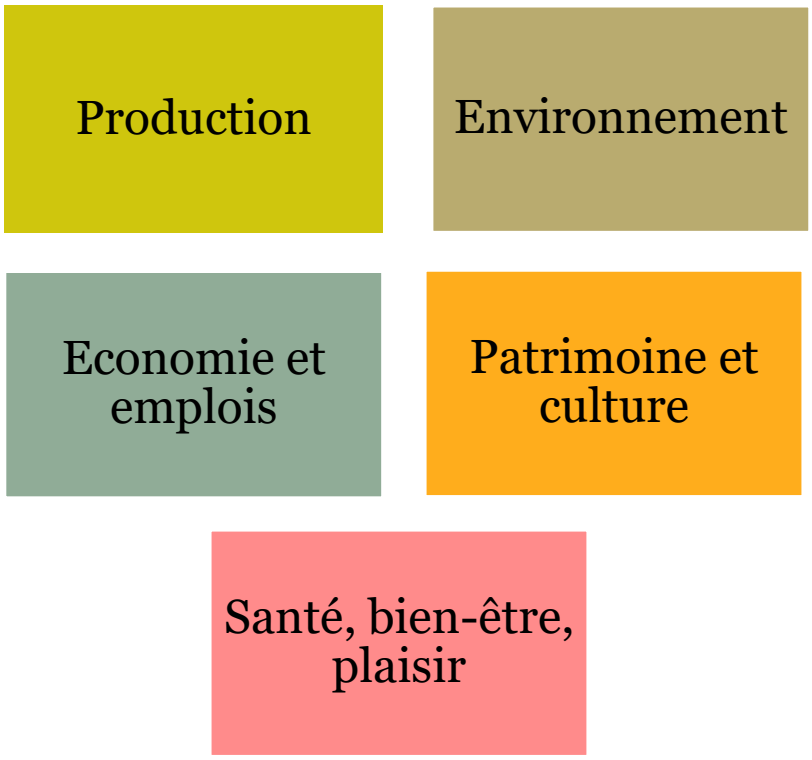


Figure 2 Catégories de services retenues dans le cadre de ce travail

Ces catégories structurent cette synthèse ainsi que le rapport complet (Figure 2) :

1) Production

Cette catégorie est essentiellement reliée au service d'approvisionnement en fruits. Ce service est évalué en quantité (ex : volume de fruits produits) et en qualité (ex : production sous Signes Officiels de la Qualité et de l'Origine).

2) Economie et emplois

Cette catégorie de services regroupe la contribution de la filière Fruits à l'économie française (chiffre d'affaires, valeur ajoutée) et à l'emploi (nombre d'emplois directs, indirects et induits générés par la filière).

3) Environnement

Il existe de nombreux services écosystémiques de régulation fournis par les agrosystèmes qui sont listés dans la classification officielle des services écosystémiques (CICES, (Haines-Young and Potschin, 2013)) et quantifiés dans l'étude EFESE (Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques). Dans cette étude, nous avons sélectionné quatre services écosystémiques, qui nous ont semblé particulièrement pertinents à étudier dans les vergers. Le service de régulation des ravageurs et le service de régulation de la pollinisation déterminent en partie le service de production de fruits. Il nous a donc paru important de les sélectionner, d'autant plus que la littérature scientifique

abonde sur ces deux services. Ce travail s'intéresse également aux services de régulation du climat, un service particulièrement important à fournir dans le contexte du réchauffement climatique. Enfin, le service de régulation de l'érosion des sols a été également abordé car nous avons fait l'hypothèse que la pérennité des vergers constituait un atout dans sa fourniture. D'autres services comme les services de disponibilité d'azote ou du maintien et de la régulation de l'eau n'ont pas été sélectionnés mais sont traités dans le travail de thèse de Constance Demestihas dans les vergers de pommiers (Demestihas, 2017) ou en grandes cultures (Therond et al., 2017).

Deux impacts négatifs sont traités dans cette partie : l'émission de carbone liée à la culture des vergers et les effets non-intentionnels de l'utilisation des pesticides sur la biodiversité.

4) Santé, bien-être, plaisir

Dans cette catégorie, l'intérêt nutritionnel des fruits pour la santé des consommateurs sera abordé. La réduction des maladies via la consommation de fruits sera évaluée.

5) Patrimoine et culture

Quatre services culturels ont été identifiés :

- La valeur patrimoniale des cultures fruitières : contribution à l'esthétique des paysages, héritage des cultures fruitières implantées dès l'Antiquité en France.
- Les valeurs symbolique et spirituelle des cultures fruitières : héritage des ancêtres, place des fruits dans les contes, légendes, mythes et récits bibliques.
- Les source d'inspiration pour la création artistique : gastronomie, peinture, sculpture.
- La génération d'activités récréatives (agrotourisme, festivals, culture d'arbres fruitiers par les amateurs de jardinage…) qui contribuent au développement et à l'animation du territoire

2. Données manquantes et perspectives de travaux futurs sur les services rendus

Le Tableau 88 présente des propositions d'approfondissement sur certains services et perspectives de travaux futurs sur les services rendus.

De nombreuses données sont encore manquantes pour permettent la quantification de services, en amont d'une éventuelle monétarisation en vue d'instruire des dispositifs tels que les paiements pour services environnementaux. D'après nos recherches, l'un des services le moins étudié en France est le service de régulation de l'érosion en verger. Les manques relevés dans ce travail sont méthodologiques pour certains services (notamment pour le service de régulation des bioagresseurs) et le développement de nouveaux indicateurs et de nouvelles méthodes est nécessaire en amont de travaux d'évaluation des services. Enfin, comprendre les impacts de changements de pratiques sur les niveaux de services fournis est essentiel, notamment avec des approches multi-services.

La nécessité de créer une base de données rassemblant tous les résultats des essais en verger sur une question de recherche a été évoquée. Le constat a été fait que de nombreuses données existent et qu'elles nécessiteraient d'être rassemblées et synthétisées.

Tableau 88 Propositions d'approfondissement et perspectives de travaux futurs sur les services des cultures fruitières

Service	Proposition d'approfondissement
Production	Absence de données sur la valorisation actuelle des coproduits de la filière **<u>Proposition :</u>** Pour des exemples de fruits appartenant à chaque type de fruit (pépins, noyaux, coque et petits fruits) : 1) Etat des lieux des coproduits générés par la filière de ce fruit-exemple en enquêtant auprès des transformateurs : nature des coproduits, valorisation actuelle (destination, quantité, prix de vente) 2) Revue bibliographique et entretiens avec des chercheurs sur des voies de valorisation alternatives 3) Sélection d'alternatives intéressantes pour étude de faisabilité
Economie et emploi	Absence d'études quantifiant les emplois directs, indirects et induits de la filière Fruits **<u>Proposition :</u>** En s'appuyant sur l'étude menée par Interfel sur le nombre d'emplois générés par la filière Fruits et Légumes et la méthodologie mise en place par les chercheurs de l'étude Unicoque (Centre de Recherche sur l'Intégration Economique et Financière, Université de Poitiers), estimation du nombre d'emplois générés par la filière Fruits Explorer le rôle social de l'emploi (emplois saisonniers qui permettent une réinsertion dans le monde du travail, des emplois de formations)

Biodiversité	Absence de relevés nationaux sur l'enherbement en verger (abondance, diversité des espèces herbacées) Définition d'un groupe d'espèces indicatrices de la biodiversité en verger (ex : les araignées). Une base de données « Observatoire de l'Arboriculture » pourrait être créée pour répertorier les recensements. Cet indicateur pourrait être utilisé pour plusieurs objectifs : - évaluer la biodiversité présente dans des vergers dont les pratiques diffèrent (comparaisons entre exploitations possibles) - évaluer les effets des infrastructures agro écologiques **<u>Proposition :</u>** Entrée des vergers dans le réseau Biovigilance Flore, qui recense la flore présente en parcelles agricoles
Régulation des ravageurs	Peu d'indicateurs et de méthodologies satisfaisantes pour évaluer le service. Peu d'études qui quantifient la diminution des dégâts et des pertes économiques associées à une meilleure régulation des ravageurs
Pollinisation / Economie	**<u>Propositions</u>** Investiguer l'économie et le service mutuel rendu entre les producteurs et les apiculteurs
Séquestration du carbone	Peu de références sur la séquestration de carbone dans la biomasse ligneuse et dans le sol des vergers français **<u>Propositions :</u>** • Evaluer la séquestration de carbone dans la biomasse ligneuse des différentes espèces et principaux types de verger. Faire le bilan avec les émissions.

	• Evaluer la séquestration de carbone dans les sols de vergers : regrouper les données d'analyse de sol des expérimentateurs en verger (taux de matière organique avant plantation et après arrachage pour calculer le différentiel) • Concevoir de nouveaux systèmes de vergers avec des pratiques moins émettrices et permettant d'améliorer le stockage de carbone : explorer les émissions de vergers mettant en place des itinéraires techniques innovants (ex : évolution des émissions sans utilisation de glyphosate)
Erosion	Absence de références françaises sur les taux d'érosion en verger **<u>2 approches pour acquérir des références</u>** 1) Modélisation : estimation des taux d'érosion des vergers à partir de modèle type MESALES (Le Bissonnais *et al.,* 2002) ; 2) Expérimentale : mesure des taux d'érosion sur un réseau de parcelles (différentes espèces fruitières, différentes pratiques de gestion du sol…). Proposition de comparer les taux d'érosion mesurés avec les taux d'érosion simulés avec les modèles afin de vérifier la validité des modèles en verger.
Santé	**<u>Propositions :</u>** Impact des pratiques culturales sur la qualité nutritionnelle des fruits (en utilisant par exemple un indicateur du type SAIN spécifique aux fruits)
Culture et patrimoine	Absence d'études sur les services culturels rendus par les cultures fruitières **<u>Propositions :</u>** • Economie des paysages • Histoire de l'arboricultures • Histoire rurale des régions arboricoles

Table des matières du rapport global.

Chaque chapitre fait l'objet d'un document séparé.

1 Introduction.....

Enjeux et objectifs du rapport.....

Définition de « services rendus » et des impacts des cultures fruitières.....

Travaux majeurs réalisés sur les services.....

Les catégories de services rendus par les cultures fruitières.....

2 La production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation en France métropolitaine : une production diverse, de haute qualité et ancrée au territoire.....

Une grande diversité de fruits produits en France métropolitaine mais une production globale en diminution .....

Les sources de données disponibles sur la production et l'occupation de sol des cultures fruitières en France métropolitaine .....

170 000 ha de surfaces occupées par les cultures fruitières en France métropolitaine ..

Volume de production : 2,9 millions de tonnes de fruits produits chaque année en France métropolitaine.....

2,9 millions de tonnes de fruits produits destinés à la consommation en frais ou à la transformation.....

2,2 millions de tonnes de fruits de table destinés au marché du frais produits chaque année en France métropolitaine .....

720 000 tonnes de fruits produits destinés à la transformation chaque année en France Métropolitaine.....

Capacité d'auto-approvisionnement de la filière Fruits frais française : 90% des fruits frais sur le marché sont produits en France.....

Une production de haute qualité et ancrée au territoire : les 75 signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) des fruits et une part importante de production en agriculture biologique.....

Les différents signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) français et européens.....

Les 75 SIQO de la filière fruits hors agriculture biologique.....

L'agriculture biologique en production fruitière : la filière Fruit première filière en bio depuis les années 2000 .....

La très grande diversité de produits issus de la transformation de fruits .....

La transformation des fruits provenant de vergers spécifiquement dédiés à la transformation .....

Près de 260 000 tonnes de pomme à cidre destinées à produire du cidre, poiré, eaux de vie de cidre, mistelle et jus de pomme .....

Les autres productions issues de vergers exclusivement dédiés à la transformation : les pruneaux, bigarreaux d'industrie et les pêches pavie .....

La production d'huiles d'olive : le débouché majoritaire de la filière de l'olive .....

La grande diversité de produits transformés issus de la valorisation des écarts de tri de fruits de table .....

La production de coproduits de la filière Fruits issus principalement de la transformation valorisable dans d'autres filières.....

La nature des coproduits de la production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation .....

Les différentes voies de valorisation effective et potentielle des coproduits de la filière Fruits 50

La principale destination des coproduits : compostage et/ou épandage en vergers ...

Valorisation dans l'alimentation animale : une valorisation effective des coproduits des fruits mais des pratiques encore mal quantifiées.....

Valorisations multiples dans l'industrie alimentaire : extraction de pectines, huiles, vinaigre, alcools alimentaires… .....

Valorisation encore mal connue dans l'industrie cosmétique .....

Valorisation sous forme de biomasse et d'agro carburants : une valorisation à haute valeur ajoutée qui est au stade de la recherche .....

Autres valorisations possibles .....

La production d'énergie renouvelable dans les exploitations fruitières.....

La valorisation de la biomasse ligneuse produite par les vergers.....

Quantification de la biomasse produite disponible pour la valorisation : 700 000 tonnes de matières sèches de résidus générés annuellement par la filière arboricole .....

Les différents modes de valorisation énergétique de la biomasse ligneuse des vergers

La production d'énergie solaire photovoltaïque au sein des vergers .....

3. Contributions des cultures fruitières à l'économie et à l'emploi.....

Valeurs de la production de la filière Fruits .....

Valeurs de la production de la filière Fruits par rapport aux autres filières agricoles : 3 milliards d'euros au stade production.....

Valeurs de la production de chaque espèce fruitière produite en France dominée par les pommes de table.....

Valeur des productions fruitières sous signes de qualité et d'origine .....

Valeurs de l'importation et l'exportation des fruits.....

Les valeurs de l'importation et de l'exportation pour les fruits frais et destinés à la transformation .....

Les valeurs de l'importation et de l'exportation pour les fruits transformés .....

Les emplois de la filière .....

Le volume de travail de la filière Fruits au stade production par rapport aux autres cultures 68

Le volume de travail au stade production selon l'espèce fruitière .....

Méthode d'estimation du nombre d'emplois généré par la filière Fruits.....

Un exemple de quantification du nombre d'emplois générés par une organisation de producteurs : Unicoque.....

4. Environnement : les services écosystémiques de régulation .....

4.1.La biodiversité présente en verger le moteur des services écosystémiques de régulation

La biodiversité mise en place par les producteurs de fruits dans les vergers : diversité des espèces et des variétés fruitières cultivées en France .....

La diversité des espèces fruitières en France.....

La très grande diversité de variétés de cultures fruitières : dénombrement des ressources génétiques cultivées et disponibles .....

Intérêt de la richesse variétale des espèces fruitières en France .....

Les variétés fruitières de demain : quels futurs critères de sélection ?.....

La biodiversité associée présente en verger : faune et flore associées aux arbres fruitiers

Les services écosystémiques rendus par les vergers dépendent fortement de la biodiversité.....

Les atouts des vergers en matière d'habitats pour les organismes vivants.....

Evaluation de la biodiversité en verger.....

Les pratiques culturales en verger et leurs impacts sur la biodiversité .....

Les effets non intentionnels des pesticides sur la biodiversité associée au verger .....

Les pratiques phytosanitaires en arboriculture .....

Méthode utilisée pour analyser les conséquences de la présence de pesticides dans l'environnement.....

Evaluation rétrospective des effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement.....

4.2 Le service de pollinisation .....

Le service de pollinisation bénéficie directement aux producteurs par l'augmentation des rendements et plus indirectement à la société par le maintien d'une grande partie de la biodiversité.....

Mode de reproduction et de pollinisation des espèces fruitières : 10 espèces fruitières sont fortement dépendantes de la pollinisation par les insectes .....

60% de la production fruitière française dépend de la pollinisation par les insectes .....

Les facteurs qui influent la pollinisation entomophile.....

L'abondance et de la diversité des pollinisateurs impactent positivement l'efficacité de la pollinisation .....

La dépendance des espèces fruitières aux insectes pollinisateurs de Klein et al. (2007) : un score permettant de quantifier la part de pollinisation entomophile qui impacte les rendements des espèces fruitières .....

Les méthodes d'évaluation et les indicateurs du service de pollinisation en verger.....

Les indicateurs indirects du service de pollinisation reliés à la présence et d'activité des pollinisateurs.....

Les indicateurs de succès de pollinisation.....

Les indicateurs de disponibilité des ressources pour les pollinisateurs.....

Le potentiel de pollinisation : un indicateur composite utilisé par EFESE pour cartographier le service de pollinisation potentiel sur le territoire français .....

Une approche idéale pour quantifier le service de pollinisation .....

Evaluation du service de pollinisation en verger.....

Les ressources offertes par les grandes masses florales des vergers fruitiers : plusieurs dizaines kilos de pollen et plusieurs centaines de kilos de nectar produits chaque année par hectare dans les vergers à pollinisation entomophile.....

Les vergers se démarquent des autres cultures en termes de fourniture d'habitat et de ressources aux pollinisateurs .....

La cartographie française du service de pollinisation : les vergers situés dans des territoires à fort potentiel de pollinisation .....

Les pratiques d'introduction de pollinisateurs dans les vergers.....

Les recommandations de chargement de ruches en verger: 5 ruches/ha en moyenne

Les pratiques d'introduction de pollinisateurs en Rhône-Alpes : 65% des producteurs les mettent en place.....

4.3 Le service de régulation des ravageurs et les impacts de l'utilisation de pesticides sur la faune utile

Le service de régulation des ravageurs bénéficie directement aux producteurs via la réduction de pertes de récolte et indirectement à la société via la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires .....

Les facteurs qui influent le service de régulation des ravageurs .....

La méthode d'évaluation de la régulation des ravageurs .....

Les principaux ravageurs des cultures fruitières : cycle de développement, dégâts et ennemis naturels présents en vergers .....

Les principaux ravageurs des espèces fruitières .....

Localisation des principales familles d'auxiliaires en verger.....

Des exemples de cycles biologiques de grands ravageurs des espèces fruitières et de régulation par les ennemis naturels aux différents stades de développement.....

Quantification du niveau de régulation naturelle des ravageurs en verger : l'exemple du carpocapse de la pomme, de la poire et de la noix.....

Les impacts des pratiques et de la composition du paysage sur les taux de régulation des ennemis naturels des carpocapses .....

Les impacts des pratiques phytosanitaires visant à réguler le carpocapse en vergers sur les auxiliaires et autres ravageurs .....

4.4 Le service de régulation du climat.....

Les processus de stockage et de déstockage de carbone dans un verger .....

Les facteurs déterminant le stockage et le déstockage de CO2 en verger .....

Les différentes méthodes et indicateurs d'estimation de la séquestration et de l'émission de gaz à effet de serre dans les vergers .....

Stockage de carbone par les vergers.....

Un exemple de bilan carbone pour un verger de pêcher d'après l'étude de Montanaro et al. (2016) .....

Stockage de carbone atmosphérique dans les parties ligneuses.....

Stock de carbone dans le sol .....

Quantification de la séquestration de carbone annuelle dans le sol des vergers.....

Stockage de carbone additionnel dans le sol lié à la présence d'un enherbement et de haies 165

Les émissions de GES en verger .....

AGRIBALYSE®, une base de données française sur l'émission de carbone des cultures 165

La méthode de l'ACV employée dans AGRIBALYSE® .....

Evaluation de l'émission de GES en verger .....

Les pratiques améliorant le bilan carbone des vergers.....

Les pratiques favorables au stockage dans le sol et dans le bois.....

Les pratiques limitant l'émission de carbone.....

4.5 Le service du contrôle de l'érosion.....

Définition du service de stabilisation du sol et du contrôle de l'érosion .....

Les facteurs qui influent sur le service de régulation de l'érosion.....

Méthodes et indicateurs pour évaluer le niveau de fourniture du service .....

Evaluation des taux d'érosion en verger .....

Les pratiques culturales qui modulent le service de régulation de l'érosion.....

5. Santé, bien-être, plaisir conféré par la consommation de fruits .....

Les atouts nutritionnels des fruits.....

Les caractéristiques nutritionnelles générales des fruits .....

Les caractéristiques nutritionnelles spécifiques à certaines catégories de fruits .....

Les profils nutritionnels des fruits par rapport aux autres aliments de base .....

Les indicateurs SAIN et LIM, indicateurs de la qualité nutritionnelle globale d'un aliment

Le profil nutritionnel des fruits frais par rapport aux autres aliments selon les indicateurs SAIN et LIM .....

Le profil nutritionnel de chaque fruit selon les indicateurs SAIN et LIM .....

Les impacts positifs et négatifs des fruits sur la santé des consommateurs .....

Les impacts positifs de la consommation de fruit sur la santé .....

La consommation de fruits diminuerait les risques de mortalité toute cause confondue .....

La consommation de fruits est liée à une diminution des risques de maladies cardiovasculaires .....

La consommation des fruits et la réduction de risque de cancer .....

La consommation de fruits contribuerait au bien-être mental.....

Les impacts des résidus de pesticides sur la santé des consommateurs de fruits.....

Les taux de résidus présents sur les fruits.....

Les risques de maladies dans le secteur des fruits.....

Le plaisir de manger des fruits .....

Les fruits au sein des régimes alimentaires.....

Le régime crétois, un régime traditionnel méditerranéen alliant santé, convivialité, partage et ancrage au territoire .....

Les régimes alimentaires du futur qui garantissent un équilibre entre santé et environnement : la nécessité d'une augmentation de la part de fruits frais et secs dans l'alimentation .....

6. Patrimoine des cultures fruitières.....

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 1, Enjeux, objectifs, définitions, perspectives*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 2

Le service d'approvisionnement en fruits

la production de fruits en France métropolitaine

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

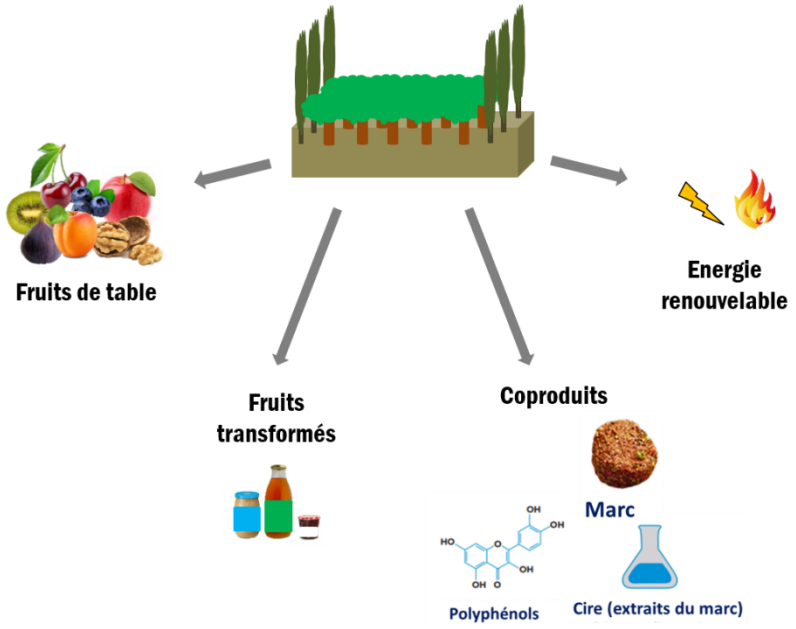
Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1. Le service d'approvisionnement en fruits. La production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation en France métropolitaine : une production diverse, de haute qualité et ancrée au territoire

Dans cette étude, nous estimons que la filière Fruits fournit 4 types de productions à la société : des fruits frais, des fruits transformés, des coproduits générés par la transformation et la production d'énergie renouvelable (biomasse notamment).



Les différentes productions de la filière Fruits identifiées dans cette étude

1.1 Une grande diversité de fruits produits en France métropolitaine mais une production globale en diminution

La surface occupée par une culture et le volume produit associé sont les deux indicateurs du service de production que nous quantifions dans cette partie. La surface agricole des cultures fruitières traduit un potentiel de production et reflète le poids des cultures fruitières dans le paysage agricole français. Les volumes de production permettent d'appréhender directement le service de production via l'estimation d'une quantité de nourriture produite directement consommable dans le cas des fruits frais et plus indirectement dans le cas des fruits transformés.

1.1.1 Les sources de données disponibles sur la production et l'occupation de sol des cultures fruitières en France métropolitaine

Dans la suite de cette partie, de nombreuses données proviennent de la Statistique Agricole Annuelle (SAA). Cette source de donnée est établie par chaque service statistique des directions régionales de l'Agriculture et de la Forêt (Agreste, 2018a). Elle est publiée sous forme de tableaux et les données sont organisées selon différentes échelles (départementale, régionale et nationale). Les données de la SAA sont relatives aux données de production et d'occupation du territoire (surface, rendement, productions…). Elles proviennent de diverses enquêtes statistiques généralement établies par sondage aléatoire fondées sur des échantillons représentatifs. La SAA prend également en compte les chiffres

fournis par les organismes techniques professionnels. Les résultats de la SAA sont publiés généralement au mois de décembre chaque année. Une parcelle est considérée comme cultivée en verger s'il s'agit de plantations d'arbres fruitiers d'une densité au moins égale à 100 pieds à l'hectare (si densité inférieure, la SAA parle d'arbres isolés). La SAA ne comprend par les petits vergers familiaux destinés à l'autoconsommation. Ces chiffres sont disponibles en ligne sur le site de l'Agreste (http://agreste.agriculture.gouv.fr/donnees-de-synthese/statistique-agricole-annuelle-saa/) ainsi que sur le site du CTIFL (http://www.ctifl.fr/Pages/EspacePro/DetailApplication.aspx?id=3).

Ce rapport synthétise également les données provenant des organismes techniques professionnels de la filière Fruits.

1.1.2 170 000 ha de surfaces occupées par les cultures fruitières en France métropolitaine

La surface totale de la production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation est de l'ordre de 170 000 hectares (moyenne calculée sur les surfaces de 2015 à 2017) (Tableau 1) soit 0,7% de la Surface Agricole Utile (SAU) française (Agreste – SAA). L'Annexe 1 présente la répartition des terres agricoles en fonction des grands types de culture. Les cultures fruitières représentent 18% de la surface de cultures pérennes, la majorité des surfaces étant occupée par les vignes (79%) (Annexe 1).

Le territoire français produit une grande diversité de fruits : **plus d'une trentaine d'espèces fruitières**. Les fruits à pépins[1] représentent 38% de la surface, suivis des fruits à noyau[2] (26%) et des fruits à coque[3] (21%) (Figure 3) (Agreste – SAA). L'olive représente 10% des surfaces et les petits fruits[4] 4% de la surface totale (Tableau 1). La surface de production d'agrumes (clémentines, mandarines et pamplemousses) est très faible en France (1%).

Les espèces fruitières majeures sont la pomme (29% de la surface totale fruitière), la noix (13%), l'olive (10%), la prune (9%) et l'abricot (7%) (Tableau 1) (Agreste – SAA). La cerise, la châtaigne, la poire, le raisin de table et la noisette représentent des surfaces équivalentes, de l'ordre de 3% à 4% pour chaque espèce. La framboise, la figue, la groseille et le pamplemousse représentent peu de surface (moins de 1% pour chaque espèce).

Sur la période considérée, la surface des cultures fruitières a diminué de 8% sur la période 2008 à 2017 (Tableau 1). Cette érosion des surfaces agricoles est également observable chez les autres productions végétales. Elle est en partie due à un abandon progressif des activités agricoles par les producteurs et à une perte globale de compétitivité de la filière (coûts élevés de main d'œuvre, règlementations rigoureuses liées aux intrants). Les plus fortes diminutions sont observées chez la pêche (-34%) et la nectarine (-30%), suivies de la cerise (-19%), de la prune (-18%), du raisin de table (-16%), de la pomme (-15%) et de la poire (-14%) (Tableau 1). En revanche, certains vergers de fruits à coque enregistrent des augmentations de surfaces comme la noisette (+49%), la noix (+15%) ou la châtaigne et le marron (+14%) (augmentation de la demande et des prix).

[1] Les fruits à pépins comprennent la pomme, la poire, le raisin de table, le kiwi et la figue
[2] Les fruits à noyau comprennent la prune, l'abricot, la cerise, la pêche et la nectarine.
[3] Les fruits à coque sont la noix, la noisette, la châtaigne, le marron et l'amande.
[4] Les petits fruits comprennent la fraise, le cassis, la myrtille, la framboise et la groseille.

Tableau 1 Surface totale de fruits (fruits de table et fruits destinés à la transformation) en hectare en France métropolitaine. La méthodologie employée pour estimer l'occupation du sol des cultures fruitières est basée sur des enquêtes auprès d'agriculteurs. Source : Agreste – Statistique Agricole Annuelle

Surface (ha) / Espèces fruitières	2017	Moyenne (2008-2010)	Moyenne (2015-2017)	Evolution[5]	Part de la surface totale[6] (% de surf.)	Rang[7] (surface)
Pomme (table et à cidre)	50 308 Dont table : 37 192 Dont cidre : 13 116	55 039 Dont table : 43 886 Dont à cidre : 11 153	50 040 Dont table : 36 912 Dont à cidre : 13 128	-9%	29,2%	1
Noix	21 626	18 277	21 063	15%	12,5%	2
Olive	17 384	16 732	17 363[8]	4%	10,1%	3
Prune (table et à pruneaux)	14 990	18 155	14 938	-18%	8,7%	4
Abricot	12 197	14 261	12 129	-15%	7,1%	5
Cerise (bigarreau et acide)	8 009	9 983	8 101	-19%	4,6%	6
Châtaigne et marron	8 189	7 034	8 017	14%	4,8%	7
Noisette	6 205	3 872	5 740	48%	3,6%	8
Poire	5 246	6 202	5 305	-14%	3,0%	9
Raisin de table	5 221	6 242	5 223	-16%	3,0%	10
Pêche (table et pavie)	4 938	7 607	5 052	-34%	2,9%	11
Nectarine	4 332	6 333	4 419	-30%	2,5%	12
Kiwi	3 804	4 100	3 790	-8%	2,2%	13
Fraise	3 347	3 154	3 328	6%	1,9%	14
Cassis et myrtilles	2 420	2 451	2 448	0%	1,4%	15
Clémentine et mandarine	1 369	1 482	1 430	-4%	0,8%	16
Amande	1 240	1 277	1 188	-7%	0,7%	17
Framboise	674	711	676	-5%	0,4%	18

[5] L'évolution est calculée à partir des moyennes de surfaces de production de 2008 à 2010 et des moyennes de 2015 à 2017

[6] La part de la surface totale est calculée à partir des moyennes de surfaces de production de 2015 à 2017

[7] Le rang est établi sur la base des moyennes de surfaces de production de 2015 à 2017

[8] L'AFIDOL estime la surface totale d'olives produites en France à 50 000 ha. Cette surface comprend la production agricole mais également la production non professionnelle qui représente une grande partie des surfaces (production non prise en compte dans les comptes d'Agreste).

Figue	404	382	394	3%	0,2%	19
Groseille	282	292	283	-3%	0,2%	20
Pamplemousse	187	188	175	-7%	0,1%	21
Total	172 372[9]	183 774	171 103	-8%	100,0%	-

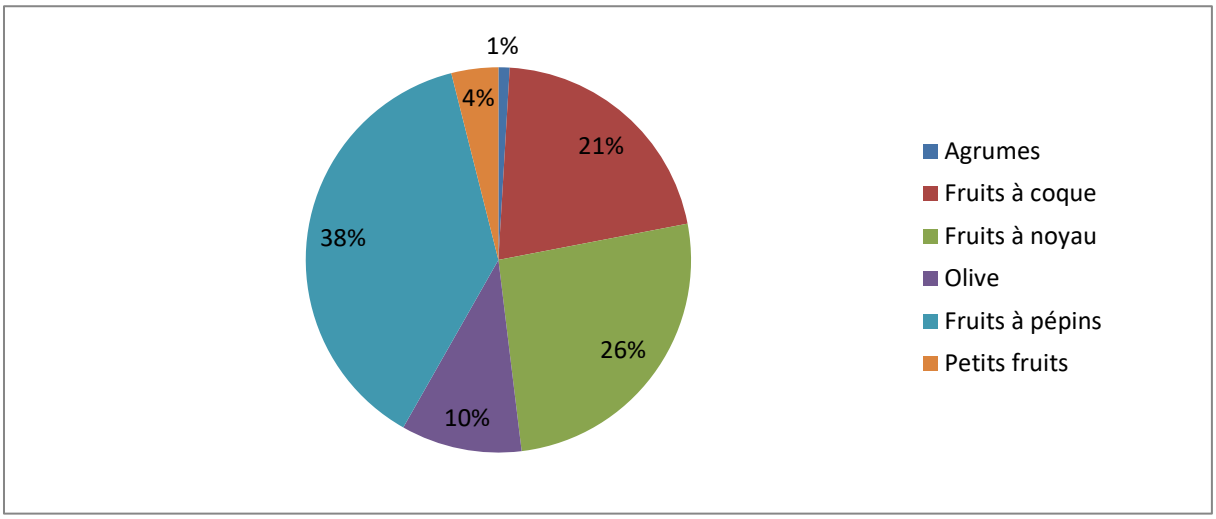


Figure 1 Répartition des surfaces des types de fruits produits en France métropolitaine. Les fruits à pépins comprennent la pomme, la poire, le raisin, le kiwi et la figue. Les fruits à noyau comprennent la prune, l'abricot, la cerise, la pêche et la nectarine. Les fruits à coque sont la noix, la noisette, la châtaigne, le marron et l'amande. Les petits fruits comprennent la fraise, le cassis, la myrtille, la framboise et la groseille. Les agrumes comprennent la clémentine, la mandarine et le pamplemousse. Source : Agreste – Statistique Agricole Annuelle

1.1.3 Volume de production : 2,9 millions de tonnes de fruits produits chaque année en France métropolitaine

1.1.3.1.1 2,9 millions de tonnes de fruits produits destinés à la consommation en frais ou à la transformation

Le Tableau 2 présente la production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation, détaillée pour chaque espèce fruitière. La quantité totale de fruits produite en France métropolitaine est de **2,9 millions de tonnes en moyenne sur les années 2015, 2016 et 2017** (Tableau 2). La France est le **4ème pays européen producteur de fruits frais** derrière l'Italie (10,5 millions de tonnes), l'Espagne (9 millions de tonnes) et la Pologne (3,3 millions de tonnes) (FAOSTAT, 2019).

La pomme, la prune, l'abricot, la poire, la pêche et la nectarine représentent 88% du volume total en poids de fruits dont 62% uniquement représentés par la pomme (moyenne de 2015 à 2017) (Tableau

[9] Cette surface totale est différente de la surface totale de l'**Annexe 1**. Bien qu'il s'agisse de la même source de données (Agreste), ces deux surfaces sont établies sur la base d'enquêtes employant des méthodologies différentes. Les données du Tableau 1 sont établies par enquête auprès des producteurs tandis que les données de l'**Annexe 1** sont issues d'analyse de photographies aériennes.

2). Le kiwi, la fraise et le raisin se placent en 8ème, 9ème et 10ème position. La framboise, la figue, la groseille et l'amande représentent de très faibles volumes (moins de 0,1%) (Tableau 2).

Ces dernières années, **la production de fruits a diminué de 12% en moyenne** avec 3,2 millions de fruits produits de 2008 à 2010 contre 2,8 millions de 2015 à 2017 (Tableau 2). La production de nectarine a diminué de 36%, celle de pêche de 27%, celle de cassis et myrtilles de 25% et celle de l'olive de 20%. La production de pomme a chuté de 14% ces dix dernières années tandis que l'abricot se stabilise (-1%), ainsi que la noix (2%). Cependant, la production totale de quelques fruits augmente : pamplemousses (105%), noisettes (32%), clémentines et mandarines (26%) et fraises (20%).

Cette baisse de la production est bien sûr corrélée à la diminution de surface observée.

Tableau 2 Production totale de fruits en volume (fruits de table et fruits destinés à la transformation) en France métropolitaine. Source : Agreste – Statistique Agricole Annuelle.

Volume produit (t) / Espèces fruitières	2017	Moyenne (2008-2010)	Moyenne (2015-2017)	Evolution[10]	Part de la production totale[11] (% de vol.)	Rang[12] (volume)
Pomme (table et à cidre)	1 715 341	2 078 719	1 835 690	-12%	62,1%	1
Prune (table et pruneaux)	209 959	210 877	201 158	-5%	7,6%	2
Abricot	159 347	145 860	143 993	-1%	5,8%	3
Poire	130 203	150 864	133 395	-12%	4,7%	4
Pêche (table et pavie)	121 712	159 577	118 128	-26%	4,4%	5
Nectarine	99 595	150 651	96 678	-36%	3,6%	6
Kiwi	56 966	71 021	63 174	-11%	2,1%	7
Fraise	56 945	48 325	58 005	20%	2,1%	8
Raisin de table	41 829	49 884	45 921	-8%	1,5%	9
Cerise (bigarreau et acide)	39 936	45 932	38 782	-16%	1,4%	10
Noix	33 043	37 748	38 516	2%	1,2%	11
Clémentine et mandarine	32 079	23 669	29 848	26%	1,2%	12
Olive	22 132	31 307	25 047	-20%	0,8%	13
Noisette	12 060	8 476	11 199	32%	0,4%	14
Cassis et myrtilles	8 160	10 886	8 159	-25%	0,3%	15
Châtaigne et marron	6 026	8 111	7 291	-10%	0,2%	16
Pamplemousse	6 466	2 805	5 748	105%	0,2%	17
Framboise	4 574	3 895	4 246	9%	0,2%	18
Figue	3 598	3 239	3 365	4%	0,1%	19
Groseille	1 589	1 920	1 614	-16%	0,1%	20
Amande	1 031	1 034	986	-5%	0,04%	21
TOTAL	2 762 593	3 244 799	2 870 945	-12%	100,0%	-

[10] L'évolution est calculée à partir des moyennes de production de 2008 à 2010 et des moyennes de production de 2015 à 2017

[11] La part de la production est calculée à partir des moyennes de production de 2015 à 2017

[12] Le rang est établi sur la base des moyennes de production de 2015 à 2017

1.1.3.1.2 2,2 millions de tonnes de fruits de table destinés au marché du frais produits chaque année en France métropolitaine

Le Tableau 3 détaille la production de fruits de table destinés au marché du frais par espèces fruitières sur la période de 2008 à 2017. **Le volume total de production de fruits frais français est de l'ordre de 2,2 millions de tonnes** (moyenne de production de 2015 à 2017) (Tableau 3) soit **76% de la production de fruits totale.**

Le top 5 des fruits frais majoritairement produits en France sont : la pomme de table (64% de la production totale en frais en volume), l'abricot (6%), la poire de table (5%), la pêche (5%) et la nectarine (5%) (Tableau 3). Les rangs des fruits, classés par production décroissante, demeurent globalement inchangés.

La production de fruits frais a chuté de 15% en dix ans, une évolution similaire à la production totale de fruits (Tableau 2). A nouveau, les évolutions de production en frais de chaque espèce fruitière sont très similaires à celles des productions totales.

Les données portant sur les volumes destinés à la transformation sont manquantes dans la Statistiques Agricoles Annuelle pour cinq espèces : l'amande, la figue, le kiwi, la noisette et la noix. La figue, le kiwi, l'amande et la noisette sont en très grande majorité, voire en totalité, destinés au marché du frais en France (M. Serrurier (CTIFL), communication personnelle). Ainsi, le Tableau 3 reprend les chiffres de la production totale pour ces espèces fruitières, issus du Tableau 2. La noix présente cependant un cas particulier. 7 à 10 % des noix produites en France sont cassées et énoisées en Moldavie (main d'œuvre moins chère), puis ré-importées en France sous forme de cerneaux (Scandella and Serrurier, 2014). La production de noix en coque a donc été estimée à 92% de la production totale de noix dans le Tableau 3.

Tableau 3 Production de fruits de table destinés au marché du frais en France métropolitaine. Agreste – Statistique Agricole Annuelle

Volume produit (t) / Espèces fruitières	2017	Moyenne (2008-2010)	Moyenne (2015-2017)	Evolution[13]	Part de la production de fruits de table[14] (% de vol.)	Rang[15] (volume)
Pomme de table	1 305 501	1 630 907	1 368 740	-16%	63,6%	1
Abricot	138 116	125 634	125 145	0%	5,8%	2
Poire	109 007	127 140	111 145	-13%	5,2%	3
Pêche de table	109 903	147 900	106 122	-28%	4,9%	4
Nectarine	99 595	148 296	96 678	-35%	4,5%	5
Kiwi (idem que la prod. totale)	56 966	71 021	63 174	-11%	2,9%	6
Fraise	55 885	47 223	57 252	21%	2,7%	7

[13] L'évolution est calculée à partir des moyennes de production de 2008 à 2010 et des moyennes de production de 2015 à 2017

[14] La part de la production est calculée à partir des moyennes de production de 2015 à 2017

[15] Le rang est établi sur la base des moyennes de production de 2015 à 2017

Prune de table	52 065	52 157	51 223	-2%	2,4%	8
Raisin	40 883	44 748	42 886	-4%	2,0%	9
Noix	33 043	37 748	38 516	2%	1,8%	10
Clémentine et mandarine	31 429	23 568	29 404	25%	1,4%	11
Cerise (Bigarreau)	29 799	33 487	28 814	-14%	1,3%	12
Noisette[16] (idem que la prod. totale)	12 060	8 476	11 199	32%	0,5%	13
Châtaigne et marron	4 882	6 682	5 884	-12%	0,3%	14
Pamplemousse	6 466	2 794	5 748	106%	0,3%	15
Figue (idem que la prod. totale)	3 598	3 239	3 365	4%	0,2%	16
Framboise	2 948	2 630	2 903	10%	0,1%	17
Cassis et myrtilles	1 272	1 122	1 385	23%	0,1%	18
Amande[17] (idem que la prod. totale)	1 031	1 034	986	-5%	0,04%	19
Groseille	412	380	479	26%	0,02%	20
Olive	194	248	397	60%	0,02%	21
Total	**2 094 974**	**2 516 353**	**2 151 367**	**-15%**	**100,0%**	**-**

1.1.3.1.3 720 000 tonnes de fruits produits destinés à la transformation chaque année en France Métropolitaine

Le Tableau 4 présente les volumes de fruits destinés à la transformation. **La production totale de fruits destinés à la transformation s'élève à 720 000 tonnes en France métropolitaine** (moyenne de 2015 à 2017) **soit 25% de la production de fruits totale.**

Les fruits pour la transformation sont principalement représentés par les pommes (65% du volume total), les prunes (21%), l'olive (3%) et la poire (3%) (Tableau 4).

La production de fruits dirigés vers la transformation connaît globalement une faible diminution de 2%. Cependant, certaines espèces connaissent une diminution nette : le raisin de table (-41%), le cassis et la myrtille (-31%), l'olive (-21%) et pour la cerise (-20%). La clémentine destinée à la transformation a triplée en volume (comparaison de moyenne de production de 2008 à 2010 et moyenne de production de 2015 à 2017).

A nouveau, les fruits amande, figue, kiwi, noisette et noix sont manquantes dans les statistiques agricoles annuelles. Ainsi, en cohérence avec la production en fruits frais, les productions d'amandes, de figues, de kiwis et de noisettes ont été estimées nulles. La production de noix a été estimée à 8% de la production totale (Scandella and Serrurier, 2014).

[16] Ces chiffres proviennent des données Agreste (SAA). Cependant, il est important de noter que la noisette serait surtout destinée à la transformation (Serrurier, 2010).
[17] Ces chiffres proviennent des données Agreste (SAA). Cependant, il est important de noter que l'amande serait surtout destinée à la transformation (Serrurier, 2010).

Tableau 4 Production de fruits destinés à la transformation en France métropolitaine. Ces chiffres incluent les écarts de tri de fruits de table et les fruits produits pour la transformation (ex : pomme à cidre). Source : Agreste – Statistique Agricole Annuelle

Volume produit (t) / Espèces Fruitières	2017	Moyenne (2008-2010)	Moyenne (2015-2017)	Evolution[18]	Part de la production de fruits destinés à la transformation[19] (% de vol.)	Rang[20] (volume)
Pomme (table et à cidre)	409 840	447 812	466 951	4%	64,6%	1
Prune (table et pruneaux)	157 894	158 720	149 936	-6%	20,8%	2
Olive	21 938	31 059	24 649	-21%	3,4%	3
Poire	21 197	23 724	22 250	-6%	3,1%	4
Abricot	21 231	20 226	18 848	-7%	2,6%	5
Pêche (table et pavie)	11 809	11 677	12 006	3%	1,7%	6
Cerise (bigarreau et cerise acide)	10 137	12 444	9 968	-20%	1,4%	7
Cassis et myrtilles	6 888	9 764	6 775	-31%	0,9%	8
Noix	2 643	3 020	3 081	2%	0,4%	9
Raisin	946	5 136	3 035	-41%	0,4%	10
Châtaigne et marron	1 143	1 429	1 407	-2%	0,2%	11
Framboise	1 626	1 265	1 343	6%	0,2%	12
Groseille	1 177	1 540	1 135	-26%	0,2%	13
Fraise	1 060	1 102	753	-32%	0,1%	14
Clémentine et mandarine	650	102	443	336%	0,1%	15
Nectarine	0	2 356	0	-100%	0	16
Pamplemousse	0	11	0	-100%	0	17
Kiwi	0	0	0	0	0	-
Noisette	0	0	0	0	0	-
Figue	0	0	0	0	0	-
Amande	0	0	0	0	0	-
TOTAL	**670 180**	**731 383**	**722 581**	**-1%**	**100,0%**	-

1.1.4 Capacité d'auto-approvisionnement de la filière Fruits frais française : 90% des fruits frais sur le marché sont produits en France

Pour estimer la consommation des fruits et légumes, une méthode consiste à calculer le volume de fruits présents sur le marché français à partir des données de production, d'exportation et d'importation et fait l'hypothèse qu'elle correspond à la consommation apparente française (voir équation). Cependant, on estime que l'ensemble des pertes ne sont pas prises en compte dans ce calcul et que cette méthode surestime ainsi la consommation réelle.

[18] L'évolution est calculée à partir des moyennes de production de 2008 à 2010 et des moyennes de production de 2015 à 2017

[19] La part de la production est calculée à partir des moyennes de production de 2015 à 2017

[20] Le rang est établi sur la base des moyennes de production de 2015 à 2017

Ainsi la disponibilité de fruits frais se calcule de cette manière :

$Consommation\ apparente = Disponibilité\ de\ fruits\ frais\ = prod.en\ frais\ + import\ - export - pertes$ **Equation 1**

Les pertes concernent ici des pertes estimées aux stades de production et de distribution.

Le Tableau 5 présente la consommation apparente de fruits frais et la part de cette consommation à laquelle la production de fruits frais française peut subvenir.

Tableau 5 Consommation apparente de fruits frais et part de la consommation couverte par la production de fruits frais française. Source : CTIFL d'après Agreste (Statistique Agricole Annuelle) et douanes françaises

Fruits	Consommation apparente (Tonnes) Moyenne 2015-2017	Offre de fruits couverte par la production française par rapport à la disponibilité des fruits sur le marché français
Noix	12 388	311%
Pomme de table	975 451	140%
Abricot	95 075	132%
Noisette	8 977	125%
Prune	48 293	108%
Cerise (Bigarreau)	29 428	98%
Nectarine	155 834	95%
Cassis et myrtille	1 167	96%
Kiwi	105 528	67%
Pêche (hors pavies)	170 867	62%
Poire de table	197 119	56%
Châtaigne et marron	11 705	50%
Amandes	1 777	51%
Fraise	116 334	41%
Figue	10 186	33%
Groseille	1 283	30%
Raisin de table	160 455	27%
Framboise	17 765	15%
Clémentine, mandarine	349 984	8%
Pamplemousse	71 504	4%
Total	**2 541 120**	**87%**

En moyenne, **la France produit 87% de la demande de fruits française**. **Elle subvient à la consommation française pour 6 fruits** : la noix (production trois fois supérieure à la consommation française moyenne), la pomme de table, l'abricot, la noisette, la prune et la cerise. Les agrumes sont des fruits à forte demande et peu produits en France, en raison du climat peu propice (à l'exception de la Corse) : seuls 9% et 4% de la demande en clémentine-mandarine et en pamplemousse sont respectivement comblés par la production française. Les petits fruits comme la framboise et la groseille sont également très demandés et peu produits en France métropolitaine. Ces faibles productions sont compensées par de forts imports (Cf paragraphe 3.1.4.1 p 65).

1.1.5 Une production de haute qualité et ancrée au territoire : les 75 signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) des fruits et une part importante de production en agriculture biologique

Comme expliqué en introduction de cette partie, les SIQO peuvent être abordées dans la partie « Economie et emplois », avec une valorisation de la production à forte valeur ajoutée. Les SIQO peuvent également constituer un paragraphe de la partie « Patrimoine et culture » car ce sont des productions ancrées historiquement au territoire. Ainsi, il existe de multiples façons d'aborder ce sujet. Nous avons fait le choix d'aborder les productions sous SIQO comme **indicateurs de la qualité de la production** de fruits en France.

La production sous signe de qualité est particulièrement présente dans la production fruitière et plus répandue que dans les autres catégories de cultures (CTIFL et SSP 2013). En 2010, 11% des exploitations fruitières étaient en agriculture biologique pour au moins l'un des produits de l'exploitation contre 3,5% en moyenne pour les autres exploitations. Cette même année, 24% des exploitations fruitières possédaient au moins un produit sous SIQO hors agriculture biologique (CTIFL et SSP 2013).

1.1.5.1 Les différents signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) français et européens

- Appellation d'origine contrôlée (AOC) / Appellation d'origine Protégée (AOP) :

L'appellation d'origine protégée (AOP) désigne un produit dont l'ensemble des étapes de production (production agricole et transformation) sont réalisées dans une même aire géographique, selon un savoir-faire reconnu, codifié par un cahier des charges (INAO, 2018). La notion de terroir[21] est importante dans la démarche des appellations d'origines. Les produits certifiés sous appellation d'origine tirent essentiellement leur typicité de leur origine géographie. L'AOP est un signe européen qui protège le nom du produit dans toute l'Union européenne.

L'AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) désigne les produits répondant aux critères de l'AOP (INAO, 2018). Elle protège la dénomination sur le territoire français et constitue une étape vers l'AOP.

[21] Le terroir est une zone géographique où une production tire son originalité, ses caractéristiques des spécificités de son aire de production (FranceAgrimer, 2016).

- Indication géographique protégée (IGP)

Tout comme l'AOP, l'IGP est un signe de qualité européen. Cette dénomination désigne un produit originaire d'une aire déterminée au sein de laquelle au moins une des étapes de production est réalisée (INAO, 2018).

- Label Rouge (LR)

Le Label Rouge est un signe de qualité français. Il atteste de la qualité supérieure du produit à travers ses qualités sensorielles mais également ses conditions de production et de fabrication (INAO, 2018). La qualité gustative supérieure des produits est testée régulièrement par analyses sensorielles et tests organoleptiques.

1.1.5.2 Les 75 SIQO de la filière fruits hors agriculture biologique

Le Tableau 6 présente la liste des dénominations SIQO de la filière fruits. **Elle comprend 75 SIQO (sans compter les dénominations de l'agriculture biologique) dont 36 IGP, 24 AOP/AOC, 6 AOC/IGP et 9 labels rouges (Tableau 6) (INAO, 2018). La filière fruits compte 27 SIQO de fruits de table, 9 SIQO de fruits transformés et 39 SIQO de boissons alcoolisées.**

Tableau 6 Liste des SIQO de la filière fruits (hors agriculture biologique). Source : INAO, 2019 (https://www.inao.gouv.fr/)

Type SIQO	Dénomination	Fruits	Catégorie
IGP	Cassis de Bourgogne	Cassis	Boisson alcoolisée
IGP	Cassis de Dijon	Cassis	Boisson alcoolisée
IGP	Cassis de Saintonge	Cassis	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Kirsch de Fougerolles	Cerise	Boisson alcoolisée
IGP	Kirsch d'Alsace	Cerise	Boisson alcoolisée
IGP	Framboise d'Alsace	Framboise	Boisson alcoolisée
IGP	Mirabelle d'Alsace	Mirabelle	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Mirabelles de Lorraine	Mirabelle	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Domfront (poiré)	Poire	Boisson alcoolisée
IGP	Eaux-de-vie de poiré de Normandie	Poire	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Calvados	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Calvados Domfrontais	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados blanc	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados blanc primour ou nouveau blanc	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy blanc	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy primeur ou nouveau blanc	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy primeur ou nouveau rosé	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy primeur ou nouveau rouge	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy rosé	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados Grisy rouge	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados rosé	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados rosé primeur ou nouveau rosé	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados rouge	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Calvados rouge primeur ou nouveau rouge	Pomme	Boisson alcoolisée

IGP	Calvados Pays d'Auge	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Cidre Cotentin ou Cotentin	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Cidre de Bretagne ou Cidre breton (IG/04/96)	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Cidre de Normandie ou Cidre normand (IG/05/96)	Pomme	Boisson alcoolisée
LR	Cidre de variété Guillevic (LA/15/99)	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Cornouaille (cidre)	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Pays d'Auge (cidre)	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Pays d'Auge Cambremer ou de Cambremer	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Pommeau de Bretagne	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Eau-de-vie de cidre de Bretagne	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Eau-de-vie de cidre de Normandie	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP	Eau-de-vie de cidre du Maine	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Pommeau de Normandie	Pomme	Boisson alcoolisée
AOC/AOP/IGP	Pommeau du Maine	Pomme	Boisson alcoolisée
IGP	Quetsch d'Alsace	Quetsch	Boisson alcoolisée
LR	Abricot (LA/04/01)	Abricot	Table
AOC/AOP	Abricots rouges du Roussillon	Abricot	Table
LR	Cerise (LA/08/17)	Cerise	Table
AOC/AOP	Châtaigne d'Ardèche	Châtaigne, marron	Table
LR	Marron (LA/02/25)	Châtaigne, marron	Table
IGP	Citron de Menton	Citron	Table
LR	Clémentine (LA/03/14)	Clémentine	Table
IGP	Clémentine de Corse	Clémentine, mandarine	Table
AOC/AOP	Figue de Solliès	Figue	Table
LR	Fraise (LA/16/08 et LA/01/17)	Fraise	Table
IGP	Fraise du Périgord	Fraise	Table
IGP	Fraises de Nîmes	Fraise	Table
IGP	Kiwi de l'Adour	Kiwi	Table
LR	Kiwi Hayward (LA/35/90)	Kiwi	Table
IGP	Mirabelles de Lorraine	Mirabelle	Table
IGP	Noisette de Cervione - nuciola di Cervioni	Noisette	Table
AOC/AOP	Noix de Grenoble	Noix	Table
AOC/AOP	Noix du Périgord	Noix	Table
IGP	Pomelo de Corse	Pamplemousse	Table
LR	Pêches et nectarines (LA/10/87)	Pêche / nectarine / brugnon	Table
AOC/AOP	Pomme du Limousin	Pomme	Table
IGP	Pommes des Alpes de Haute Durance	Pomme	Table
LR	Pomme (LA/04/96)	Pomme / poire	Table

IGP	Pommes et poires de Savoie	Pomme / poire	Table
AOC/AOP	Chasselas de moissac	Raisin de table	Table
AOC/AOP	Muscat du Ventoux	Raisin de table	Table
LR	Reine-Claude (LA/10/98)	Reine-Claude	Table
AOC/AOP	Farine de châtaigne corse	Châtaigne, marron	Transformé
AOC/AOP	Lucques du Languedoc	Olive	Transformé
AOC/AOP	Olive de Nice	Olive	Transformé
AOC/AOP	Olive de Nîmes	Olive	Transformé
AOC/AOP	Olives cassées de la vallée des Baux-de-Provence	Olive	Transformé
AOC/AOP	Olives noires de la vallée des Baux-de-Provence	Olive	Transformé
AOC/AOP	Olives noires de Nyons	Olive	Transformé
AOC/AOP	Pâte d'olive de Nice	Olive	Transformé
IGP	Pruneaux d'Agen	Prune	Transformé

En 2017, Interfel et FranceAgriMer ont commandité une étude sur les SIQO de la filière Fruits et légumes au cabinet d'étude AND International. Le Tableau 7 présente la synthèse des données économiques des SIQO dans la filière Fruits (AND International, 2017). L'Annexe 3 établit la liste des espèces fruitières et de leurs dénominations SIQO qui ont été comprises dans l'étude du cabinet. Cette étude comprend une espèce fruitière non étudiée dans le cadre de ce travail : l'ananas (Label Rouge) (Annexe 3). Les boissons alcoolisées ne sont pas comprises dans cette étude (Annexe 3). Il n'a pas été possible d'accéder aux données brutes de l'étude afin de séparer les données ne rentrant pas dans le cadre de notre étude. Ainsi, les valeurs données dans le Tableau 7 sont légèrement surestimées.

Une carte des SIQO a été établie sur la base de cette étude (Figure 4). La majorité des SIQO de fruits sont situées dans la moitié sud de la France.

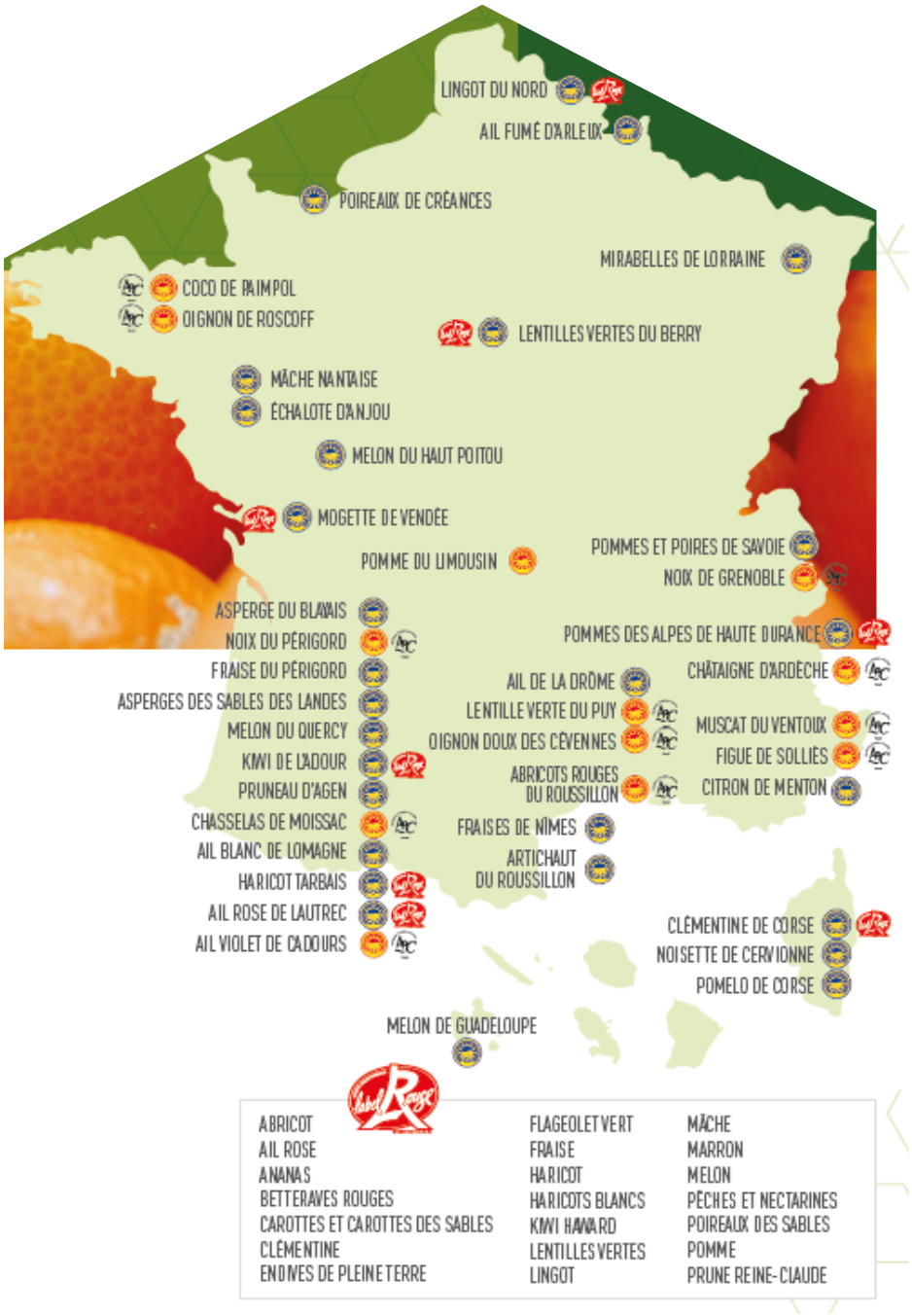


Figure 2 Carte des Signes Officiels de Qualité et d'Origine des fruits et légumes produits en France. Cette carte ne comprend pas les SIQO de l'agriculture biologique et des boissons alcoolisées. Source : AND International 2017, données 2015

Tableau 7 Synthèse des données économiques des SIQO (hors agriculture biologique) pour les fruits de table et quelques fruits transformés. La liste complète des SIQO compris dans cette étude est donnée en Annexe 3. Source : AND International 2017, données 2015

Catégorie de fruits de l'étude	Nb denom. SIQO	Val SIQO (€)	% val tot SIQO	Vol SIQO produit (t)	Vol SIQO com (t)	% vol SIQO com / vol SIQO produit	Vol tot FR (t)	% vol SIQO produit / vol tot FR	% vol SIQO com / vol tot FR	Surf SIQO (ha)	Surf tot FR (ha)	% surf SIQO / surf tot	Nb prod.
Fruits à noyau[22]	6	100 327	44%	119 828	69 250	58%	460594	26%	15%	12589	29375	43%	1312
Agrumes[23]	2	42 307	19%	26 406	21 948	83%	35641	74%	62%	1456	2592	56%	165
Noix noisettes	3	34 719	15%	19 458	11 564	59%	51180	38%	23%	11310	26050	43%	1 956
Pommes poires	4	14 919	7%	103 965	17 838	17%	1741544	6%	1%	2278	41903	5%	311
Kiwi	2	9 166	4%	11 519	4 582	40%	67074	17%	7%	623	3781	17%	174
Olives	7	3 846	2%	2 335	640	27%	36 475	6%	2%	5 939	17 326	34%	3 727[24]
Fraises	3	2 588	1%	677	615	91%	57901	1%	1%	37	3341	1%	90
Autres fruits[25]	6	18 307	8%	9149	6 474	71%	56670	16%	11%	2782	13400	21%	777
Total / moyenne	**33**	**226 179**	**100%**	**293 337**	**132 911**	**45%**	**2 507 079**	**12%**	**5%**	**37 014**	**137 768**	**27%**	**8 512**

[22] Les fruits à noyaux comprennent les prunes, abricot, pêches, nectarines
[23] Les agrumes comprennent les clémentines, mandarines et les pamplemousses
[24] La source de ce chiffre est l'AFIDOL. Ce chiffre comprend les producteurs amateurs.
[25] Les autres fruits compris dans l'étude sont l'ananas, la figue, le raisin de table et les marrons et châtaignes

La surface totale engagée dans la production de fruits sous SIQO est 37 000 ha, soit 27% de la surface des filières au sein desquelles sont enregistrés des SIQO (137 768 ha, Tableau 7) et 21% de la surface totale française de cultures fruitières (171 103 ha, Tableau 1**). Le volume des fruits SIQO produit total s'élève à 293 337 tonnes** soit **12%[26] du volume produit dans ces filières**. Près de la moitié de ce volume (45%) est effectivement commercialisé sous SIQO, ce qui représente un total de 132 911 tonnes.

L'olive est le fruit ayant le plus de dénominations (5 dénominations en fruits de table), sa principale dénomination étant l'AOP Olive noire de Nyons. La pomme et la fraise sont en 2 et 3ème position avec 4 dénominations pour la pomme et 3 dénominations pour la fraise (Tableau 7).

En termes de volume, les agrumes représentent la plus grande part de production sous SIQO : 74% de la production nationale. Cette importante part de la production sous SIQO est majoritairement due à la production de la Clémentine de Corse (IGP) (AND International, 2017).

Les noix et noisettes sont le deuxième secteur sous SIQO, en termes de part de la production totale produite sous SIQO (38%). Les AOP Noix de Grenoble et Noix du Périgord représentent la majorité de la production (AND International, 2017).

Si la part de production sous SIQO est faible pour le secteur des pommes et des poires (6%), le volume potentiel total sous SIQO de ces fruits est l'un des plus élevés (103 965 tonnes en 2015). Le principal SIQO de ce secteur est l'AOP de la Pomme du Limousin (AND International, 2017).

Les fruits à noyaux sous SIQO représentent 26% de la production nationale, avec un important volume produit associé (119 828 tonnes en 2015). Cette importante production est due aux IGP Mirabelle de Lorraine et au Pruneau d'Agen (fruits transformés).

La faible part de volumes de SIQO produits effectivement commercialisés (45% en moyennes) est due au déclassement des produits, non conformes aux cahiers des charges ou lié à une demande insuffisante et un prix fixé trop bas. Dans ce dernier cas, les opérateurs préfèrent déclasser un produit SIQO que de le vendre à un prix trop faible (les produits hors SIQO sont en effet moins chers) (AND International, 2017).

1.1.5.3 L'agriculture biologique en production fruitière : la filière Fruit première filière en bio depuis les années 2000

1.1.5.3.1 L'agriculture biologique représente 13% des surfaces fruitières

Les données de surfaces en agriculture biologique sont diffusées par l'Agence Bio (Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, 2018). Les données de production sont produites par l'Observatoire économique de l'agriculture biologique d'Interfel. Cet observatoire recense des volumes au stade de la première mise en marché via des enquêtes annuelles. Cette récolte de données est effectuée en partenariat avec les interprofessions bio régionales. Ces données de surface et de production sont présentées dans le Tableau 8.

Les volumes labellisés en agriculture biologique sont de l'ordre de **85 000 tonnes soit 3% de la production totale fruitière** (moyenne sur les années 2015, 2016 et 2017) (Tableau 8). Il est important de noter que le volume d'olives produits en agriculture biologique n'est pas connu et n'est pas pris en

[26] Ce chiffre ne prend pas en compte les filières sans SIQO. Par exemple, la cerise ne comprenant pas de production sous SIQO, son volume n'est pas compté dans le volume total des filières.

compte dans ce total. Le kiwi est la production fruitière représentant la plus grosse part de production en agriculture biologique **: près d'un kiwi sur 5 est produit en AB**. La production de poire en AB représente 7% de la production totale. Les autres espèces fruitières ont des productions en AB de l'ordre de 2 à 3% de la production totale française.

Les surfaces de cultures fruitières en agriculture biologique s'étendent sur **22 000 ha représentant 13% de la surface des cultures fruitières en France** (moyenne sur les années 2015, 2016 et 2017) (Tableau 8). Cette part calculée à partir des données Agreste (SAA) pour la surface totale est inférieure à la part communiquée par l'agence bio de près de 20% en 2016 (Figure 5) (Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, 2018). Cette différence est expliquée par la prise en compte des surfaces en conversion dans le chiffre de 20% de l'Agence Bio. L'olive, le kiwi et la poire sont les fruits produits en plus forte proportion en agriculture biologique (Tableau 8).

Tableau 8 Volume et surface de fruits produits en agriculture biologique (moyenne sur les années 2015, 2016 et 2017). Source : (Interfel and CTIFL, 2019) pour les volumes de production et (Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, 2018)

Espèce fruitière	Volume en AB (t) (Moyenne 2015-2017)	Part des volumes produits en AB (%) (Moyenne 2015-2017)	Surface en AB (ha) (Moyenne 2015-2017)	Part de surfaces produites en AB (Moyennes 2015-2017)
Pomme	39 381	2%	3 643	7%
Kiwi	11 130	18%	572	15%
Poire	9 868	7%	555	10%
Pêche et nectarine	6 249	3%	493	5%
Abricot	3 767	3%	832	7%
Fraise	952	2%	ad	ad
Olive	ad	ad	4 689	27%
Autres	13 374	3%	11 033	13%
Total	**84 721**[27]	**3%**	**21 816**	**13%**

[27] Somme qui n'inclut pas les données de l'olive

1.1.5.3.2 L'essor précoce de l'agriculture biologique dans la filière fruits : les surfaces converties quadruplent en 15 ans

La Figure 5 représente l'évolution de la part des surfaces converties en AB et en conversion pour chacune des grandes typologies de culture française.

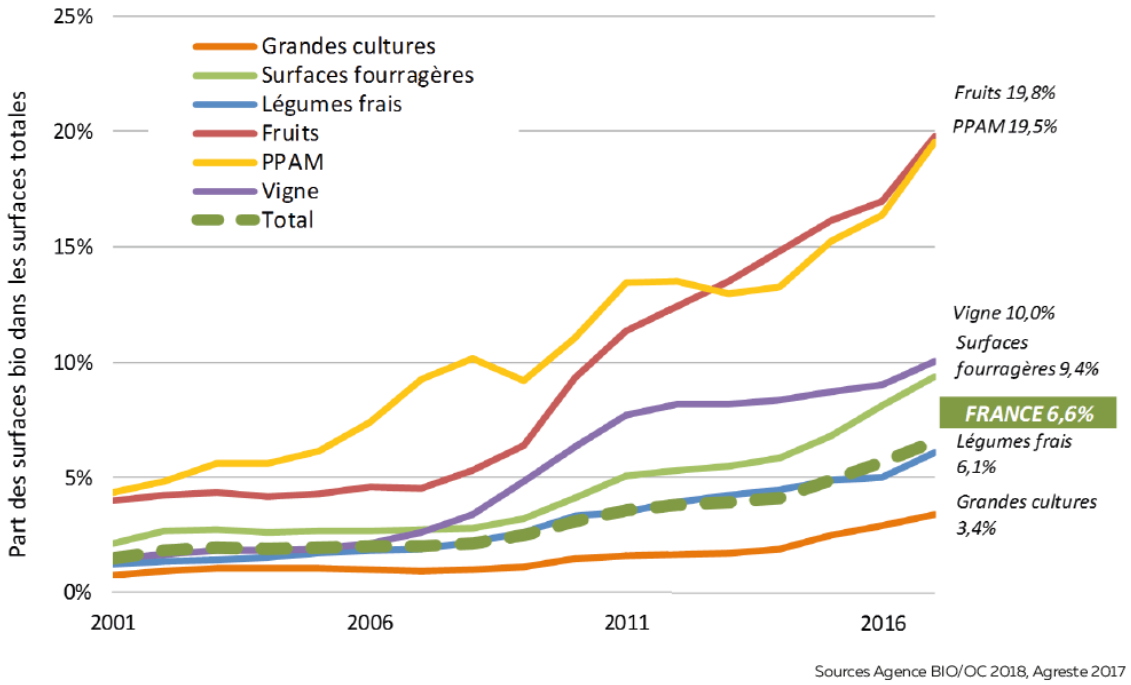


Figure 3 Evolution de la part des surfaces nationales conduites en agriculture biologique de 2001 à 2017. (*PPAM : Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales). Source : Agence Bio 2017

Les vergers sont les cultures représentant la plus grande part de surface convertie en agriculture biologique : près de 20% en 2016 d'après l'Agence Bio (Figure 5), part bien supérieure à la moyenne nationale de 6,6% en 2016. Le dynamisme de la conversion est fort : la part de surface convertie a quadruplé en 15 ans.

La production de fruits sous signe de qualité est l'un des atouts majeurs de la filière des fruits frais. Elle se démarque des autres filières par la production de fruits de haute qualité et un ancrage territorial fort. Les volumes produits sous SIQO sont plutôt élevés (12% de la production française) mais la demande du marché et les exigences des cahiers des charges diminuent les volumes effectivement commercialisés sous SIQO (5% de la production française).

1.2 La très grande diversité de produits issus de la transformation de fruits

Il existe une grande diversité de transformations de fruits. La Figure 6 présente les principaux types de produits obtenus à partir des fruits (Grigoraş, 2012). Chaque partie du fruit est valorisée en transformation et génère des coproduits également valorisables comme les coques ou la peau.

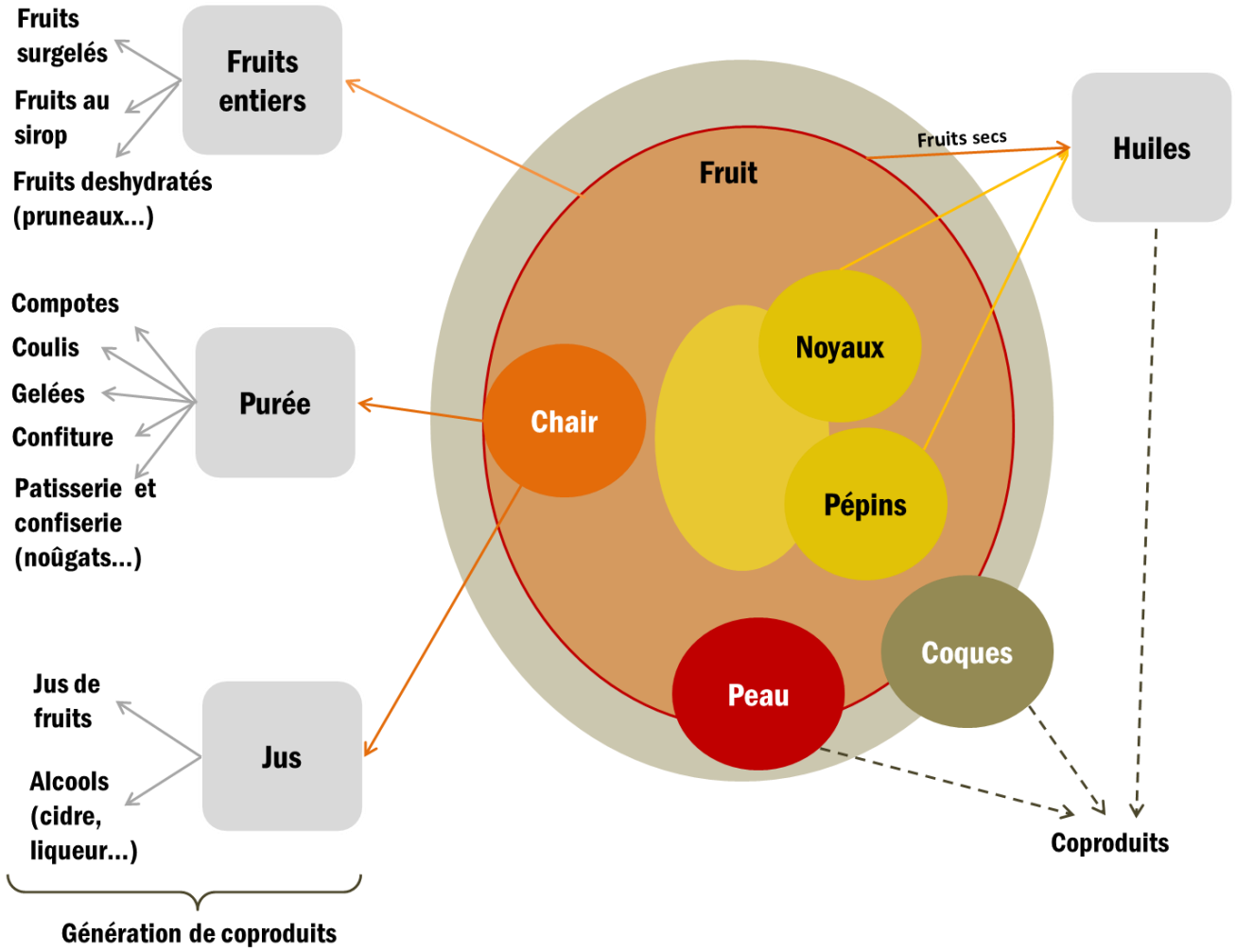


Figure 4 La valorisation complète de chaque partie des fruits en transformation et en coproduits. Source : Grigoraş, 2012 et (D. Bergère, communication personnelle)

1.2.1 La transformation des fruits provenant de vergers spécifiquement dédiés à la transformation

1.2.1.1 Près de 260 000 tonnes de pomme à cidre destinées à produire du cidre, poiré, eaux de vie de cidre, mistelle et jus de pomme

Les vergers de pommes à cidre sont classiquement séparés en deux catégories :

- Les vergers basse-tige (Figure 7) :

Ces vergers modernes (installés à la fin des années 80) sont plantés en haute-densité (environ 800 arbres/ha). Le tronc mesure de 40 à 60cm, les arbres sont de petites tailles. Les vergers basse-tige s'étendent en France sur 9000 ha et produisent en moyenne 225 000 tonnes de pommes par an (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle). Cette forme de vergers assure la majorité de la production de pommes à cidre transformées (88%) (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle).

- Les vergers haute-tige (Figure 8) :

Cette forme de vergers plus traditionnelle est plantée en faible densité (environ 100 arbres/ha). La fonction de ces vergers est souvent double : pâturage pour l'élevage et production de pommes. Le tronc est dépourvu de branches et mesure de 1,80 m à 2 m. La surface de vergers haute-tige en France est de l'ordre de 3 000 ha soit un quart des surfaces de pommiers à cidre et produisent en moyenne 35 000 tonnes/an (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle).

Au total, la production de pomme à cidre représente 260 000 tonnes chaque année.

Les produits cidricoles sont très divers (IFPC, 2018): cidres, poirés (fabrication similaire au cidre mais 100% à base de poire), eaux de vie de cidre (notamment le Calvados), mistelles (notamment le Pommeau, élaboré à partir d'un mélange de moût de pommes et de Calvados), le jus de pomme et vinaigre. Le cidre représente la transformation principale de cette filière (60% des pommes à cidre transformées). La production totale de cidre s'élève à 950 000 hectolitres/an. La production totale de calvados est de l'ordre de 15 000 hectolitres d'alcool pur[28]. Le jus de pomme représente une production de 45 millions de litres/an.

1.2.1.2 Les autres productions issues de vergers exclusivement dédiés à la transformation : les pruneaux, cerises bigarreaux d'industrie et les pêches pavie

Les chiffres clés du pruneau et du bigarreau sont présentés en Annexe 2 et Annexe 4 (FranceAgriMer, 2017) et résumés dans le Tableau 9.

Tableau 9 Production de pruneaux, de bigarreaux (sirop et confits) et de pêches pavies au sirop. Source : FranceAgriMer 2017 et communication personnelle de D. Bergère (AFIDEM)

[28] En général la commercialisation se fait à un titre alcoométrique volumique de 40 à 45% vol

Espèce fruitière		Produits transformés	Production (moyennes 2014-2016)
Prune à pruneau		**Pruneau**	40 000 t
Cerises bigarreau	**Bigarreau au sirop**	430 t ½ brut	
	Cerise confite	6400 t	
Pêches pavie	**Pêche au sirop**	Moyenne annuelle de 5 000 t utilisée pour la transformation mais absence de données sur la production de pêches au sirop	

La production de pruneau représente un volume important (40 000t) (Tableau 9). La majorité des bigarreaux sont destinés à la production de bigarreaux au sirop (Tableau 9). La production de pêche au sirop est un petit débouché, les fruits destinés à cette transformation représentant près de 5% de la production totale de fruits (moyennes 2015-2017) (Tableau 9).

1.2.1.3 La production d'huiles d'olive : le débouché majoritaire de la filière de l'olive

Les olives destinées à la production d'huiles d'olive proviennent de vergers spécialisés. La production moyenne d'huile d'olive s'élève à 5 000 tonnes chaque année, produite à partir de 21 à 25 000 tonnes d'olives (Figure 9). L'huile représente le débouché principal de la production d'olives (94% de la production y est destinée). 250 tonnes de tapenade sont produites issus des écarts de tri d'olives de table.

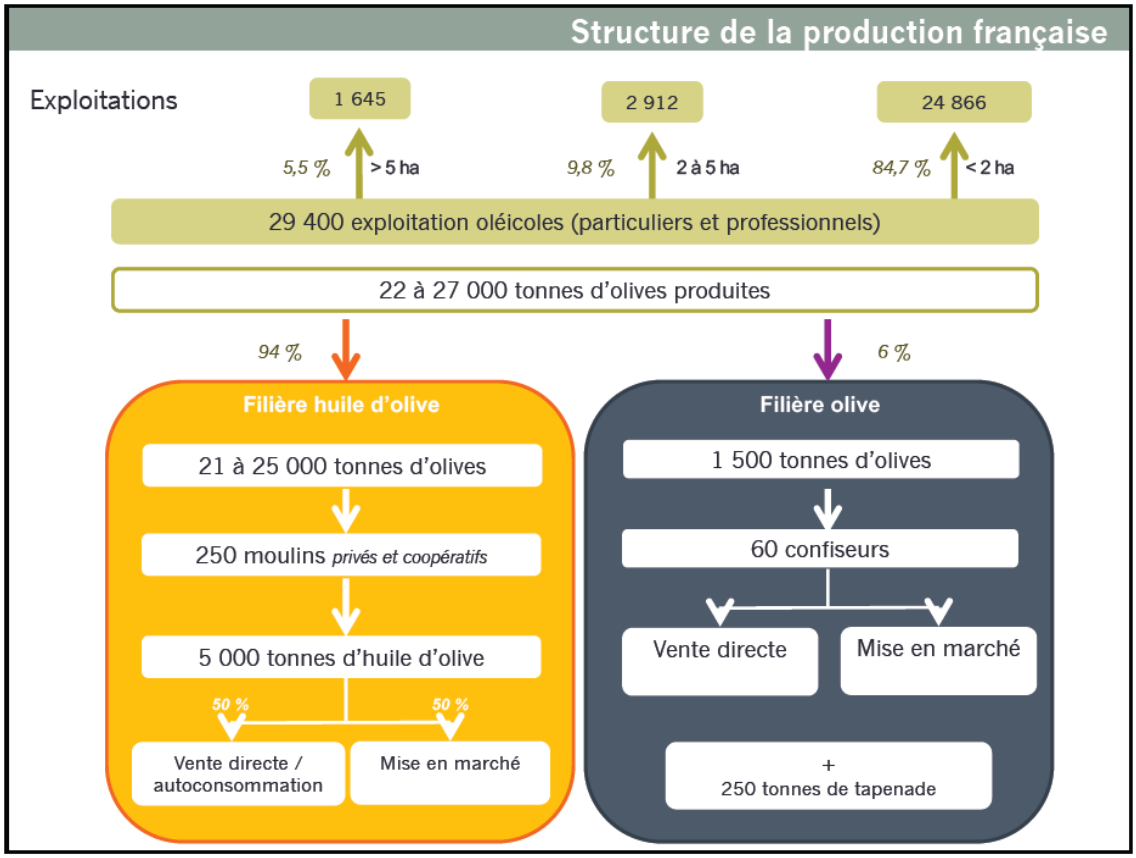


Figure 5 Structure de la production française d'olives de table et d'huiles d'olive. Source : Paris 2019, AFIDOL

1.2.2 La grande diversité de produits transformés issus de la valorisation des écarts de tri de fruits de table

Le secteur des fruits transformés est majoritairement approvisionné par les écarts de tri des vergers de table et les invendus en fin de saison (D. Bergère (AFIDEM), communication personnelle). Les écarts de tris sont les fruits non commercialisables car ils ne répondent pas aux normes de calibrage et d'aspects. La transformation permet donc de valoriser ces fruits triés. Pour la pomme de table, les écarts de tri alimentent environ 90% des volumes destinés à la transformation.

Contrairement aux légumes, la filière fruits possède assez peu de données sur l'ensemble des quantités transformées. Les données récoltées sur les fruits transformés ont été partagées par l'AFIDEM, Association Française Interprofessionnelle des Fruits et Légumes à Destinations Multiples transformés (Tableau 11). L'AFIDEM, créée en 1985, recouvre les filières de production de pommes, abricots, pêches, poires, prunes mirabelle et reine-claude et cassis pour l'approvisionnement des usines de transformation sur les segments de marché des compotes, confitures, fruits surgelés, jus de fruits, liqueurs et crèmes de fruits et autres utilisations (préparations de fruits). La filière ne dispose pas de chiffres sur le segment du surgelé.

Tableau 10 La quantité de fruits, provenant d'écarts de tri, destinés à la transformation et représentée par l'AFIDEM. Cette quantité comprend les fruits importés Source : AFIDEM

Filière de l'AFIDEM	Quantité de fruits transformés (t)
Pomme (hors filière cidricole)	350 000 (dont 40 000 tonnes de fruits importés)
Abricot	10 000
Pêche	20 000
Poire	25 000
Prunes Mirabelles, Reine Claude	7 000
Cassis	8 000

- **Le secteur des confitures, compotes et autres conserves de fruits**

Le Tableau 11 présente la production de ce secteur. La production totale atteint 584 000 tonnes (moyenne des productions de 2014 à 2016). La compote représente le plus gros volume (46% de la production totale), suivie par les confitures, gelées, marmelades (22%) et les purées « compotes » sans sucres ajoutés (22%). La production de fruits au sirop et fruits à l'eau et de produits à base de marrons représentent de plus faibles parts de tonnage (7% et 4% respectivement).

De 2007 à 2016, la production de fruits transformés en confitures, compotes et conserves a augmenté de 18%. Le secteur de la compote est particulièrement dynamique : il enregistre une forte hausse de près de 82% en dix ans.

Tableau 11 Production de confitures, compotes et autres conserves de fruits en tonnes. Source : AFIDEM

Production(t) / Produits	Moyenne (2008-2010)	Moyenne (2014-2016)	Evolution	Part de la production (2014-2016)
Confitures, gelées, marmelades	116	126	9%	22%
Compotes	243	269	11%	46%
Fruits au sirop et fruits à l'eau	46	42	-8%	7%
Produits à base de marrons	20	20	0,6%	4%
Purées « Compotes » sans sucres ajoutés	69	126	82%	22%
Total	495	584	18%	

- **Les jus de fruits**

Les principaux jus de fruits produits en France à partir de fruits français sont le jus de raisin et le jus de pomme (D. Bergère (AFIDEM), communication personnelle). Pour la pomme, des purs jus sont majoritairement produits qui représentent environ 65000 tonnes réparties entre la filière cidricole et les écarts de pomme de table.

- **Le cassis**

Le cassis est exclusivement destiné à la transformation (fabrication de liqueurs, purée, coulis, jus, confiture).

- **Confiserie et pâtisserie**

L'amande soit faiblement produite en France à l'heure actuelle, elle trouve des débouchés en confiserie et en pâtisserie (Figure 6) (Christy, 2017) : nougats, calissons, dragées, biscuits… La production d'amande est largement insuffisante pour la transformation française, obligeant les transformateurs d'importer des amandes, essentiellement d'origine américaine. Les professionnels de la transformation se disent prêts à se fournir en amandes plus chères mais produites localement. D'autres fruits secs sont également beaucoup demandés comme les cerceaux de noix (entiers, brisures, poudre) et les noisettes décortiquées (chocolat, poudre, etc.).

- **Huiles alimentaires**

Différentes huiles peuvent être produites à partir de fruits secs (huile de noix, de noisette, d'amandes) dont les débouchés ne sont pas seulement alimentaires (cosmétiques…). Certaines huiles peuvent être extraites de pépins comme l'huile de pépins de raisin. Cependant, la production de ces huiles est difficile à quantifier (Scandella and Serrurier, 2014).

1.3 La production de coproduits de la filière Fruits issus principalement de la transformation valorisable dans d'autres filières

Le coproduit est une matière créée non intentionnellement mais inévitablement en même temps que le produit final (Elothmani, 2014). Le coproduit se distingue du déchet car il possède des caractéristiques lui permettant de répondre à un usage particulier (Elothmani, 2014). Selon le Comité National des Coproduits, animé par l'Institut de l'Elevage (IDELE), le terme «coproduit » n'est pas défini dans la règlementation française : « La définition et l'utilisation du terme "coproduit" relève plutôt d'un consensus entre les professionnels. Dès lors que le produit est valorisé, il sera nommé "coproduit" ».

Les coproduits sont abordés dans ce rapport comme une production à part entière de la filière.

Le bois issu de l'entretien des vergers est également considéré comme un coproduit mais cet aspect sera traité dans la partie suivante sur la production d'énergies renouvelables.

1.3.1 La nature des coproduits de la production de fruits de table et de fruits destinés à la transformation

A notre connaissance, aucune étude n'existe sur la génération des coproduits par l'ensemble de la filière Fruits.

L'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) mis en place par FranceAgriMer évalue la disponibilité des biomasses issues de l'agriculture, de la gestion des forêts, de l'industrie agroalimentaire et des déchets urbains. Dans le cas de la filière fruits, l'ONRB ne suit que **le marc de pomme déshydraté issu de la transformation de produits cidricoles** et l'étude de 2016 souligne l'absence d'autres données pour les coproduits de fruits (FranceAgriMer, 2016).

Certaines études se sont concentrées sur le devenir d'un coproduit, pour une valorisation précise comme les études menées par le Comité National des Coproduits de l'IDELE (Comité National des Coproduits, 2012). Cependant, ces études procurent peu d'éléments sur la valorisation des coproduits effective à l'heure actuelle.

Une enquête a été lancée récemment dans le cadre du projet AlpBioEco (AlpBioEco, 2018). Ce projet européen a pour objectif d'estimer les potentiels de valorisation en bioéconomie des filières pomme, noix et des fourrages dans les Alpes (départements français : Vaucluse, Bouches-du-Rhône, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Drôme, Isère, Loire et Rhône). Le projet a officiellement débuté en avril 2018 et devrait s'achever en janvier 2021. Les résultats d'une étude bibliographique sur les productions innovantes fabriquées à partir des matières premières des vergers de pommes et de noix ont été publiés en 2019 (Figure 10) (AlpBioEco, 2019). Il ne s'agit pas de coproduits effectivement valorisés à l'heure actuelle mais de nouvelles valorisations qui seraient envisageables. Pour la pomme, le marc est l'un des coproduits principal issu de la fabrication de jus de pomme ou de cidre (Figure 13 & Figure 12). Le marc est constitué de pommes broyées et pressées et de pépins. Le marc peut être la matière première pour l'extraction d'arômes, de suppléments alimentaires à base d'huile et même de snacks confectionnés à partir d'imprimantes 3D (Figure 11). Le marc pourrait également être utilisé pour la confection de granulés pour chauffage ainsi que constituer du fourrage hautement protéiné et fibreux pour l'alimentation animale (Figure 10). Du marc peut être extrait de la cire et des polyphénols. La cire de pomme pourrait constituer des cires biodégradables, qui empreignent des emballages alimentaires, le fart des skis ou les cires ménagères. Les polyphénols constituent de bons compléments

alimentaires et l'ajout de marc lors de la confection de yahourt permet d'augmenter la concentration en polyphénols.

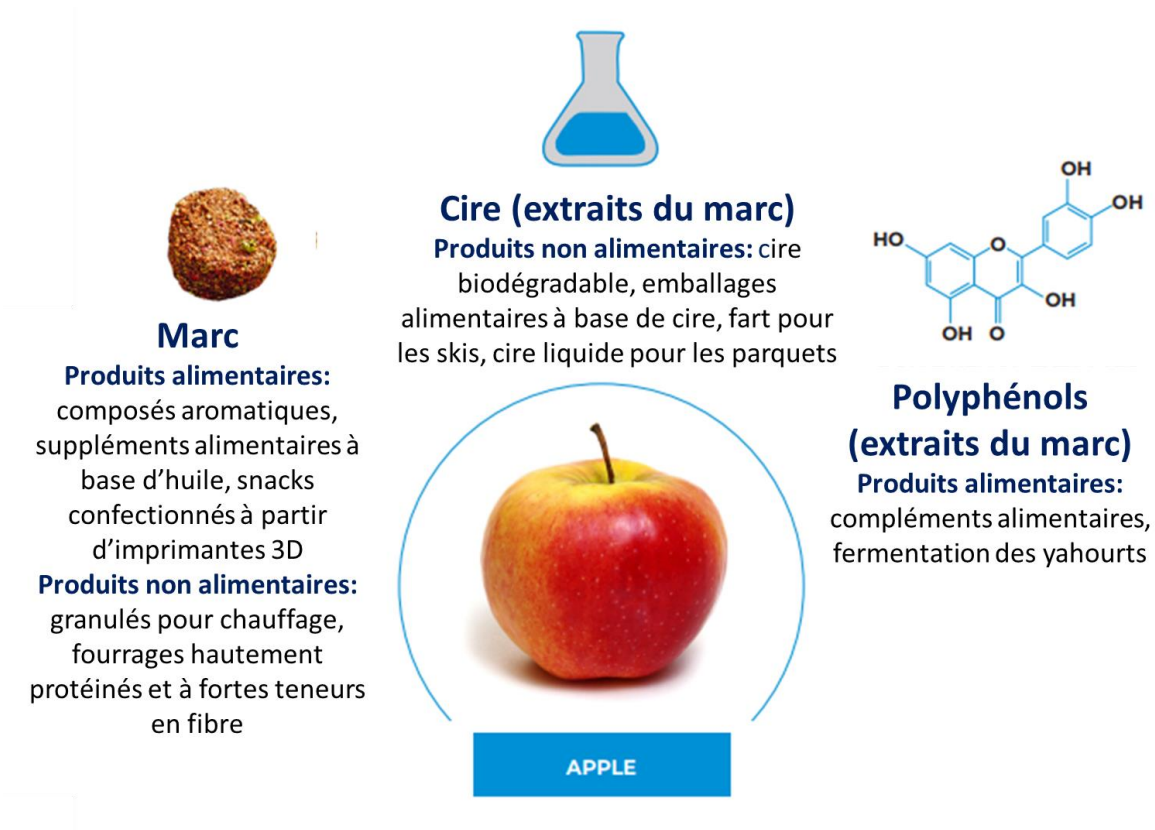


Figure 6 Valorisations possible d'extraits de pomme. Source : AlpBioEco (2019)

Figure 7 Cubes de marc de pomme réalisés par une imprimante 3D. Source : AlpBioEco (2019

Dans la suite de cette partie, nous prendrons essentiellement l'exemple du marc de pomme, coproduits issus de la filière cidricole, pour lesquels des données existent.

Selon le rapport 2016 de l'observatoire national des ressources en biomasse, le volume total de marc de pommes généré par l'industrie cidricole est de 7 000 tMS/an (Figure 15) (FranceAgriMer, 2016).

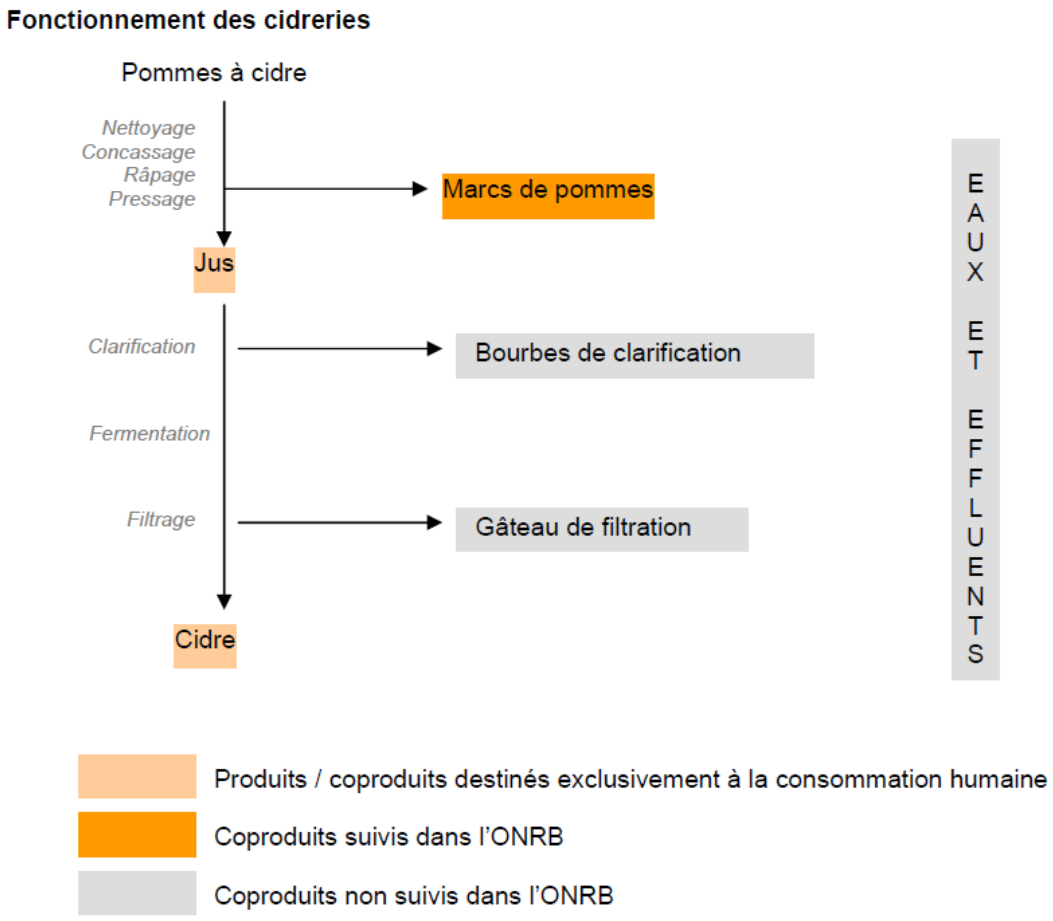


Figure 8 Les différents coproduits issus de la production de cidre. Source : FranceAgriMer, 2016

A la sortie du pressoir, le marc de pomme est un produit instable (Comité National des Coproduits, 2012). Pour augmenter sa longévité, le marc peut être surpressé ou déshydraté.

Figure 9 Marc de pommes issus du pressurage de pommes à cidre. Source : http://blog.exometeofraiture.net/blog/2018/10/29/fabrication-cidre/marc-broyage-pomme-cidre/

1.3.2 Les différentes voies de valorisation effective et potentielle des coproduits de la filière Fruits

1.3.2.1 La principale destination des coproduits : compostage et/ou épandage en vergers

Il s'agit sans doute de la principale destination des sous-produits du tri et de la transformation.

L'épandage et le compostage consistent à recycler des éléments fertilisants en agriculture. Les résidus de fruits peuvent-être utilisés directement comme fertilisants par épandage. Les résidus peuvent être également compostés s'ils ont subi une étape préliminaire de séchage, puis ce compost peut être épandu dans les vergers.

La filière pruneau valorise par exemple la plupart des écarts de tri chez l'agriculteur (prunes écrasées ou éclatées, prunes de très petit calibre, feuilles) de cette manière (S. Rashidi (BIP), communication personnelle).

Les écarts de tri de pommes de cidre sont ré-épandus en champs (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle). La moitié du volume de pommes de table, écarté des ventes à cause de maladies de conservation, est destinée au compostage (soit 2% du volume total de fruits produits en sortie de ferme) (Figure 14).

Un volume de 1 000 tMS/an soit 15% de la production totale de marc de pomme est utilisé en épandage et pour l'alimentation animale (Comité National des Coproduits, 2012). Le marc de pomme est riche en matière azotée mais assez pauvre en phosphore et potassium (Tableau 12). En prenant comme référentiel les apports moyens au sol en pommier français en 2015 issus des données de la SAA (Agreste), une équivalence en volume de marc de pomme a été estimée dans le Tableau 12. Ce calcul simple a été effectué en faisant l'hypothèse que l'ensemble de l'apport de marc organique se minéralisait dans le sol. Si l'apport de marc de pomme permettait de répondre aux besoins d'azote (0,7 à 0,5 t MS/ha nécessaire), de très grandes quantités seraient nécessaires pour satisfaire les besoins

en phosphore et en potassium (7 à 16 t MS/ha pour le potassium et 17 à 33 t/ha MS pour le phosphore) (Tableau 12).

Tableau 12 Composition chimique du marc de pomme et calcul de la quantité de marc de pomme nécessaire pour une fertilisation complète de vergers de pommiers. Source : (Comité National des Coproduits, 2012)

	Marc de pomme	Apports moyens au sol en France en pommier en 2015	Apport de marc de pomme nécessaire dans le cas d'une minéralisation complète en verger de pommiers
Azote	7-9 % MS matières azotées totales	58 kg/ha	0,7 – 0,8 t MS/ha
Phosphore	1-2 g/kg MS	33 kg/ha	17 - 33 t MS/ha
Potassium	4-10 g/kg MS	65 kg/ha	7 – 16 t MS/ha

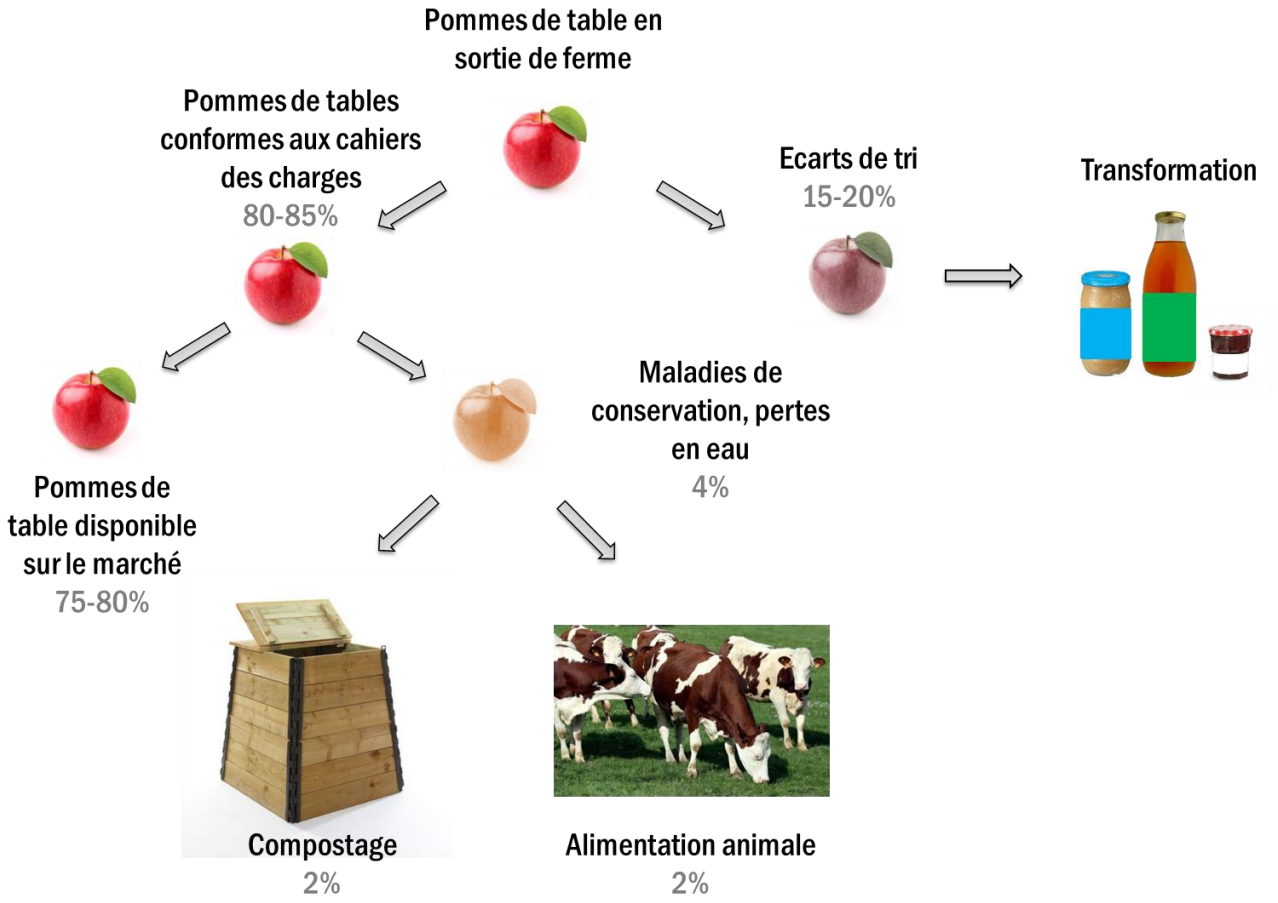


Figure 10 Destination des pommes de table après la sortie de ferme. Source : P. Varlet (ANPP), communication personnelle

1.3.2.2 Valorisation dans l'alimentation animale : une valorisation effective des coproduits des fruits mais des pratiques encore mal quantifiées

Les coproduits valorisés par l'alimentation animale peuvent provenir de la transformation de fruits ou des écarts de tri de fruits de table. A notre connaissance, aucun chiffre n'a été publié sur la part de ces coproduits effectivement valorisée en alimentation animale.

L'ANPP a pu estimer que la moitié du volume de pommes de table écarté des ventes à cause de maladies de conservation est destiné à l'alimentation animale, soit 2% du volume total de fruits produits en sortie de ferme (Figure 15) (P. Varlet (ANPP), communication personnelle). L'IFPC nous a également indiqué que la valorisation en alimentation animale était l'un des débouchés principaux des coproduits générés par la transformation en cidre (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle).

Estimations 2014/2015 milliers de tMS / an				
	Volume Total Produit	Volume Usage 1 - épandage et alimentation animale	Volume Usage 2 - marc déshydraté pour l'industrie de la pectinerie	Volume Supplémentaire Disponible
marcs de pomme	7	≈ 1 (15%)	≈ 6 (85%)	ε

Figure 11 Production de tonnes de matière sèche de marcs de pomme issus de la filière cidricole. Source : Observatoire national des ressources en biomasse, FranceAgriMer (2016)

Le marc de pomme possède une valeur énergétique relativement élevée mais peu de matières azotées digestibles. Son utilisation dans l'alimentation animale se révèle intéressante pour les bovins (lait et viande) et les ovins. Il n'existe pas de références techniques d'intérêt nutritionnel du marc pour les chèvres laitières et les équins. L'étude du Comité National des Produits précise que le marc de pommes frais peut être cédé gratuitement ou à 3-4,5€/tonne de produit brut. Le prix du marc déshydraté est plus élevé et variable selon la saison (en moyenne 150€/tonne de produit brut). Ces prix sont cependant très indicatifs et datent de 2012.

Le rapport de l'observatoire national des ressources en biomasse de 2016 conclue qu'ils demeurent mal valorisés (FranceAgriMer, 2016). En effet, les marcs représentent un potentiel énergétique intéressant, notamment en méthanisation. Une tonne de matière fraiche de marc pourrait ainsi produire 170 m3 de biogaz soit l'équivalent de 850 kWh ou 85 litres de carburant[29].

Les coproduits de pomme peuvent également être utilisés dans la nutrition d'insectes, eux-même utilisés comme nourriture pour la culture de poisson et les cultures avicoles (exemple de la start-up Mutatec à Chateaurenard).

1.3.2.3 Valorisations multiples dans l'industrie alimentaire : extraction de pectines, huiles, vinaigre, alcools alimentaires…

A partir de certains fruits (notamment la pomme), il est possible d'extraire de la gelée constituée de pectines qui peuvent être utilisées dans la confection de produits alimentaires. Au-delà de leurs usages traditionnels dans la recette de la confiture, les pectines sont utilisées dans un large spectre de process

[29] Source : fiche « Méthanisation en Provence-Alpes-Côte d'Azur, valorisons les ressources de nos territoires »

alimentaires : produits laitiers, nappages, confiserie, autres produits à base de fruits. L'utilisation de pectines en agro-alimentaire est perçue positivement par les consommateurs et permet notamment la confection des produits bio, sans additifs alimentaires de synthèse.

Le marc de pomme peut être par exemple valorisé en pectinerie. Environ 60 000 tonnes de marc, produit à partir de 190 000 tonnes de pommes après extraction du jus et séchage, seraient valorisées en pectinerie chaque année par la filière cidricole (Y. Gilles (IFPC), communication personnelle,). Le rapport 2016 de l'observatoire national des ressources en biomasse indique que la majorité du volume de marc généré par la filière cidricole est redirigé vers l'industrie de la pectinerie (6 000 t MS/an soit 85% de la production de matière sèche totale).

Comme nous l'avons déjà évoqué dans la partie transformation du rapport, il est également possible d'extraire de l'huile des coproduits de la transformation de fruits. Les pépins sont pressés afin d'obtenir une huile brute qui sera raffinée dans la suite du process. Ces huiles peuvent être utilisées en agro-alimentaire, en cosmétique et en pharmacie. A l'heure actuelle, nous ne sommes pas en mesure de quantifier les parts de fruits destinées à ces filières.

Les résidus de fruits contenant une teneur minimale de 8% de sucres peuvent être utilisés pour produire du vinaigre et de l'alcool alimentaire. Une partie des écarts de tri des prunes (prunes écrasées ou éclatées, prunes de très petit calibre) est par exemple vendue aux distilleries de l'Est de la France (S. Rashidi (BIP), communication personnelle). Certaines études se sont même intéressées à la production de levure de boulangerie à partir de résidus de pommes (Bhushan et al., 2008).

Des extraits de fruits peuvent également être utilisés pour la fabrication de compléments alimentaires comme les polyphénols (propriétés antixoydantes) ou la vitamine C (propriétés toniques).

1.3.2.4 Valorisation encore mal connue dans l'industrie cosmétique

A notre connaissance, aucune étude n'existe sur la valorisation des coproduits dans l'industrie cosmétique.

Les fruits sont revalorisés dans cette industrie pour leurs propriétés cosmétiques. De nombreuses huiles sont extraites des noyaux et pépins de fruits pour servir de base aux crèmes hydratantes (huiles de prunes, huiles d'olives, huiles de pépins de pommes et de poires…)

Certains extraits sont utilisés comme agents masquants, qui réduisent l'odeur de base d'un produit cosmétique. C'est le cas par exemple de l'eau de kiwi. D'autres fruits ont des propriétés qui leur sont spécifiques. L'eau de de cassis (INCI[30] « Rubus Idaeus Fruit Extract ») a des propriétés astringentes et tonifiantes. L'extrait de pêche (INCI « PRUNUS PERSICA FRUIT EXTRACT ») a des propriétés abrasives.

1.3.2.5 Valorisation sous forme de biomasse et d'agro carburants : une valorisation à haute valeur ajoutée qui est au stade de la recherche

La valorisation sous forme de biomasse et d'agro carburant est au stade de la recherche et n'est pas encore mise en œuvre à notre connaissance.

La matière organique des résidus de transformation peut être utilisée pour la production de biomasse de levure, sans autre apport nutritif (Grigoraş, 2012). Certaines levures, se développant sur les résidus

[30] INCI : International Nomenclature Cosmetics Ingredients

d'agrumes, possèdent des propriétés intéressantes : elles sont capables d'accumuler des éléments antioxydants très importants pour la diète humaine. Les résultats des premières études indiqueraient qu'une tonne de résidus frais de fruits permettrait de produire 10 kg de biomasse de levure séchée avec un contenu élevé en éléments antioxydants (sélénium) et en protéines (Grigoraş, 2012).

Certaines études se sont intéressées à la production de bioéthanol à partir de résidus de fruits protéines (Grigoraş, 2012). Le bioéthanol est produit à base de matières premières riches en saccharose qui subissent une hydrolyse et une fermentation. Ainsi, Patle et Lal (2007) ont testé des résidus de différents fruits pour la production de ce biocarburant : pommes, oranges, mangues et ananas. D'après les résultats obtenus, la pomme permettrait d'obtenir le volume le plus élevé de bioéthanol. Sharma et al. (2007) ont également montré que des résidus de tangerine et de peaux de bananes constitueraient un bon substrat pour la production de bioéthanol par fermentation.

1.3.2.6 Autres valorisations possibles

Les noyaux peuvent être utilisés en chaufferie dans des chaudières dites poly-combustibles (qui acceptent des produits moins homogènes et plus humides) (Christy, 2017). C'est le cas par exemple des noyaux d'oliviers qui alimentent des chaudières à biomasse en Espagne. Un litre de fuel équivaudrait à 2 kilos de noyaux d'olives (Brandl, 2013). Une production d'huile d'olive de 1,5 millions de tonnes par an génère environ 2,5 millions de tonnes de noyaux d'olives qui pourraient chauffer jusqu'à 550 000 foyers selon l'article. Biomass Concept[31] est un exemple d'entreprise espagnole produisant de l'énergie à partir de noyaux et de coquilles de fruits (cerises, abricots, pêches, noix, pistaches et amandes) (Christy, 2017).

Figure 12 Bio granulats fabriqués à partir de coques de pêches et d'abricots utilisés en gravillonnage et en paillage. Source : http://www.biogranulats.com/

Les coques de noyaux de pêches et d'abricot peuvent être utilisés par exemple en bio granulats, utilisables pour gravillonnage et pour paillage (Figure 16).

Une multiplicité de valorisation des coproduits est possible. Pourtant, de nombreuses données manquent sur l'utilisation effective des coproduits dans les diverses filières évoquées (alimentation, cosmétique, pharmacie, énergie…). Dans ce domaine, une enquête sur les revalorisations effectivement mises en place par la filière est nécessaire afin de quantifier le devenir des coproduits. Les résultats de cette enquête pourraient servir de base pour des études de faisabilité pour développer d'autres voies de valorisations à plus forte valeur ajoutée.

[31] Site internet : https://biomass-concept.com/fr/#nosfilieres

1.4 La production d'énergie renouvelable dans les exploitations fruitières

La production d'énergie renouvelable à partir de la biomasse ligneuse des vergers et de l'énergie solaire est considérée dans ce rapport comme un 4ème type de production.

1.4.1 La valorisation de la biomasse ligneuse produite par les vergers

1.4.1.1 Quantification de la biomasse produite disponible pour la valorisation : 700 000 tonnes de matières sèches de résidus générés annuellement par la filière arboricole

Les résidus de cultures pérennes sont issus de l'entretien des vergers (bois de taille) et de **l'arrachage des arbres en fin de vie**. Le rapport du bureau d'étude Deloitte, commandité par l'ADEME en 2016 estime **à 1 à 2 millions de tonnes de matières sèches de résidus générés annuellement par la filière viticole et arboricoles en France** (Deloitte et al., 2016). Actuellement, seules quelques milliers de tonnes de matières sèches sont mobilisées soit moins de 0,1% de la production totale de matière sèche (Deloitte et al., 2016).

Le rapport commandité par l'ADEME en 2016 distingue 3 catégories de biomasses (Deloitte et al., 2016):

- La biomasse disponible qui correspond à la quantité de biomasse récoltable prête à être utilisée
- La biomasse mobilisable qui est la ressource disponible à laquelle on soustrait les usages prioritaires agronomiques (retour au sol, litières, compost) et non agronomiques (alimentation animale et humaine).
- La biomasse mobilisée qui est la quantité de ressources réellement utilisées pour des usages énergétiques (électricité, chaleur, biocarburants), chimique ou pour matériaux

Le Tableau 13 recense les estimations de ces différentes catégories de biomasse issues de différentes études. La biomasse disponible est évaluée en moyenne à 648 000 tMS/an (de 646 000 à 650 000 tMS/an) (Tableau 13). Les résidus de tailles de verger génèrent 352 000 tMS/an et les résidus liés à l'arrachage des vergers à 294 000 tMS/ha (Tableau 13). Il n'existe pas de données chiffrées sur la biomasse mobilisable générée par les vergers et sur les ressources réellement mobilisées destinées à la valorisation énergétique (Deloitte et al., 2016).

Tableau 13 Estimation de production de matières sèches provenant des résidus de l'entretien des vergers et de leurs arrachages. MS, matière sèche. Source : Deloitte 2016

Estimations	Sources bibliographiques	Résidus de tailles de verger	Résidus issus de l'arrachage de vergers
Productivité de biomasse	(Nesme et al., 2006) Chambre Agriculture du Languedoc Roussillon 2008 Deloitte 2016	1,5 – 2,3 t[32] MS/ha/an	25 tMS/ha

[32] Source des données : 1,5 tMS/ha (Nesme et al 2006), 2,3 tMS/ha (Chambre Agriculture du Languedoc Roussillon 2008), 4,25 tMS/ha pour les oliveraies (Chambre Agriculture du Languedoc Roussillon 2008)

Ressource disponible	IFN-FCBA-SOLAGRO 2009[33]	352 000 tMS/an	294 000 tMS/an
	ONRB 2012[34]	646 000 tMS/an	
	ONRB 2015[35]	650 000 tMS/an	
Ressource potentiellement mobilisable	Absence de données		
Ressource réellement mobilisée	Absence de données		

La Figure 17 présente la cartographie des volumes de biomasses produites à l'échelle des régions. Les grands bassins de productions fruitiers représentés notamment par les régions PACA, Occitanie et Nouvelle-Aquitaine sont les régions aux plus fortes productions de biomasses ligneuses.

[33] Cette estimation ne comprend pas les surfaces d'oliviers et de châtaigneraies. La ressource disponible est calculée comme le produit de la surface et de la productivité de biomasse. Les surfaces de production utilisées pour ce calcul proviennent de la statistique agricole annuelle 2006. De plus, seules les régions où ces gisements significatifs ont été analysées à savoir les régions ayant au moins 1000 ha de vergers en production (régions Auvergne, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Nord-Pas-de-Calais et Franche-Comté, représentant 2 169ha en 2006 sont exclues. Ainsi, les surfaces de vergers inclues dans ce calcul sont de l'ordre de 143 200 ha de vergers. Le cycle moyen de renouvellement a été approché à 20 ans en verger à l'exception des noyers (45 ans)

[34] Les études ONRB ont repris la même méthodologie que l'étude IFN-FCBA-SOLAGRO 2009

[35] Les études ONRB ont repris la même méthodologie que l'étude IFN-FCBA-SOLAGRO 2009

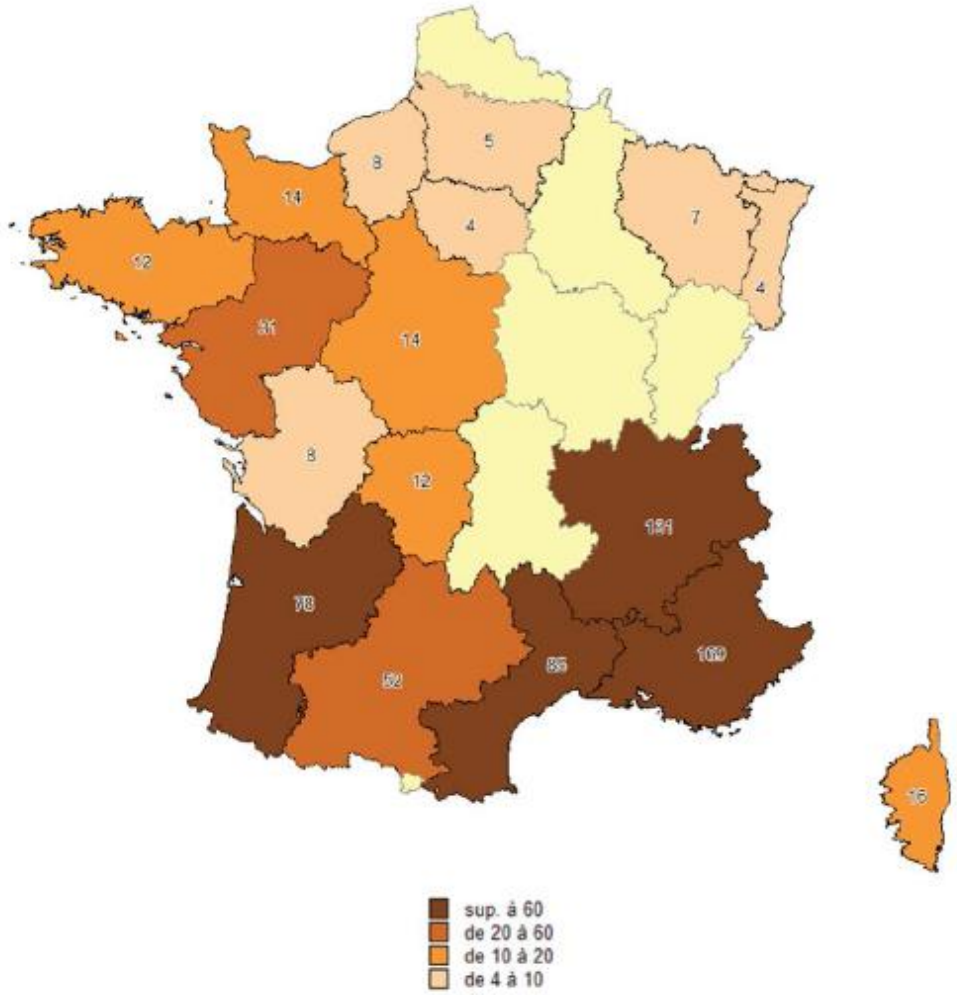


Figure 13 Estimation régionale de la ressource disponible en bois de vergers (milliers de tonnes de MS/an). Source : Deloitte 2016

1.4.1.2 Les différents modes de valorisation énergétique de la biomasse ligneuse des vergers

La Figure 18 résume les principales voies de valorisation possible de la biomasse ligneuse des vergers. En fin de vie, le brûlis par les producteurs demeure la pratique la plus courante. Il existe cependant d'autres valorisations possibles, permettant de mieux optimiser ces résidus de culture.

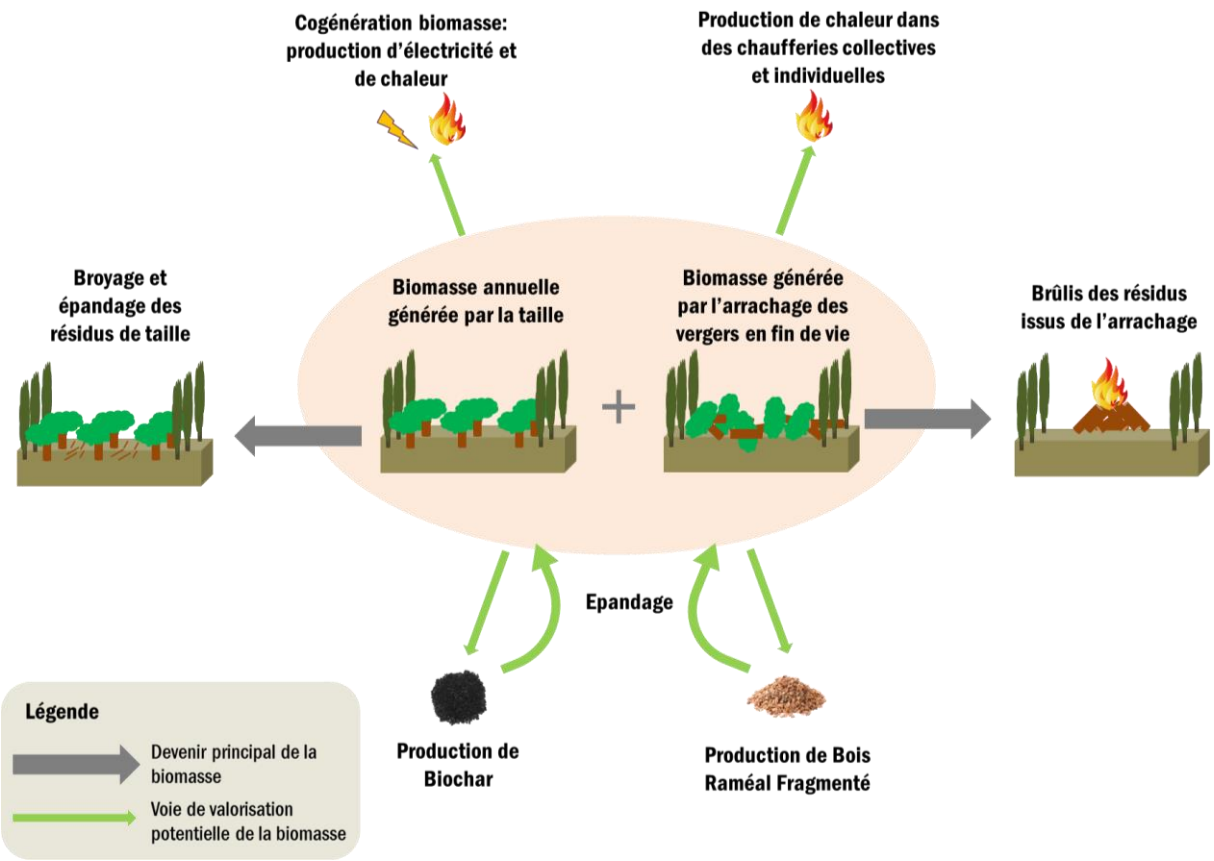


Figure 14 Les principales voies de valorisation possibles du bois issu de l'entretien et de l'arrachage des vergers

1.4.1.2.1 Bois de chaufferie : 1 ha de verger pourrait produire 150 000 kWh/ha

La biomasse générée par l'arrachage de vergers en fin de vie peuvent être valorisés en combustion dans les chaudières collectives (chaufferie) ou individuelle (chaudière biomasse et cheminées) (Figure 18) (Deloitte et al., 2016). En raison de la faible qualité de bois de vergers (notamment les souches avec présence de terres et de cailloux), les résidus sont préférentiellement redirigés vers des grosses chaufferies plutôt que des chaudières individuelles (cheminées, poêle et chaudière biomasse). A notre connaissance, aucune étude ne quantifie les valorisations effectives de la biomasse en énergie dans la filière Fruits.

L'énergie produite par la combustion d'un verger de pommier en fin de vie peut cependant être calculée à partir du pouvoir calorifique du bois de verger et d'une estimation de la masse totale générée par la culture d'un hectare de pommier. Les détails des calculs sont indiqués dans le Tableau 14. Pour un hectare de verger de pommier de 24 ans, planté à une densité de 1250 arbres/ha, l'énergie produite maximale est de l'ordre de **150 000 kWh/ha**. A noter que cette estimation est faite à partir d'un exemple de parcelle. Elle n'est pas représentative de l'ensemble des espèces fruitières ainsi que des vergers de pommiers.

Tableau 14 Détails des calculs de l'énergie produite par la combustion d'un verger de pommier

Poids d'un arbre de pommier (24 ans) à 20% d'humidité (données issues d'une expérimentation en 2018 au CTFIFL)	41 kg +/- 2
Densité du verger de pommier	1250 arbres/ha
Masse totale générée par 1 verger de pommier à 20% d'humidité	41 kg x 1250 arbres/ha = **51 tonnes/ha +/- 3**
Pouvoir calorifique moyen (20% d'humidité)	3,5 kWh/kg (Grisey et al. 2011)
Rendement moyen d'une chaudière	85% (Communication personnelle, A. Grisey (CTIFL))
Energie potentielle produite par la combustion d'un verger de pommier	3,5 kWh/kg x 51 tonnes/ha x 85% = **152 000 kWh/ha +/- 10 000**

1.4.1.2.2 Cogénération d'électricité et de chaleur à partir du bois de vergers

La cogénération biomasse est une autre voie de valorisation possible mais encore peu utilisée (Figure 18). La cogénération consiste à produire de l'électricité à partir du bois tout en valorisant la chaleur, qui est également générée. Cette cogénération est produite dans des turbines à vapeur. L'énergie contenue dans la biomasse est convertie en vapeur à haute température et haute pression dans une chaudière (ADEME, 2018). La décompression de cette vapeur transmet un travail mécanique à une turbine, couplée à un alternateur produisant de l'électricité. La vapeur est ensuite valorisée à travers un consommateur de chaleur sous forme d'eau chaude ou de vapeur. Ce procédé nécessite préalablement le déchiquetage du bois**.** Le groupe Coriance estime que les rendements thermiques et électriques de leurs usines de cogénération à Pierrelatte sont tous deux de l'ordre de 30% chacun (A. Dufay (Coriance), communication personnelle). La chaleur co-générée peut être utilisée dans les réseaux de chauffage urbains, chauffage de serres ou des procédés de séchage industriels.

1.4.1.2.3 Production de Biochar : stockage allongé de 40% du carbone de la biomasse ligneuse

D'autres voies de valorisation pourraient être prospectées comme la fabrication de biochar à partir des résidus ligneux de vergers. Le biochar est un produit organique très riche en carbone issu de résidus agricoles transformés par pyrolyse (chauffage en absence ou en faible concentration d'oxygène) (International Biochar Initiative, 2018). Les rendements moyens de productions de biochar atteignent 30 à 40% selon les procédés de fabrication (Ernsting and Smolker, 2011). La transformation des résidus de bois de vergers en biochar pourrait avoir plusieurs avantages :

- Eviter les brûlis du bois de vergers en fin de vie et l'émission du CO2 associé ;
- Allonger la durée de stockage d'une partie du carbone ligneux. La transformation en biochar permettrait ainsi de stocker 12 à 40% du carbone issu de la biomasse pyrolisée (Ernsting and Smolker, 2011) ;
- Utiliser le biochar en amendement au sol. Certaines études démontrent que l'apport au sol stimulerait l'activité microbienne et permettrait une meilleure nutrition minérale aux cultures (Ernsting and Smolker, 2011). (Garcin et al., 2014) ont par exemple montré que l'apport de

biochar était associé à des teneurs en azote nitrique dans le sol plus élevées que dans le cas d'un apport de compost de déchets verts dans des parcelles d'abricotiers. Si le biochar est produit au sein de l'exploitation, il pourrait permettre de fertiliser les sols sans apports externes à cette exploitation (Garcin et al., 2014) ;

- Produire de l'électricité à partir du gaz issu du processus de gazéification dans une turbine à gaz.

Cependant, les avantages reliés à l'utilisation du biochar sont encore controversés (Ernsting and Smolker, 2011).

Trop peu d'études expérimentales ont été menées sur ce sujet et les résultats des études existantes sont encore peu concluantes (Ernsting and Smolker, 2011). En effet, l'augmentation du carbone du sol reliée à un apport de biochar n'est pas systématiquement mesurée de manière significative dans toutes les expérimentations. Cela suggère que certaines composantes du biochar soient peu stables et se soient dégradées rapidement. De plus, l'effet du biochar sur le sol, sur les cultures et sur le carbone dépend grandement des propriétés physiques et chimiques des biochar et leurs interactions avec les propriétés du sol (Ernsting and Smolker, 2011). La qualité du biochar dépend également du type de déchets végétaux utilisés pour sa fabrication. Sa stabilité biochar demeure peu prédictible (Schmidt et al., 2011).

Ainsi, des études pourraient être menées en verger pour déterminer :

- La durée de séquestration du biochar dans le sol en verger : suivi de l'évolution de la matière organique du sol
- Les interactions entre biochar et type de sols de vergers : tests sur des réseaux de parcelles présentes dans différentes régions de France, avec différents types de sol
- La composition chimique et les propriétés physiques de biochars issus de différentes espèces fruitières : en laboratoire puis test en parcelles sur une sélection d'espèces prometteuses

1.4.1.2.4 Production de Bois Raméal Fragmenté

La biomasse ligneuse générée par le bois des vergers peut également être déchiquetée et utilisée comme « Bois Raméal Fragmenté » (BRF). Le BRF peut également être épandu sur les sols de vergers comme paillis et mulch comme alternatives au désherbage chimique pour limiter la concurrence hydro-minérale des adventices sur le rang. Le BRF peut aussi constituer un apport azoté au sol ainsi que d'autres minéraux comme le potassium et le magnésium (Pagès et al., 2011). De plus, la lignine stimulerait l'activité de formation d'humus des champignons. Cependant, l'épandage de BRF peut provoquer une faim d'azote pénalisant les vergers. En effet, le BRF en se décomposant stimule une activité biologique intense qui immobilise l'azote pendant une durée moyenne d'un an après épandage. Certains producteurs laissent le BRF se décomposer pendant 1 an en dehors des parcelles de vergers avant de l'épandre, évitant ainsi les risques de faim d'azote.

Comme le biochar, la transformation des résidus de vergers en BRF permet un prolongement du stockage de carbone par rapport à une pratique de combustion.

1.4.1.2.5 Autres voies de valorisation

Certains arbres en fin de vie peuvent être utilisés comme bois d'œuvre. C'est le cas par exemple du châtaigniers, du noyer et de l'olivier (Deloitte et al., 2016).

La production de biocarburants à partir de résidus de cultures pérennes est au stade de la recherche (Deloitte et al., 2016).

De nombreuses valorisations du bois d'arbres fruitiers sont possibles mais les coûts de valorisation demeurent élevés et la plupart des producteurs brûlent eux-mêmes leurs résidus sur leurs exploitations (Deloitte et al., 2016)**. Ce potentiel de valorisation doit être développé au sein de filières de récupération.**

1.4.2 La production d'énergie solaire photovoltaïque au sein des vergers

L'installation de panneaux photovoltaïques dans la filière fruit concerne, pour l'essentiel, des toitures de bâtiments d'exploitations agricoles ou de stations fruitières. Des expérimentations de vergers sous abris photovoltaïques sont en cours et de nouveaux projets sont à l'étude pour installer des ombrières photovoltaïques sur tracker dans des vergers sur pommier, abricotier et cerisier (Figure 19).

Figure 15 Panneaux photovoltaïque au-dessus de vergers près de Balandran (Gard)

Plusieurs modèles d'affaire sont envisagés : investissement réalisé par l'exploitant agricole ou la station fruitière qui revend l'électricité produite sur le réseau, ou l'utilise pour sa propre consommation. L'investissement peut également être réalisé par des sociétés productrices d'énergie qui financent l'installation, vendent l'électricité et reversent un loyer à l'exploitant.

A notre connaissance, il n'existe pas d'études recensant la présence de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments des stations fruitières. Cela pourrait représenter cependant d'importantes surfaces de toitures.

Annexes

Annexe 1 Surface et part de la surface totale des grandes catégories de culture en France en 2017. La méthodologie employée pour estimer l'occupation du territoire français est basée sur l'association de photographies aériennes constituant la base de sondage et de relevés de terrain effectués par des enquêteurs. Source : Agreste – Statistique Agricole Annuelle.

Cultures	Surface 2017 (ha)	Part de la surface en 2017
Céréales (y compris semences)	9 338 311	34,7%
Oléagineux (y compris semences)	2 168 844	8,1%
Protéagineux (y compris semences)	298 588	1,1%
Betteraves industrielles (non compris semences)	486 097	1,8%
Plantes à fibres (y compris semences)	116 874	0,4%
Cultures industrielles diverses (non compris semences)	6 515	0,0%
Plantes aromatiques, médicinales et à parfum (non compris semences)	43 024	0,2%
Pommes de terre (y compris plants)	193 881	0,7%
Légumes frais (non compris semences)	212 972	0,8%
Légumes secs	51 906	0,2%
dont maraîchage (pommes de terre, légumes frais et secs) (1)	34 931	0,1%
Fleurs et plantes ornementales	8 514	0,0%
Semences et plants divers	77 989	0,3%
Choux, racines et tubercules fourragers	13 822	0,1%
Fourrages annuels	1 476 079	5,5%
Prairies artificielles et temporaires	3 337 069	12,4%
Jardins et vergers familiaux des exploitants	14 550	0,1%
Jachères	484 762	1,8%
Total terres arables	**18 329 797**	**68,2%**
Cultures fruitières (y compris châtaigneraies, oliveraies, noyeraies)	178 957	0,7%
Vignes	787 666	2,9%
Pépinières ligneuses	15 408	0,1%
Cultures permanentes autres (oseraies, canne de Provence)	17 377	0,1%
Total cultures permanentes hors surfaces toujours en herbe	**999 408**	**3,7%**
Surfaces toujours en herbe des exploitations	7 548 150	28,1%
Total des surfaces agricoles utiles des exploitations	**26 877 355**	**100,0%**

Annexe 1 Chiffres clés de la production de pruneau de 2012 à 2016. Source : FranceAgriMer 2017

LE PRUNEAU

La production agricole

	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre de producteurs	1 432	1 300	1230	1 150	1 100

	Surfaces (en ha)		Prunes séchées (en t)
	Totales	En production	
2012	13 900	9 900	42 000
2013	13 000	9 300	32 000
2014	12 000	9 000	35 000
2015	11 500	9 800	36 000
2016	11 500	9 800	52 000

	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre d'unités de transformation	26	30	57	61	71

Les fabrications

	Fabrication	Consommation
2012	43 000	31 000
2013	46 000	31 000
2014	43 000	28 000
2015	40 000	29 000
2016	37 000	28 000

Source : Anifelt - élaboration FranceAgriMer

Le pruneau

- Plus de 120 000 tonnes de fruits transformés en 50 000 tonnes de pruneaux
- Une région de production concentrée
- Un secteur soutenu par l'Union européenne

Annexe 3 Liste des dénominations de SIQO compris dans l'étude du cabinet AND International, commanditée par Interfel et FranceAgriMer en 2017

Type SIQO	Dénomination	Espèce
AOC/AOP	Abricots rouges du Roussillon	Abricot
AOC/AOP	Chasselas de Moissac	Raisin de table
AOC/AOP	Châtaigne d'Ardèche	Châtaigne, marron
AOC/AOP	Figue de Solliès	Figue
AOC/AOP	Muscat du Ventoux	Raisin de table
AOC/AOP	Noix de Grenoble	Noix
AOC/AOP	Noix du Périgord	Noix
AOC/AOP	Pomme du Limousin	Pomme / poire
IGP	Citron de Menton	Citron
IGP	Clémentine de Corse	Clémentine, mandarine
IGP	Fraise du Périgord	Fraise
IGP	Fraises de Nîmes	Fraise
IGP	Kiwi de l'Adour	Kiwi
IGP	Mirabelles de Lorraine	Mirabelle
IGP	Noisette de Cervione - nuciola di Cervioni	Noisette
IGP	Pomelo de Corse	Pamplemousse
IGP	Pommes des Alpes de Haute Durance	Pomme / poire
IGP	Pommes et poires de Savoie	Pomme / poire
LR	Abricot	Abricot
LR	Ananas	Ananas
LR	Clémentine	Clémentine
LR	Fraise	Fraise
LR	Kiwi Hayward	Kiwi
LR	Marron	Châtaigne, marron
LR	Pêches et nectarines	Pêche / nectarine / brugnon
LR	Pomme	Pomme / poire
LR	Reine-Claude	Reine-Claude
AOC	Lucques du Languedoc	Olive
AOC/AOP	Farine de châtaigne corse - Farina castagnina corsa	Châtaigne, marron
AOC/AOP	Olive de Nice	Olive
AOC/AOP	Olive de Nîmes	Olive
AOC/AOP	Olives cassées de la vallée des Baux-de-Provence	Olive
AOC/AOP	Olives noires de Nyons	Olive
AOC/AOP	Pâte d'olive de Nice	Olive
IGP	Pruneau d'Agen	Prune à pruneau

Annexe 2 Chiffres clés de la production de bigarreau d'industrie de 2012 à 2016. Source : FranceAgriMer 2017

LE BIGARREAU

La production agricole

	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre de producteurs	1 500	500	500	600	500
Surface de production	1 100 ha	1 100 ha	994 ha	1 011 ha	1 010 ha

La récolte

Cerises fraîches (en t)	
2012	6 200
2013	6 200
2014	8 100
2015	7 100
2016	8 200

Les fabrications

	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre d'unités de transformation	6	6	5	5	5

	Bigarreau au sirop (t 1/2 brut)	Cerises confites (en t)
2012	500	5 500
2013	500	5 500
2014	500	6 500
2015	300	6 000
2016	300	6 600

La consommation apparente française*

	Bigarreau au sirop (1/2brut)	Cerises confites
2012	10 700	2 000
2013	11 200	2 000
2014	11 000	2 000
2015	11 000	2 000
2016	11 000	2 000

(*) 75 % des cerises confites sont exportées

Source : Anibi - élaboration FranceAgriMer

Bibliographie

2018. “La Filière Cidricole.” June 21.

ADEME. 2018. “La cogénération biomasse.” ADEME. March 15, 2018. https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-lelectricite/cogeneration-biomasse

Agence pour le Développement et la Promotion de l’Agriculture Biologique. 2018. “Les chiffres clés de l’agriculture biologique en 2017.”

Agreste. 2018. “La Statistique Agricole Annuelle - Présentation générale.” Agreste. http://www.ctifl.fr/Pages/EspacePro/DetailApplication.aspx?id=3

AlpBioEco. 2018. “AlpBioEco.” Interref Alpine Space. 2018. https://www.alpine-space.eu/projects/alpbioeco/en/home

AND International. 2017. “Etude transversale sur les Signes d’Identification de la Qualité et de l’Origine (SIQO) dans la filière fruits et légumes.” Rapport final. Paris: FranceAgriMer & INTERFEL.

Bhushan, Shashi, Kalpana Kalia, Madhu Sharma, Bikram Singh, and P. S. Ahuja. 2008. “Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules.” Critical Reviews in Biotechnology 28 (4): 285–96. https://doi.org/10.1080/07388550802368895

Biomass Concept. 2019. “Biomass Concept - Négoce de matières premières et co-produits.” Biomass Concept. 2019. https://biomass-concept.com/fr/

Brandl, Lothar. 2013. “Les Noyaux d’olives En Tant Que Substitut Du Fuel, Du Gaz et Des Granulés de Bois.” CISION. June 18, 2013. https://www.prnewswire.com/fr/communiques-de-presse/les-noyaux-dolives-en-tant-que-substitut-du-fuel-du-gaz-et-des-granules-de-bois-215953091.html

Christy, Gilles. 2017. “Valorisation de l’amande française - Bilan de marché et perception des professionnels.” CTIFL. http://www.ctifl.fr/DocPdf/Kiosque/Etude/Amande2017.pdf?02/05/2019%20113626

Comité National des Coproduits. 2012a. “La pomme de retrait.” IDELE. http://idele.fr/reseaux-et-partenariats/comite-national-des-coproduits/publication/idelesolr/recommends/marc-de-pomme.html

CTIFL, and SSP. 2013. “Structure des exploitations fruitières et légumières: évolutions entre les recensements agricoles de 2000 à 2010.” Agreste Les Dossiers, no. 16: 1–52.

Deloitte, Aile, and Alterra Wageningen. 2016. “Mobilisation de la biomasse agricole - Etat de l’art et analyse prospective.” ADEME.

Elothmani, Driss. 2014. “Valorisation Des Coproduits de l’industrie de Transformation Des Fruits,” Conference paper, , 40.

Ernsting, Almuth, and Rachel Smolker. 2011. “A Critical Review of Biochar Science and Policy.” Biofuelwatch report. Biofuelwatch. https://www.biofuelwatch.org.uk/2011/a-critical-review-of-biochar-science-and-policy/

FAM. 2016b. “Prospective filière française du cidre.” Les études de FranceAgriMer, 193.

FAM. 2017. “Chiffres-clés 2016 de FranceAgriMer - Les filières des fruits et légumes - données 2016.” Paris: FranceAgriMer.

FAOSTAT. 2019. “FAOSTAT.” FAOSTAT. 2019. http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC

FranceAgriMer. 2016a. “L’observatoire National Des Ressources En Biomasse: Évaluation Des Ressources Disponibles En France.” Les études de FranceAgriMer. FranceAgriMer.

Garcin, Alain, Muriel Millan, Michel Jay, Bruno Loquet, Marie-Lisa Brachet, Nina Merciez, Cécile Villenave, and Sylvie Masquelier. 2014. “L’abricotier en agriculture biologique - Vers un verger écologiquement intensif et autonome en intrants ?” Infos CTIFL, no. 301: 38–49.

GEVES, 2019. 2019. “Qu’est-ce qu’une variété ?” GEVES. 2019. https://www.geves.fr/informations-toutes-especes/variete-2/

Grigoraş, Cristina-Gabriela. 2012. “Valorisation des fruits et des sous-produits de l’industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs.” Université d’Orléans.

IDELE, 2012b. “Le marc de pomme.” IDELE. http://idele.fr/reseaux-et-partenariats/comite-national-des-coproduits/publication/idelesolr/recommends/marc-de-pomme.html

IFPC. 2009. “Les vergers cidricoles en 2007 : potentiel de production et perspectives.”

INAO, Actimage. n.d. “Accueil.” INAO. Accessed May 2, 2019.

INAO. 2018. “Appellation d’origine protégée - Appellation d’origine contrôlée.” INAO. 2018. /Les-signes-officiels-de-la-qualite-et-de-l-origine-SIQO/Appellation-d-origine-protegee-Appellation-d-origine-controlee

Interfel, and CTIFL. 2019. “Observatoire économique des fruits et légumes Bio par produit.” Observatoire économique. Paris: INTERFEL.

International Biochar Initiative. 2018. “Biochar.” Biochar-International. 2018. https://biochar-international.org/biochar/

ITEBE. 2004. “Produire de l’électricité à partir du bois sans en gaspiller une miette.” ITEBE.

Jeannequin, B., D. Plénet, F Carlin, J.-E. Chauvin, and Dosba. 2015. “Pertes alimentaires dans les filières fruits, légumes et pomme de terre.” Innovations Agronomiques 48: 59–77.

Joshi, V. K., and D. K. Sandhu. 1996. “Preparation and Evaluation of an Animal Feed Byproduct Produced by Solid-State Fermentation of Apple Pomace.” Bioresource Technology 56 (2): 251–55. https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00040-5

Le Biochar. 2016. Forum Planète Bleue. January 15, 2016. http://www.forum-planete-bleue.com/a-focus-16.html

Nesme, Thomas, Nadine Brisson, Françoise Lescourret, Stéphane Bellon, Xavier Crété, Daniel Plénet, and Robert Habib. 2006. “Epistics: A Dynamic Model to Generate Nitrogen Fertilisation and Irrigation Schedules in Apple Orchards, with Special Attention to Qualitative Evaluation of the Model.” Agricultural Systems 90 (1): 202–25. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.12.006

Orange Wood for Parquet and Engineered Flooring Use | Berti | BioResources.” n.d. Accessed November 15, 2018. http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_13_1_586_Berti_Orange_Wood_Parquet_Flooring

orixwp. 2018. “Cogénération biomasse.” Prodesa. 2018. https://prodesa.net/cogeneration-biomasse/?lang=fr

Pagès, Guillaume, Jean-Loup Péroys, and Jean-Pierre Prunet. 2011. “Alternative au désherbage chimique: test du bois raméal fragmenté (BRF) en jeune verger.” CTIFL. http://www.noixsudouest.fr/imgmaj/33/test-du-brf-en-jeune-verger-noyer.pdf

Paris, Alexandra. 2019. “Le marché de l’huile d’olive: en France.”

Patle, Sonali, and Banwari Lal. 2007. “Ethanol Production from Hydrolysed Agricultural Wastes Using Mixed Culture of Zymomonas Mobilis and Candida Tropicalis.” Biotechnology Letters 29 (12): 1839–43. https://doi.org/10.1007/s10529-007-9493-4

Pirmohammadi, R., Y. Rouzbehan, K. Rezayazdi, and M. Zahedifar. 2006. “Chemical Composition, Digestibility and in Situ Degradability of Dried and Ensiled Apple Pomace and Maize Silage.” Small Ruminant Research 66 (1): 150–55. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.054

Plénet, D., B. Jeannequin, and J.-E. Chauvin. 2018. “Diversité des agricultures dans les filières fruits, légumes et pomme de terre.” Innovations Agronomiques, no. 68: 79–105. https://www6.inra.fr/groupes-filieres/content/download/5407/45842/version/1/file/Vol68-4-Pl%C3%A9net+et+al%281%29-fruits.pdf

Roy, Hervé, and Tiphaine Desnoux. 2013. “Valorisation des coproduits d’industries agroalimentaires bretonnes,” 8.

Royer, G., E. Madieta, R. Symoneaux, and F. Jourjon. 2006. “Preliminary Study of the Production of Apple Pomace and Quince Jelly.” LWT - Food Science and Technology, European Symposium on Apple Processing, 39 (9): 1022–25. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.02.015

Scandella, D., and Matthieu Serrurier. 2014. “Etude Du Marché de La Noix.” CTIFL. http://www.ctifl.fr/DocPdf/Kiosque/Etude/Ctifl_Marche_Noix_2014.pdf?23/04/2019%20150605

Schmidt, Michael W. I., Margaret S. Torn, Samuel Abiven, Thorsten Dittmar, Georg Guggenberger, Ivan A. Janssens, Markus Kleber, et al. 2011. “Persistence of Soil Organic Matter as an Ecosystem Property.” Nature 478 (7367): 49–56. https://doi.org/10.1038/nature10386

Serrurier, Matthieu. 2010. CTIFL - Mémento Fruits & Légumes. CTIFL. Mémento Fruits & Légumes. Paris: CTIFL.

Sharma, Naresh, K. L. Kalra, Harinder Singh Oberoi, and Sunil Bansal. 2007. “Optimization of Fermentation Parameters for Production of Ethanol from Kinnow Waste and Banana Peels by Simultaneous Saccharification and Fermentation.” Indian Journal of Microbiology 47 (4): 310–16. https://doi.org/10.1007/s12088-007-0057-z

Unicid. 2017. “Plan de la filière cidricole 2017.Cidre: la France au naturel.”

Villas-Bôas, Silas Granato, Elisa Esposito, and Margarida Matos de Mendonça. 2003. “Bioconversion of Apple Pomace into a Nutritionally Enriched Substrate by Candida Utilis and Pleurotus Ostreatus.” World Journal of Microbiology and Biotechnology 19 (5): 461–67. https://doi.org/10.1023/A:1025105506004

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 2, Le service d'approvisionnement en fruits, la production de fruits en France métropolitaine* 2019, **CTIFL-INRA.**

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 3
Les contributions des cultures fruitières à l'économie et à l'emploi

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1. Contributions des cultures fruitières à l'économie et à l'emploi

1.1 Valeurs de la production de la filière Fruits

1.1.1 Valeurs de la production de la filière Fruits par rapport aux autres filières agricoles : 3 milliards d'euros au stade production

Le Tableau 15 présente les valeurs de la production hors subventions et au prix de base pour les grandes filières agricoles (moyennes des valeurs de 2015 à 2017) (Agreste, 2018a, 2018b). La production au prix de base comprend la valeur de la production en incluant les subventions accordées par l'Etat. **La moyenne de 2015 à 2017 de la production hors subvention du secteur des fruits s'élève à 3 milliards d'euros soit 4% de la production de biens agricoles de 66 milliards d'euros** (Tableau 15) pour des cultures fruitières qui représentent 0,7% de la surface agricole utile. La production au prix de base est légèrement plus élevée (3,1 milliards d'euros). Cette valeur comprend la production de fruits destinés au marché du frais ainsi que la production de fruits destinés au marché du transformé. Elle ne comprend pas la production de produits transformés en industrie à partir de fruits (INSEE, 2009). Dans les comptes nationaux de l'agriculture, les seuls produits transformés qui sont pris en compte dans la valeur de la production hors subventions sont ceux produits directement en exploitation hors subventions : comme le vin ou la production de fromage par exemple (INSEE, 2009).

Tableau 15 Productions hors subventions et au prix de base des différentes filières en milliards d'euros. Source : Comptes nationaux de l'agriculture 2018 et 2017

	Production hors subventions en milliards d'euros (Moyenne sur 2015-2017)	Production au prix de base en milliards d'euros (Moyenne sur 2015-2017)
Céréales	9,5	9,5
Plantes industrielles	4,1	4,3
Plantes fourragères	5,5	5,5
Production maraîchères et horticoles	5,8	5,8
Pommes de terre	2,2	2,2
Fruits	3,0	3,1
Vins	11,8	11,8
Produits animaux	25,5	26,3
Total des produits végétaux bruts et transformés	41,8	42,1
Total des biens agricoles	**66,0**	**68,4**

La Figure 1 présente la part de chaque filière dans la production hors subventions française (moyenne des parts de 2015 à 2017) (Agreste, 2018a, 2018b). La filière Fruits génère peu de valeur si on la compare aux filières animale (38%), viticole (18%) et céréalière (14%). Ceci est bien sûr en lien avec les faibles surfaces de cette filière à l'échelle française. Cependant, la comparaison demeure limitée. Le vin est transformé en exploitation et donc sa valeur de production hors subventions comprend la valeur ajoutée de la transformation. Un même raisonnement peut être appliqué pour les produits laitiers transformés en exploitation comme le beurre ou le fromage. Dans la filière Fruits, la transformation en exploitation est négligeable (C. Hutin (CTIFL), communication personnelle).

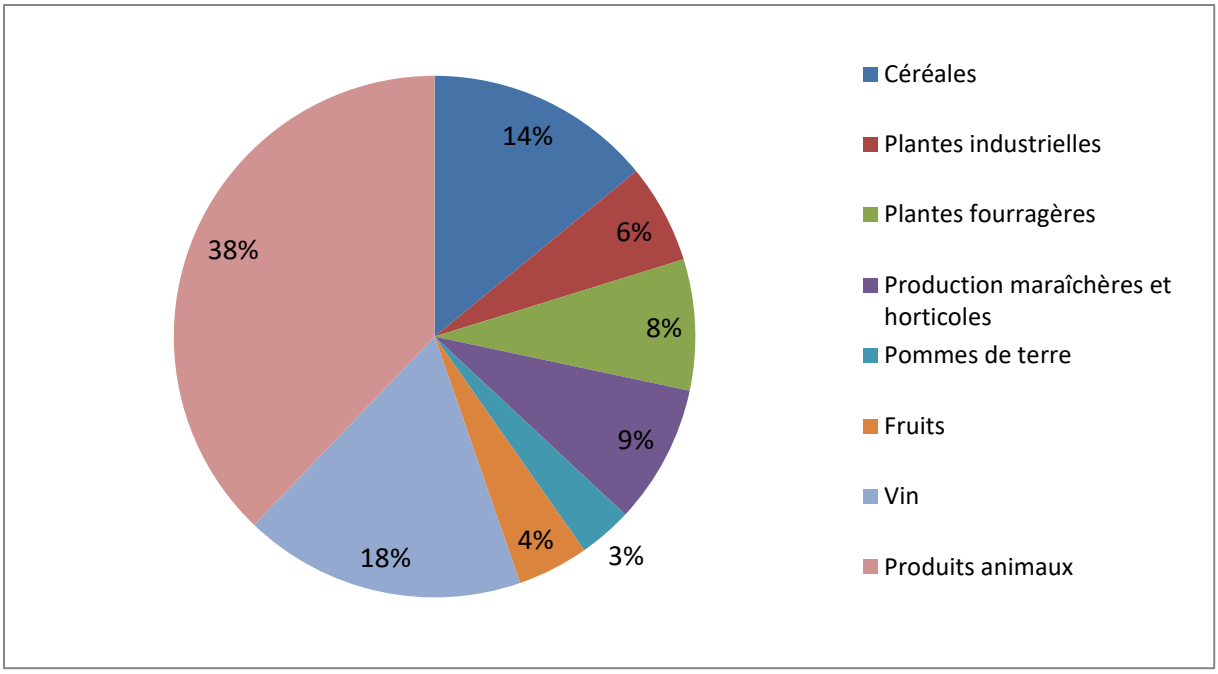


Figure 1 Part de chaque filière dans la production hors subventions française (moyenne des parts de 2015 à 2017). Source : graphique créé à partir des données des comptes nationaux de l'agriculture de 2017 et 2018.

Le Tableau 16 présente la production hors subventions par hectare pour chaque filière agricole. **La filière Fruits est une filière à haute valeur ajoutée rapportée à la surface : 14 053€ de production hors subventions sont générés par hectare chaque année**. Cette valeur est élevée par rapport aux chiffres d'affaires à l'hectare des produits animaux (7830€/ha), des céréales (788€/ha) et similaire à ceux du vin (14 969€/ha) et ceux des productions maraîchères et horticoles (15 453€/ha).

Tableau 16 Production hors subventions des cultures par surface. Source : calcul à partir des productions hors subventions des comptes nationaux de l'agriculture et surface (SAA-Agreste)

Cultures	Surface agricole en hectare (Moyenne sur 2015-2017)	Production hors subventions à l'hectare (€/ha)
Céréales	12 009 750	788
Plantes industrielles	535 810	7 714
Plantes fourragères	1 516 843	3 604
Production maraîchères et horticoles	375 332	15 453
Pommes de terre	180 269	12 389
Fruits	211 103	14 053
Vin	786 083	14 969
Produits animaux	3 252 455	7 830

1.1.2 Valeurs de la production de chaque espèce fruitière produite en France dominée par les pommes de table

- **Valeur de la production de fruits frais et destinés à la transformation**

Le Tableau 17 présente la production hors subventions de chaque espèce fruitière (moyennes INSEE des années 2009 à 2011[1]). **La valeur de la production hors subventions se répartit à 86% sur le marché**

[1] Nous n'avons pas les chiffres détaillés des années plus récentes

du frais et à 14% sur le marché du transformé. Ce ratio frais/transformé est conservé pour la plupart des fruits à l'exception des prunes : 79% du produit provient des prunes transformées (pruneaux d'Agen) et 21% provient du marché du frais. La pomme de table représente la plus grosse valeur de production hors subventions (863 millions d'euros soit 29% de la valeur totale de la production fruitière), suivie par les pêches (264 millions d'euros soit 9% de la valeur totale), les prunes (207 millions d'euros soit 7% de la valeur totale), les fraises (197 millions d'euros soit 7% de la valeur totale) et les abricots (190 millions d'euros soit 6% de la valeur totale) (Tableau 17).

Tableau 17 Production hors subventions pour chaque espèce fruitière (moyennes de 2009 à 2011). Sources : INSEE

Espèce fruitière	Marché de destination	Production hors subventions en milliers d'euros Moyenne 2009-2011	Destination de la production hors subventions	Rang par espèce fruitière
Pommes	Total	863 315	-	1
	dont vers transformation	81 785	9%	
	dont frais	781 531	91%	
Pêches	Total	264 112	-	**2**
	dont vers transformation	11 350	4%	
	dont frais	252 762	96%	
Prunes	Total	207 180	-	**3**
	dont vers transformation	164 628	79%	
	dont frais	42 552	21%	
Fraises	Total	197 176	-	**4**
	dont vers transformation	4 464	2%	
	dont frais	192 711	98%	
Abricots	Total	190 021	-	5
	dont vers transformation	19 218	10%	
	dont frais	170 803	90%	
Cerises	Total	91 815	-	**6**
	dont vers transformation	25 846	28%	
	dont frais	65 979	72%	
Poires	Total	90 331	-	**7**
	dont vers transformation	13 662	15%	
	dont frais	76 669	85%	
Noix	Total	83 259	-	8
Raisins récoltés pour le fruit	Total	68 553	-	9
Kiwis	Total	45 961	-	10

Pommes à cidre	Total	36 014	-	11
Agrumes	Total	26 213	-	12
Framboises	Total	24 261	-	13
Olives à huile	Total	23 802	-	14
Noisettes	Total	15 859	-	15
Châtaignes	Total	13 411	-	16
Cassis	Total	6 844	-	17
Figues	Total	5 667	-	18
Groseilles	Total	5 228	-	19
Amandes	Total	1 772	-	20
Olives	Total	365	-	21
Poires à poiré	Total	0	-	22

- **Valeur de la vente des fruits transformés**

Le **chiffre d'affaires de la vente des fruits transformés** (compotes, confitures, fruits au sirop, fruits surgelés) **s'élève à 1,4 milliards d'euros au stade détail** (ADEPALE, 2016).

1.1.3 Valeur des productions fruitières sous signes de qualité et d'origine

- **Valeur des productions fruitières sous SIQO hors agriculture biologique**

La Figure 21 présente le chiffre d'affaires au stade expédition des SIQO hors agriculture biologique pour les fruits de table. **La valeur totale des SIQO au stade d'expédition s'élève à 226 179 milliers d'euros en 2015 soit de 6%**[2] **du chiffre d'affaire total au stade expédition de la même année**. Les fruits à noyau représentent 44% de la valeur totale du chiffre d'affaires.

Figure 21 Synthèse des données économiques des SIQO (hors agriculture biologique) pour les fruits de table et quelques fruits transformés. La liste complète des SIQO compris dans cette étude est donnée en Annexe. Source : AND International 2017, données 2015

Catégorie de fruits de l'étude	Nombre de SIQO	Chiffre d'affaire au stade expédition (milliers d'€)	Part du chiffre d'affaire total au stade expédition (%)
Fruits à noyau[3]	6	100 327	44%
Agrumes[4]	2	42 307	19%
Noix, noisettes	3	34 719	15%
Pommes, poires	4	14 919	7%
Kiwi	2	9 166	4%
Olives	7	3 846	2%
Fraises	3	2 588	1%
Autres fruits[5]	6	18 307	8%
Total / moyenne	**33**	**226 179**	**100%**

[2] 6% = **226 179 000/3 500 000 000**
[3] Les fruits à noyaux comprennent les prunes, abricots, pêches, nectarines
[4] Les agrumes comprennent les clémentines, mandarines et les pamplemousses
[5] Les autres fruits compris dans l'étude sont les ananas, les figues, les raisins de table et les marrons et châtaignes

- **Valeur des productions fruitières en agriculture biologique**

La valeur de la production fruitière en agriculture biologique au stade détail est de 648 millions d'euros (Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, 2018), ce chiffre comprenant également les fruits importés.

1.1.4 Valeurs de l'importation et l'exportation des fruits

1.1.4.1 Les valeurs de l'importation et de l'exportation pour les fruits frais et destinés à la transformation

Le Tableau 18 présente les valeurs et évolution de l'importation et de l'exportation de fruits frais et destinés à la transformation et la valeur de la balance commerciale. Nous rappelons que les fruits exotiques ne sont pas compris dans cette étude. **Au total, la valeur de l'importation des fruits frais et destinés à la transformation s'élève à 2,7 milliards d'euros (moyenne sur les années 2015, 2016, 2017). L'exportation totale des fruits frais et destinés à la transformation est de l'ordre de 1,2 milliard d'euros. La balance commerciale est largement négative : -1,6 milliard d'euros. La filière Fruits importe deux fois plus qu'elle n'exporte.**

Les fruits les plus importés sont les agrumes (orange, clémentine, mandarine, citron) et **certains fruits à coque** (amande, noisette) (Tableau 18). **Six fruits ont des balances commerciales positives : la pomme de table est en tête** (432 millions d'euros de balance positive), **suivie de la noix et de l'abricot** (~50 000 millions d'euros) et **de la prune** (~3 millions d'euros), **la pomme à cidre** (~800 000 euros) et **le coing** (180 000 euros).

Ces dix dernières années, **l'exportation et l'importation ont augmenté**, l'exportation dans une moindre mesure (17% d'augmentation contre 42% pour l'importation) (Tableau 18). **L'augmentation des importations est conséquente pour les fruits à coque** (amande, noisette, noix). **L'exportation des coings, framboises et poires à poiré ont plus que doublé** (Tableau 18).

Tableau 18 Valeurs et évolution de l'importation et de l'exportation et valeur de la balance commerciale en milliers d'euros. Source : Douanes françaises

Fruit	Valeurs de l'importation (milliers d'€) Moyenne 2015-2017	Evolution des importations [6] (%)	Valeurs de l'exportation (milliers d'€) Moyenne 2015-2017	Evolution des exportations[7] (%)	Balance commerciale (milliers d'€) Moyenne 2015-2017
Orange	378 593	25,6%	37 723	44,3%	-340 870
Clémentine et Mandarine	377 211	21,4%	45 230	53,4%	-331 982
Amande	278 117	181,1%	17 072	67,3%	-261 045
Noisette	189 454	120,6%	17 505	44,5%	-171 949
Citron	191 985	79,3%	21 660	53,7%	-170 325
Raisin	178 531	24,3%	32 148	43,4%	-146 383
Fraise	162 481	-11,0%	37 467	-14,9%	-125 013
Poire de table	95 784	-25,0%	12 706	-46,3%	-83 078

[6] Evolution des importations = moyenne des importations de 2015 à 2017 / moyenne des importations de 2008 à 2010 - 1

[7] Evolution des exportations = moyenne des exportations de 2015 à 2017 / moyenne des exportations de 2008 à 2010 - 1

Kiwi	105 908	70,3%	33 556	-8,5%	-72 352
Pamplemousse	73 037	22,6%	8 495	60,9%	-64 542
Pêche	90 585	58,9%	26 284	-13,4%	-64 301
Nectarine	96 323	22,2%	38 724	-16,3%	-57 599
Framboise	75 881	119,3%	19 225	137,7%	-56 656
Figue sèche	36 913	42,8%	5 248	43,9%	-31 665
Citron vert lime	27 995	181,2%	1 963	80,6%	-26 032
Raisin de transformation	17 025	7,2%	2 592	70,5%	-14 434
Figue	15 257	20,1%	3 418	12,7%	-11 838
Poire à poiré	14 398	308,4%	3 300	160,1%	-11 098
Cerise	20 900	54,3%	11 224	-18,5%	-9 676
Châtaigne et marron	25 615	100,7%	16 184	92,6%	-9 431
Groseille	6 446	92,6%	330	-57,4%	-6 116
Cerise acide	952	4,2%	427	-60,8%	-525
Cassis	610	20,1%	182	-75,9%	-427
Coing	969	-30,2%	1 149	160,2%	180
Pomme à cidre	2 203	-1,5%	2 995	-53,7%	793
Prune	18 653	-4,6%	21 920	11,3%	3 267
Abricot	30 977	84,0%	79 444	8,4%	48 466
Noix	73 174	147,0%	124 421	57,2%	51 247
Pomme de table	113 619	17,7%	536 349	13,0%	422 730
Total	**2 746 966**	**42,3%**	**1 179 817**	**16,9%**	**-1 567 150**

1.1.4.2 Les valeurs de l'importation et de l'exportation pour les fruits transformés

Le Figure 2 présente les valeurs des exportations, des importations et de la balance commerciale des fruits transformés en 2015 (ADEPALE, 2016). Les produits fabriqués à partir de fruits ont des balances commerciales négatives à l'exception des confitures en 2015 (107 402 000 €). Les fruits congelés et les fruits au sirop sont largement importés (balance commerciale de -231 000 000 € pour les fruits au sirop et de 279 000 000 € pour les fruits congelés) (Figure 22).

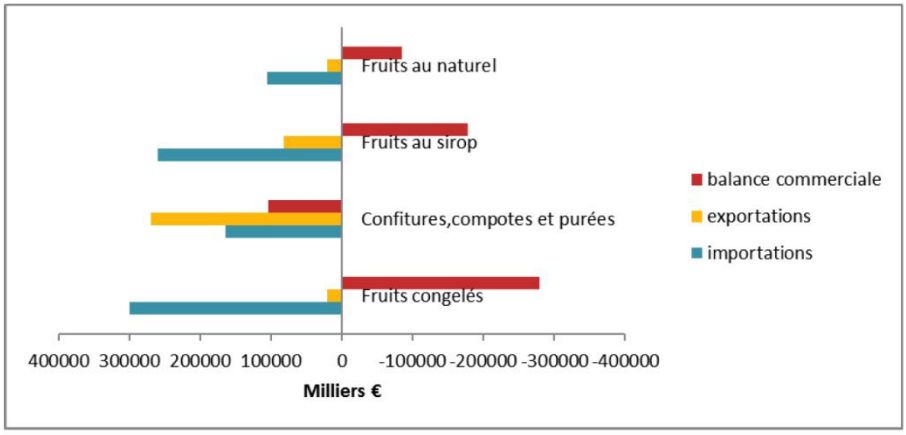


Figure 2 Valeurs des exportations, des importations et de la balance commerciale des fruits transformés en 2015. Source : ADEPALE (2016)

Tableau 19 Valeurs des exportations, des importations et de la balance commerciale des fruits transformés en 2015. Source : ADEPALE (2016)

Produits		Valeur de l'importation Milliers d'euros (2015)	Valeur de l'exportation Milliers d'euros (2015)	Valeur de la balance commerciale Milliers d'euros (2015)
Matières premières	Fruits congelés	300 609	21 288	-279 321
	Fruits en saumure	2 966	339	-1 882
Produits finis	Fruits au sirop	366 433	135 183	-231 250
	Compotes	87 951	63 076	-24 875
	Confiture	75 115	198 005	107 402

1.2 Les emplois de la filière

1.2.1 Le volume de travail de la filière Fruits au stade production par rapport aux autres cultures

Les données proviennent du Recensement Général Agricole de 2010. Différents types de méthodes existent pour dénombrer les exploitations fruitières. Dans le rapport sur la structure des exploitations fruitières et légumières publié par le CTIFL et le SSP en 2013, les exploitations fruitières sont celles ayant déclaré cultiver au moins une des onze espèces suivantes : abricotier, cerisier, pêcher-nectarinier, prunier, pommier de table, poirier de table, kiwi, agrumes, petits fruits, fruits à coque et vigne à raisin de table. A noter que l'olive ne fait pas partie du champ d'étude.

Selon cette définition, le nombre d'exploitations fruitières s'élève à 27 640, ces dernières employant 65 020 UTA[8] (CTIFL and SSP, 2013). **En moyenne, le nombre d'UTA par exploitation fruitière est élevé : 2,4 UTA/exploitation contre 1,5 UTA/exploitation en moyenne dans l'ensemble des exploitations agricoles** (CTIFL and SSP, 2013).

Selon l'observatoire mis en place par la FNPF, le nombre de salariés embauchés en production s'élève à 167 054. Les salariés saisonniers représentent 86% des salariés du secteur, les 14% restant étant des salariés permanents. Plus de 35% des contrats sont conclus avec des femmes.

Le Tableau 20 présente le nombre d'exploitations et le volume de travail répartis par Otex (orientation technico-économique) en France en 2010. Ce concept permet de classer les exploitations selon leur spécialisation, déterminée par la contribution de chaque surface ou cheptel à la Production Brute Standard[9] (PBS). Les exploitations dégageant plus de 2/3 de leur PBS d'une production sont classées dans l'Otex correspondant à cette production. **Ainsi, on dénombre 18 600 exploitations dont l'orientation technico-économique est celle des « fruits et autres cultures permanentes » en 2010,**

[8] UTA : unité de travail annuel, mesure du travail fourni par la main d'œuvre. Une UTA correspond au travail d'une personne à plein-temps pendant une année entière.

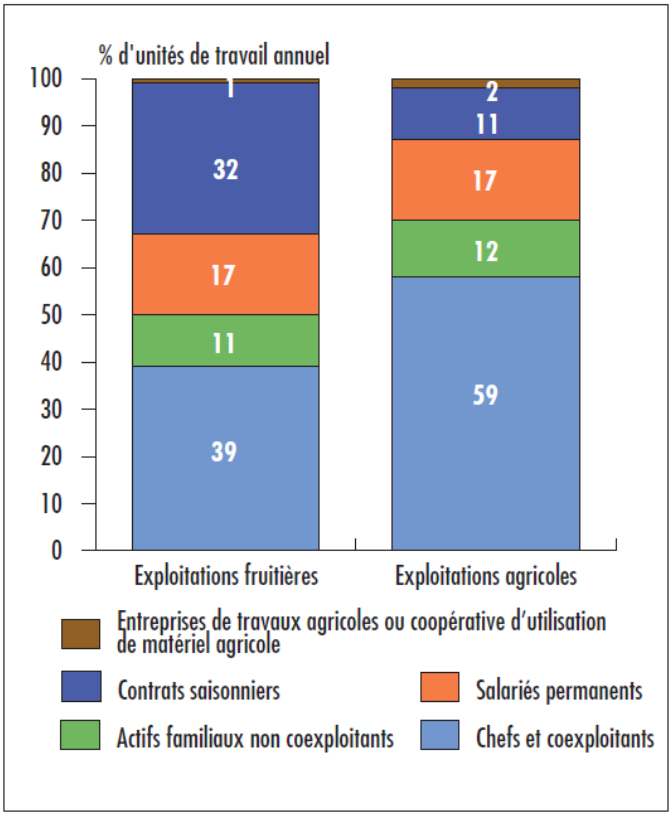
[9] La production brute standard décrit un potentiel de production des exploitations. Les surfaces de culture et les cheptels de chaque exploitation sont valorisés selon des coefficients, ce qui permet notamment de classer les exploitations selon leur dimension économique, en « petites », « moyennes » ou « grandes exploitations ». La contribution de chaque surface agricole ou cheptel à la PBS permet également de classer les exploitations dans une orientation technico-économique (Otex), selon sa production principale. La nomenclature Otex française de diffusion détaillée comporte 15 orientations, dont « Fruits et autres cultures permanentes ».

soit 4% du nombre d'exploitations agricoles françaises. Le nombre total des UTA employées par ces exploitations s'élève à 36 629. Les exploitations fruitières spécialisées embauchent ainsi en moyenne 2 UTA/exploitation, soit davantage que la moyenne nationale d'1,5 UTA/exploitation agricole (Tableau 20). Une exploitation fruitière occupe par exemple en moyenne deux fois plus de main d'œuvre qu'une exploitation spécialisée en cultures céréalières ou d'oléoprotéagineux. Le ratio SAU/UTA permet par ailleurs d'évaluer la surface qui peut être cultivée par un travailleur à temps plein. **Pour les cultures fruitières, un UTA permet de cultiver 8ha, ce qui est une faible surface par rapport aux autres cultures (céréales et oléoprotéagineux à 85 ha/UTA, produits animaux de 17 à 55 ha/UTA). Les vergers emploient autant de main d'œuvre que la viticulture, bien que le nombre total d'UTA pour la viticulture comprenne la main d'œuvre nécessaire à la transformation. Ainsi, la filière Fruits mobilise un nombre élevé d'emplois à l'hectare.**

Tableau 20 Nombre d'exploitations et volume de travail par orientation technico-économique en 2010. Source : Recensement Général Agricole de 2010

Orientation technico-économique (Otex)	Nombre d'exploitations	Volume de travail par exploitation (UTA/exploitation)	Nombre d'UTA	SAU/UTA
Céréales et oléoprotéagineux	84 700	0,9	80 015	85
Cultures générales	34 100	1,4	49 419	49
Légumes et champignons	6 200	3,8	23 475	3
Fleurs et horticulture diverse	8 400	4,0	33 571	2
Viticulture	70 000	1,9	132 605	8
Fruits et autres cultures permanentes	18 600	2,0	36 629	8
Bovins lait	50 200	1,9	95 325	41
Bovins viande	59 500	1,2	70 083	55
Bovins mixte	10 800	1,9	21 043	52
Ovins et caprins	30 500	1,1	34 252	39
Autres herbivores	25 700	1,0	25 475	20
Elevages porcins	6 300	2,2	13 913	22
Elevages avicoles	14 800	1,8	26 037	17
Autres élevages hors sol	8 800	1,7	14 662	34
Polyculture, polyélevage, autres	61 400	1,5	94 909	45
Toute Otex confondue	**490 000**	**1,5**	**751 380**	**36**

La Figure 3 présente la structure de la main d'œuvre de 2010 des exploitations fruitières comparée aux autres exploitations agricoles (CTIFL and SSP, 2013). Les exploitations fruitières se démarquent par leur grande part d'UTA saisonniers (32% pour les exploitations fruitières contre 11% pour les autres exploitations agricoles).

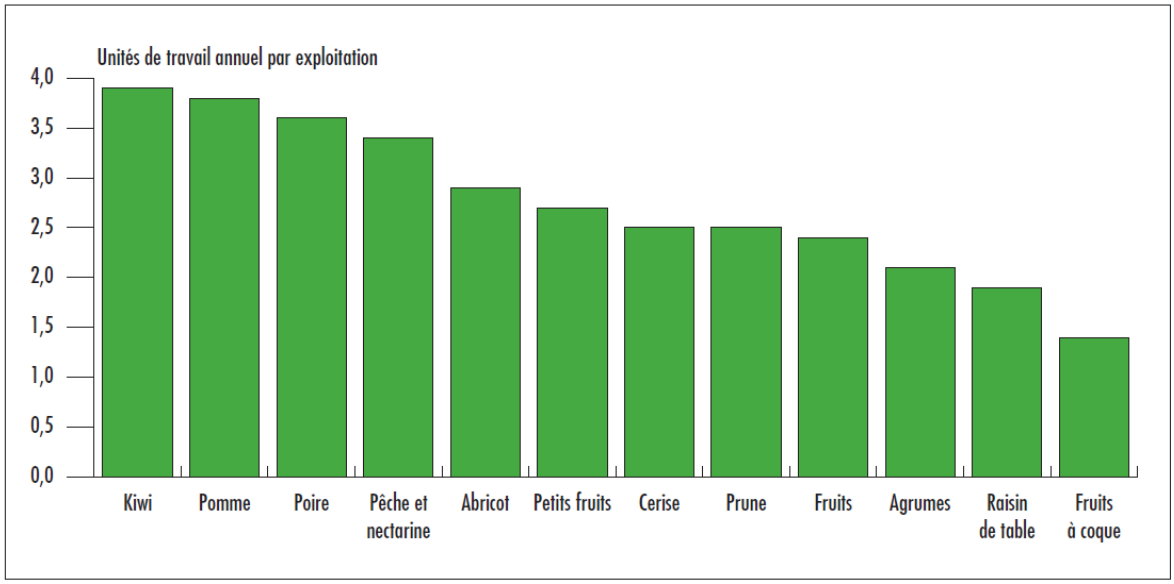


Champ : France métropolitaine
Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Figure 3 Structure de la main d'œuvre en 2010 des exploitations fruitières comparée aux autres exploitations agricoles. Source : CTIFL & SPP (2013)

1.2.2 Le volume de travail au stade production selon l'espèce fruitière

La Figure 4 présente le volume de travail par exploitation fruitière en 2010 selon l'espèce cultivée (CTIFL and SSP, 2013). En moyenne, les exploitations de fruits à pépins embauchent plus de main-d'œuvre (3,5 à 4 UTA/exploitation). Cela s'explique notamment par des tailles d'exploitation en moyenne plus élevées pour ce type de fruits (CTIFL and SSP, 2013). Les fruits à coque sont les cultures nécessitant le moins de main d'œuvre car leur culture est très mécanisée (notamment leur récolte).

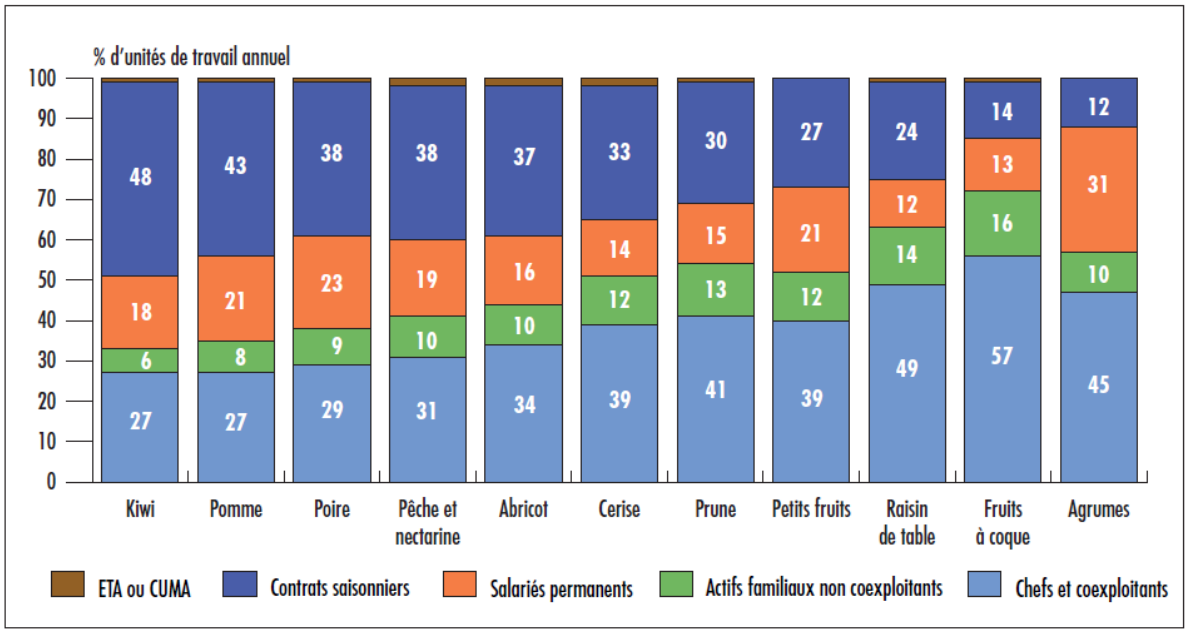


Champ : France métropolitaine

Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Figure 4 Volume de travail par exploitation fruitière en 2010 selon l'espèce cultivée. Source : CTIFL & SSP (2013)

La Figure 5 présente la structure du volume de travail dans les exploitations fruitières en 2010 selon l'espèce cultivée (CTIFL and SSP, 2013). En moyenne, la culture de fruits d'été (pêche-nectarine, abricot ou cerise) se caractérise par une main-d'œuvre saisonnière plus élevée.



Champ : France métropolitaine

Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Figure 5 Structure du volume de travail dans les exploitations fruitières en 2010, selon l'espèce cultivée. Source : CTIFL & SSP (2013)

1.2.3 Méthode d'estimation du nombre d'emplois généré par la filière Fruits

Les emplois générés par la filière peuvent être directs c'est-à-dire qu'ils sont directement liés à la production et au commerce de fruits. Ces emplois directs regroupent toute la filière Fruits de l'amont à l'aval : production (exploitants agricoles, salariés, coopératives), expéditeurs, importateurs, exportateurs grossistes et vente au détail. Les emplois indirects générés par la filière regroupent les entreprises qui fournissent des biens et des services à la filière Fruits (fournisseurs en intrants, matériel, emballages, conseil agricole, instituts techniques…). Enfin, les emplois induits sont une troisième catégorie d'emplois. Ces revenus qui sont générés par les emplois directs et indirects sont dépensés dans l'économie en général pour acheter des biens et des services (nourriture, vêtements, divertissement…).

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude qui ait quantifié le nombre d'emplois de la filière Fruits, que ce soit les emplois directs, indirects ou induits.

En octobre 2013, Interfel a produit une première estimation du nombre d'emplois générés par la filière Fruits et Légumes : 450 000 emplois directs dont 275 000 à 300 000 emplois saisonniers. Aux stades production et expédition, le nombre d'emplois généré par les fruits et les légumes est à peu près équivalent (Communication personnelle, C. Hutin (CTIFL)). De plus, on peut également supposer que le stade « détail » comprenant la vente dans les Grandes et Moyennes Surfaces (GMS), en magasin et dans les marchés comprend des effectifs qui vendent aussi bien des fruits que des légumes. Ainsi, le nombre d'emplois serait équivalent. **Ainsi, nous pourrions approximer un nombre total d'emplois directs de la filière Fruits s'élevant à 225 000 emplois.**

Cependant, une étude détaillée serait nécessaire pour vérifier cette approximation. Le Tableau 21 présente les sources des données prises en compte par Interfel pour l'évaluation du nombre d'emplois pour chaque branche de la filière. Cette méthodologie pourrait être appliquée pour évaluer le nombre d'emplois généré par la filière Fruits. Les données sur l'emploi au stade production proviennent du RGA de 2010. Le prochain recensement sera sur les données de 2020. Les données des autres branches proviennent des structures qui les représentent : le nombre d'emplois dans les coopératives provient de Felcoop[10], les données des expéditeurs de l'Aneefel[11] et les données des grossistes de l'UNCGFL[12]. Certaines données sont directement accessibles sur le site de ces organismes, d'autres sont disponibles dans leurs rapports de branche. Il n'existe pas de données sur l'emploi dans les commerces de proximité.

[10] Felcoop est la fédération professionnelle représentative des entreprises coopératives et SICA de fruits et légumes frais et transformés, horticulture et pommes de terre.

[11] L'ANEEFEL est l'association professionnelle représentative des entreprises d'Expédition-Exportation de Fruits et Légumes.

[12] L'Union Nationale du Commerce de Gros en Fruits et Légumes est le porte-parole et représentant des grossistes en fruits et légumes

Tableau 21 Source des références utilisées par Interfel pour estimer le nombre total d'emplois de la filière Fruits et Légumes. Source: (Interfel, 2013)

Branche de la filière	**Source de données**
Production	Recensement général Agricole (2010)
Coopératives	Felcoop[13] (année inconnue) http://www.felcoop.fr/pageLibre0001003a.aspx
Expéditeurs	Estimation de l'Anneefel sur la base de leur rapport de branche (2013)
Grossistes	UNCGFL[14] (année inconnue) http://www.uncgfl.fr/presentation-uncgfl-union-national-du-commerce-de-gros-en-fruits-et-legumes?id=24
Primeurs/marchés	Rapport de branche (2009)
Centrales	Rapport de branche de la grande distribution (2009), Insee (enquêtes ESANE[15], 2011) http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=0&ref_id=esane-2011
Grande distribution	Rapport de branche de la grande distribution
Commerce de proximité	Pas de données

1.2.4 Un exemple de quantification du nombre d'emplois générés par une organisation de producteurs : Unicoque

Un travail récent a été mené pour quantifier le nombre d'emplois générés en France par Unicoque, l'organisation de producteurs de noix et de noisettes (SCA UNICOQUE-Laboratoire CRIEF Faculté des sciences économiques Université de Poitiers, 2019). Les sources utilisées pour mener ce travail sont les fichiers des fournisseurs d'Unicoque, le fichier des achats de noix et noisettes aux producteurs, le fichier des ventes, le fichier Ressources Humaines, les comptes des exercices ainsi que des données complémentaires collectées auprès de l'INSEE. L'activité de cette coopérative génère au total 650 emplois : 93 emplois directs (employés d'Unicoque), 289 emplois indirects (producteurs et fournisseurs) et 268 emplois induits (liés à la consommation des ménages bénéficiant directement ou indirectement de l'activité d'Unicoque). La Figure 6 présente la répartition sectorielle des emplois générés par Unicoque. 24% de ces emplois proviennent du domaine sectoriel de l'agriculture, 18% proviennent du domaine du commerce et 14% sont issus du domaine de l'administration publique. **Ainsi, pour 1 emploi chez Unicoque, 6 emplois sont générés en France.** La filière Fruits comprend plus de 260 organisations de producteurs selon les chiffres de FranceAgriMer. En ce sens, la filière Fruits génère très probablement une grande quantité d'emplois, qu'il serait intéressant de quantifier.

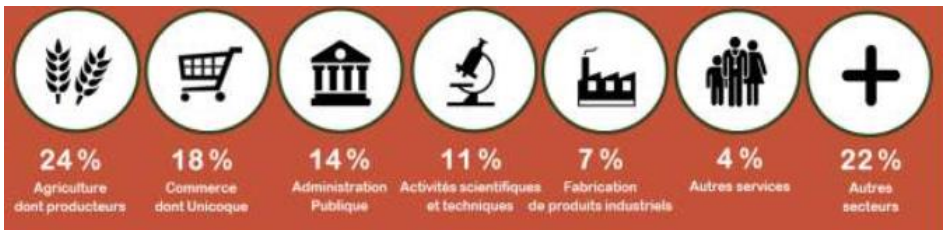


Figure 6 Répartition sectorielle des 650 emplois générés en France par Unicoque

[13] Felcoop est la fédération professionnelle représentative des entreprises coopératives et SICA de fruits et légumes frais et transformés, horticulture et pommes de terre.

[14] L'Union Nationale du Commerce de Gros en Fruits et Légumes est le porte-parole et représentant des grossistes en fruits et légumes

[15] Le dispositif ESANE permet de produire des statistiques structurelles d'entreprises, c'est à dire une photographie annuelle de la population des entreprises appartenant au système productif et de leurs principales caractéristiques.

Annexe Liste des dénominations de SIQO compris dans l'étude du cabinet AND International, commanditée par Interfel et FranceAgriMer en 2017

Type SIQO	Dénomination	Espèce
AOC/AOP	Abricots rouges du Roussillon	Abricot
AOC/AOP	Chasselas de Moissac	Raisin de table
AOC/AOP	Châtaigne d'Ardèche	Châtaigne, marron
AOC/AOP	Figue de Solliès	Figue
AOC/AOP	Muscat du Ventoux	Raisin de table
AOC/AOP	Noix de Grenoble	Noix
AOC/AOP	Noix du Périgord	Noix
AOC/AOP	Pomme du Limousin	Pomme / poire
IGP	Citron de Menton	Citron
IGP	Clémentine de Corse	Clémentine, mandarine
IGP	Fraise du Périgord	Fraise
IGP	Fraises de Nîmes	Fraise
IGP	Kiwi de l'Adour	Kiwi
IGP	Mirabelles de Lorraine	Mirabelle
IGP	Noisette de Cervione - nuciola di Cervioni	Noisette
IGP	Pomelo de Corse	Pamplemousse
IGP	Pommes des Alpes de Haute Durance	Pomme / poire
IGP	Pommes et poires de Savoie	Pomme / poire
LR	Abricot	Abricot
LR	Ananas	Ananas
LR	Clémentine	Clémentine
LR	Fraise	Fraise
LR	Kiwi Hayward	Kiwi
LR	Marron	Châtaigne, marron
LR	Pêches et nectarines	Pêche / nectarine / brugnon
LR	Pomme	Pomme / poire
LR	Reine-Claude	Reine-Claude
AOC	Lucques du Languedoc	Olive
AOC/AOP	Farine de châtaigne corse - Farina castagnina corsa	Châtaigne, marron
AOC/AOP	Olive de Nice	Olive
AOC/AOP	Olive de Nîmes	Olive
AOC/AOP	Olives cassées de la vallée des Baux-de-Provence	Olive
AOC/AOP	Olives noires de Nyons	Olive
AOC/AOP	Pâte d'olive de Nice	Olive
IGP	Pruneau d'Agen	Prune à pruneau

Bibliographie

ADEPALE, 2016. Chiffres clés 2016 - Base enquêtes statistiques 2015.

Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, 2018. Les chiffres clés de l'agriculture biologique en 2017.

Agreste, 2018a. La Statistique Agricole Annuelle - Présentation générale.

Agreste, 2018b. Commission des comptes de l'agriculture de la nation : les comptes nationaux provisoires de l'agriculture en 2017.

AND International, 2017. Etude transversale sur les Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (SIQO) dans la filière fruits et légumes (Rapport final). FranceAgriMer & INTERFEL, Paris.

CTIFL, SSP, 2013. Structure des exploitations fruitières et légumières : évolutions entre les recensements agricoles de 2000 à 2010. Agreste Doss. 1–52.

INSEE, 2009. Chapitre II - La production. Le compte spécifique de l'agriculture - Méthodologie de la base 2000. INSEE, Paris.

Interfel, 2013. Chiffres clés de la filière Fruits et Légumes.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 3, Les contributions des cultures fruitières à l'économie et à l'emploi*, 2019, **CTIFL-INRA.**

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 4.1
La biodiversité présente en vergers

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

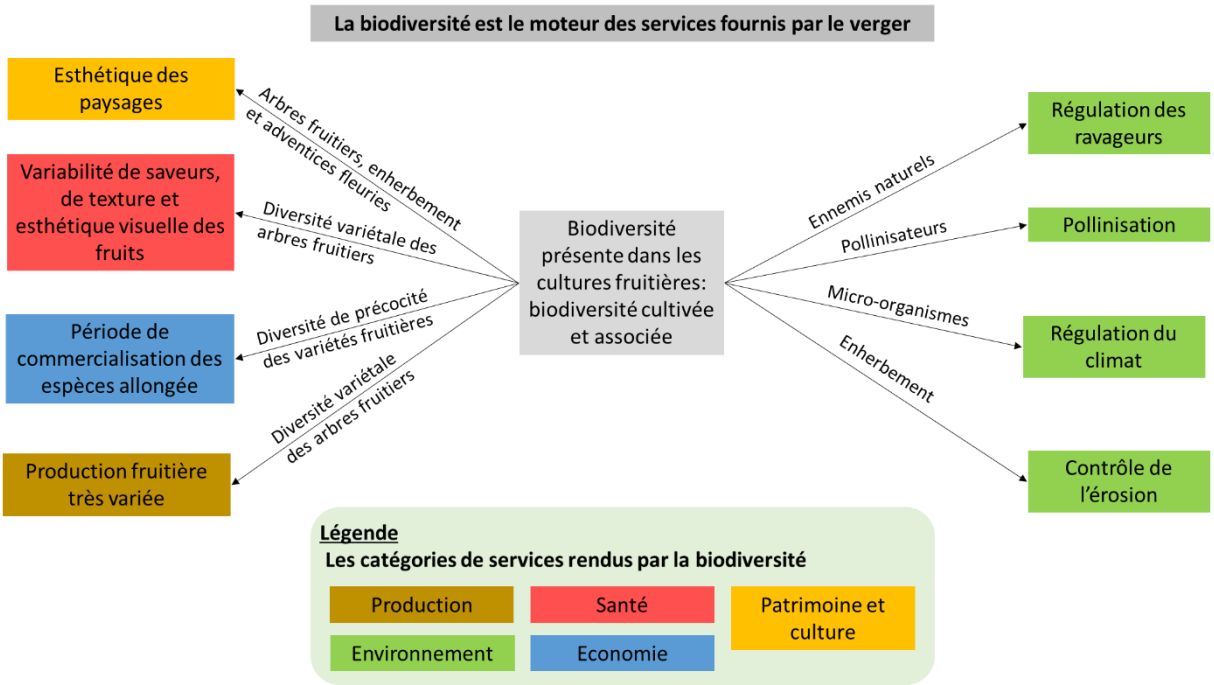
Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1.1 La biodiversité présente en verger : le moteur des services écosystémiques de régulation

Nous présenterons dans un premier temps les atouts liés à la diversité cultivée, puis les différentes catégories de biodiversité associée aux vergers. Nous verrons enfin quelles sont les pratiques susceptibles de favoriser ou défavoriser cette diversité.



Des exemples de services rendus par la biodiversité, pour chaque service, la couleur de l'encadré correspond à une catégorie de service.

1.1.1 La biodiversité mise en place par les producteurs de fruits dans les vergers : diversité des espèces et des variétés fruitières cultivées en France

La biodiversité mise en place par les producteurs dans les vergers est à deux niveaux : diversité des espèces fruitières et diversité des variétés au sein des espèces.

La biodiversité « domestique » des cultures fruitières peut s'appréhender grâce à des indicateurs simples (Preud'Homme et al., 2009) : la détermination du nombre d'espèces fruitières et de variétés, au sein des exploitations ou existant sur le territoire français.

1.1.1.1 La diversité des espèces fruitières en France

La France, de par sa situation géographique et son climat, permet la production d'une grande diversité de fruits. Cet aspect est traité dans le paragraphe de la partie Production.

1.1.1.2 La très grande diversité de variétés de cultures fruitières : dénombrement des ressources génétiques cultivées et disponibles

En agriculture, les variétés sont définies comme des populations de plantes appartenant à la même espèce qui ont été sélectionnées pour répondre aux besoins de l'Homme (GEVES, 2019).

Au-delà de la biodiversité que représentent les variétés fruitières, elles sont également un atout économique pour les filières et les exploitations fruitières (Plénet et al., 2018). La diversité variétale permet tout d'abord de diversifier l'offre de fruits répondant aux attentes des consommateurs

(diversité de goûts, de couleurs…) et également aux attentes des acteurs de la filière fruits (résistance aux bio-agresseurs, meilleure conservation…) (Plénet et al., 2018). Cette diversité permet également une variabilité de périodes de récolte, offrant une plus longue période de disponibilité de fruits sur le marché.

Ainsi, nous avons fait le choix d'aborder les variétés fruitières dans la partie « Biodiversité agricole » mais nous aurions pu également les considérer dans la partie « production » (diversité de production), dans la partie « économie » (offre variée aux consommateurs) ou dans la partie patrimoine et culture pour les variétés françaises (variétés anciennes en conservatoire).

1.1.1.2.1 Des centaines de variétés de fruits cultivées en France

Il est difficile d'estimer le nombre de variétés qui sont effectivement cultivées en France. Certaines études recensent les principales variétés mais elles ne permettent pas d'appréhender la réelle diversité des variétés cultivées. En 2012, à la demande de la FNPF et d'autres organismes professionnels, une enquête nommée « Inventaire Verger » a été menée par le Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) pour recenser les surfaces de variétés cultivées en France. L'un des objectifs de cette enquête était d'avoir un suivi de l'évolution des surfaces et de la réalité sanitaire des vergers dans le cadre de la lutte contre certaines maladies comme la sharka.

- **Une cinquantaine de variétés cultivées en verger de cerisiers**

Plus d'une vingtaine de variétés de cerisiers est recensée par l'inventaire « vergers » mené par Agreste en 2012 (Annexe 6). Ce chiffre serait sous-estimé par rapport à la cinquantaine de variétés cultivées en France (Communication personnelle, A. Boubennec (CTIFL)). 4 variétés occupent la moitié des surfaces de cerisiers (Burlat, Summit, Napoléon, Belge). Burlat, variété traditionnelle, est la première variété cultivée occupant près de 22% des superficies (Annexe 6).

- **Plus de 200 variétés cultivées en verger d'abricotier**

Plus d'une trentaine de variétés d'abricotiers est recensée dans l'inventaire « Verger » établi par Agreste en 2012. Cette diversité variétale serait sous-estimée car les adhérents de l'Association d'Organisation de Producteurs des Pêches et des Abricots de France cultiveraient 211 variétés d'abricots (Communication personnelle). Quatre variétés représentent près de la moitié de la surface d'abricotiers : Bergeron, Orangé de Provence, ORANGERED® Barth et BERGAROUGE® Avirine cov Annexe 7). En Abricot, l'offre variétale enregistre une forte progression (Figure 27).

Le grand nombre de variétés cultivées en abricotiers permet d'offrir un calendrier large de commercialisation ainsi qu'une diversité de produits (différentes couleurs, calibres et rapport qualité-prix) (Lichou and Jay, 2012). Les variétés Soledane TOM COT®Toyaco sont par exemple des variétés à maturité précoce (début juin) tandis que les variétés Farbaly (Carmingo®), Farfia (Carmingo®) ou Bergecot sont des variétés plus tardives.

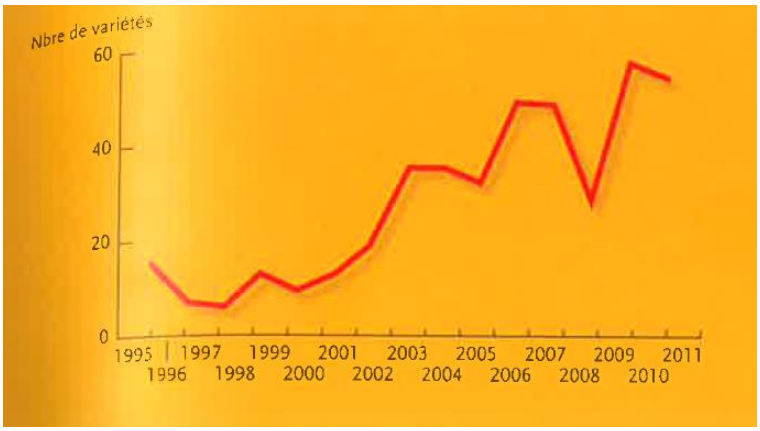


Figure 1 Augmentation du nombre de variétés d'abricots soumis à l'évaluation en verger. Source : Lichou&Jay (2012)

- **Plus de 600 variétés cultivées en verger de nectariniers et de pêchers**

La filière nectarine et pêche se démarque par une diversité variétale très élevée : plus d'une quarantaine de variétés de nectarines et plus d'une cinquantaine de variétés de pêches sont recensées dans l'inventaire verger d'Agreste en 2012 (Annexe 8 & Annexe 9). A nouveau, cet inventaire sous-estimerait le nombre total de variétés cultivées en France. Selon le dernier inventaire de l'Association d'Organisation de Producteurs des Pêches et des Abricots de France, les adhérents de cette AOP cultiveraient 211 variétés d'abricots et 614 variétés de pêches et de nectarines. L'Association d'Organisation de Producteurs des Pêches et des Abricots de France représente 60% de la production d'abricots et entre 70 et 80% de la production de pêches et de nectarines et les résultats sont donc assez représentatifs de la production française.

- **Une quarantaine de variétés cultivées en verger de prunier de table**

Plus de 25 variétés sont recensées dans l'inventaire d'Agreste effectué en 2012. Selon l'AOP Prunes, une quarantaine de variétés serait cultivée en France.

- **Une centaine de variétés cultivées de pommes de table**

La pomme est caractérisée par une importante innovation variétale (Plénet et al., 2018). Plus de 65 groupes variétaux sont recensées par l'ANPP dans le Tableau 1, représentant une centaine de variétés cultivées en France. Le Tableau 1 présente les surfaces 2018 des variétés produites par les adhérents de l'ANPP ainsi que les surfaces des grandes variétés 2013 recensées par le Service Statistique de la Prospective du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Les variétés de Golden, de Gala et de Cripps Pink représentent la moitié des surfaces cultivées en pomme des adhérents de l'ANPP.

Plusieurs variétés tolérantes à la tavelure sont disponibles (Juliet®, Story Innored®, Opal®) et représentent 3,6% des surfaces.

Tableau 1 Surface des variétés de pommes en 2013 selon le Service Statistique de la Prospective (SSP) et en 2018 selon l'ANPP

	Source ANPP			Source SSP	
		2018	Part de la surface totale (% de surface adhérente à l'ANPP)	2013	Part de la surface totale (% de surface française en pomme)
TOTAL		23 875	100%	37848	100%
GOLDEN		6 064	25,4 %	11315	34,4%
	Reinders	1 399			
	Smoothee	995			
	Clone 972	794			
	Leratess	185			
	Parsi da Rosa	373			
	Rosagold Quemoni	61			
	Gradiyel	24			
GALA		5 082	21,3 %	6154	18,7%
	Brookfield Beigent	1 261			
	Galaxy	744			
	Galaval	818			
	Mondial Gala	375			
	Jugala	303			
	Simmons Buckeye	272			
	Galastar	224			
	Royal Gala	155			
CRIPPS PINK		2 289	9,6 %		
	Rosy Glow	1 686			
GRANNY		1 855	7,8 %	3063	9,3%
	Granny Smith	945			
	Challenger	781			
FUJI		982	4,1 %	1429	4,4%
	Zhen Aztec	352			
	Fubrax Kiku	157			
	Raku Raku	64			
	September Wonder	52			
	Hesei	66			
TOLERANTE TAVELURE		848	3,6 %	1033	3,1%
	Juliet®	198			
	Story Innored®	106			
	Opal	88			
	Evelina® Roho	68			
	RegalYou®	64			
	Antarès®	63			
	Daliclass	47			
	Ladina	38			
	Swing®	24			
BELCHARD		847	3,5 %		

ROUGES AMERICAINES	780	3,3 %	1132	3,4%
Jeromine	271			
Red Chief	183			
Erovan	87			
Scarlet Spur	82			
Starkrimson Spur	40			
Oregon Spur	28			
CANADA GRIS	673	2,8 %		
BRAEBURN	661	2,8 %	1580	4,8%
Maririred	290			
Hillwell/Hidala	76			
Redfield	82			
JAZZ® SCIFRESH	576	2,4 %		
ELSTAR	355	1,5 %	895	2,7%
BICOLORES DIVERSES	342	1,4 %	1211	3,7%
Pinova	92			
Envy®	62			
Akane	34			
Delbard Jubilé	26			
JONAGOLD	342	1,4 %	919	2,8%
Jonagored	116			
Daliryan	73			
HONEY CRUNCH®	317	1,3 %		
JOYA®	248	1 %		
ARIANE®	244	1 %		
DALINETTE	152	0,6 %		
BOSKOOP	151	0,6 %	469	1,4%
TENTATION®	148	0,6 %	206	0,6%
GOLDRUSH	106	0,4 %		
REINETTES (toutes)	380	1,6%	3442	10,5%
REINE DES REINETTES	276	1,2 %		
AUTRES REINETTES	104	0,4 %		
Clochard	27			
Sainte Germaine	25			
D'Armorique	33			
POLLINISATEURS	87	0,4 %		
Golden GEM	22			
Evereste Perpetu	26			
Baugène	15			
RUBINETTE	84	0,4 %		
IDARED	68	0,3 %		
AUTRES	229	1 %		

- **Plus d'une centaine de variétés cultivées en pomme à cidre**

L'IFPC estime qu'il existe 25 variétés de pommiers à cidre basse-tige représentant environ 90% de la surface. Au total, une centaine de variétés de pommiers basse-tige sont cultivées en France (Communication personnelle, Y. Gilles (IFPC)). Les systèmes plus extensifs à haute-tige et les vergers conservatoires représentent un potentiel de ressources génétiques encore plus importants : jusqu'à un millier de variétés serait cultivé (Communication personnelle, Y. Gilles (IFPC)).

- **Une dizaine de variétés cultivées en verger de poires**

Le Tableau 2 présente les surfaces de variétés de poires des adhérents de l'ANPP en 2018. Plus de 13 variétés de poires sont dénombrées dans le recensement de l'ANPP. Les variétés de poires d'été (William's et Guyot) sont très représentées (environ 50% de la surface totale des adhérents de l'ANPP) (Tableau 2). La variété de poire d'automne-hiver Conférence représente 1/5 des surfaces adhérentes. Ainsi, les principales variétés permettent la production de poire sur une large gamme de temps.

Tableau 2 Surface des variétés de poires en 2018 selon l'ANPP. Source : ANPP, 2018

Variété	Surface ANPP 2018 (ha)	Part de la surface totale (% de surface adhérente à l'ANPP)
TOTAL	1 825	100
WILLIAM'S	597	32,7
GUYOT	281	15,4
AUTRES POIRES D'ETE	2	0,1
CONFERENCE	357	19,6
COMICE	210	11,5
ANGELYS	75	4,1
PASSE CRASSANE	47	2,6
SWEET SENSATION	32	1,7
Q TEE	10	0,5
BEURRE HARDY	3	0,1
AUTRES POIRES D'AUTOMNE	169	9,3
Louise Bonne d'Avranches	64	
Packam's	19	
Alexandrine	15	
Harrow Sweet	16	
SS TOTAL POIRES ETE	880	48,2
SS TOTAL POIRES AUTOMNE HIVER	903	49,5
Autres POIRES	42	2,3

- **Au total, plus d'une centaine de variétés cultivées dans les parcelles de verger en France**

Le Tableau 3 résume le nombre de variétés effectivement cultivées pour les principales espèces fruitières.

Tableau 3 Résumé du nombre de variétés effectivement cultivées de quelques espèces fruitières

Espèce fruitière	Nombre de variétés représentant au moins 1% de la surface du verger national
Abricotier	19
Cerisier	18
Pêcher et nectarinier	56
Prunier	16
Pommier de table	16 groupes variétaux
Pommier à cidre	Pas d'estimation[1]
Poirier	10

1.1.1.2.2 Catalogue variétal des espèces fruitières : 1500 variétés disponibles et commercialisables en France

Le GEVES (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences) conduit des études pour évaluer les variétés afin de les inscrire au catalogue officiel. Ce catalogue officiel des espèces et des variétés établit la liste des variétés dont les semences ou plants peuvent être commercialisés en France. Le Tableau 4 dénombre les variétés inscrites dans ce catalogue. Il rapporte un total de **1482 variétés d'espèces fruitières inscrites**. Les pêchers, nectariniers et les pommiers représentent plus de la moitié des variétés fruitières (29% pour les pêchers et nectariniers et 27% pour les pommiers). Les variétés d'abricotiers représentent également une part importante du nombre de variétés totales inscrites (11%). Dans ce catalogue et contrairement à d'autres catégories de cultures, aucune espèce fruitière n'est menacée « d'érosion génétique ».

Les cultures fruitières se distinguent par l'utilisation très fréquente de porte-greffes, ce qui augmente la diversité génétique de ces cultures. Le catalogue du GEVES répertorie également les porte-greffes et les espèces fruitières dont ils sont issus. Le Tableau 5 dénombre **88 porte-greffes commercialisables en France**.

Tableau 4 Nombre de variétés d'espèces fruitières inscrites au Catalogue Officiel des Espèces et Variétés de plantes cultivées et commercialisables en France. Source : GEVES, 2019

Espèce fruitière	Nombre de variétés inscrites
Pêcher et nectarinier	426
Pommier (de table et à cidre)	402 (286 p. de table et 116 p. à cidre)
Abricotier	162
Poirier (asiatique et européen)	87
Cerisier (acide et doux)	81
Prunier (européen et japonais)	79
Châtaignier	45
Fraisier	44
Noyer	31
Framboisier	22
Noisetier	20

[1] Cependant, 25 variétés recouvrent 90% de la surface de vergers de pommiers à cidre

Olivier	20
Amandier	14
Cassis	13
Groseillier	11
Oranger	7
Cognassier à fruits	5
Mandarinier	4
Clémentinier	2
Pomelo	2
Tangelo	2
Tangor	2
Citronnier	1
Total	**1482**

Tableau 5 Nombre de porte-greffes de cultures fruitières inscrits au catalogue officiel des espèces et variétés de plantes cultivées en France. Source : GEVES, 2019

Espèces dont sont issues les porte-greffes	Nombre porte-greffes inscrits
Prunier	41
Pommier	22
Cerisier	15
Cognassier	6
Poirier	6
Pêcher	5
Noyer	3
Amandier x Pêchers	2
Oranger x Citron	2
Citron	2
Prunier x Pêchers	2
Abricotier	1
Rangpur	1
Total	**88**

Le catalogue du GEVES sous-estime la réelle diversité génétique des espèces fruitières. En effet, de nombreuses variétés, pour lesquelles la procédure d'inscription au catalogue n'a pas été mise en œuvre, ne sont pas représentées dans cette liste officielle (Communication personnelle, Y. Gilles (IFPC) & P. Varlet (ANPP)).

1.1.1.2.3 Les vergers conservatoires et les Centres de Ressources Génétiques, des patrimoines précieux de biodiversité conservant des milliers d'accessions

En France, la conservation des ressources génétiques se structure autour de réseaux de conservation (partenariat public-privé de mise à disposition de matériel, programme de recherche européen, association de particuliers passionnés…) (Direction générale de l'Alimentation, 2015). Les principaux conservatoires institutionnels sont l'INRA (dans les Centres de Ressources Biologiques), le GEVES, les universités (Agrocampus Ouest), le CIRAD (Centre de coopération International en Recherche

Agronomique pour le Développement) et l'IRD (Institut de recherche pour le développement). De nombreuses associations contribuent également à la conservation des ressources génétiques (conservatoires régionaux ou financés par les collectivités territoriales, Fruits Oubliés) ainsi que des agriculteurs et des particuliers. Le conservatoire génétique des agrumes à San Giuliano en Corse est l'un des conservatoires gérés par l'INRA qui stocke le plus grand nombre d'accessions[2] (1200 accessions). Le SIREGAL (Plant Genetic Resources Information System) est une plateforme de distribution d'accessions gérées par les Centres de Ressources Biologiques de l'INRA. Ces accessions sont distribuées en petite quantité dans des buts de recherche, de développement et de préservations biologiques (GnpIS, 2017). Le Tableau 6 présente le nombre d'accessions générées par la plateforme SIREGAL. Cette grande diversité d'accessions disponibles pour des fins de recherche représente un autre aspect de la diversité génétique des cultures fruitières.

Tableau 6 Nombre d'accessions disponibles pour la recherche conservée par les Centres de Ressources Biologiques de l'INRA. Source : SIREGAL

Espèces fruitières	Nombre d'accessions disponibles
Cerises	183
Prunes	70
Abricots	156
Pommes de table	669
Pommes à cidre	216
Poire	393
Pêche/nectarine	74

Ainsi, le patrimoine génétique des espèces fruitières est immense. Si 4 variétés de cerisiers sont connues du public, plus d'une trentaine de variétés sont cultivées en France. 82 variétés de cerisiers sont disponibles à la commercialisation (Tableau 4) et 183 sont préservées dans les Centres de Ressources Biologiques de l'INRA (Tableau 6).

Les ressources génétiques des variétés fruitières sont également conservées par des associations comme les Croqueurs de Pommes, les Fruits retrouvés, Atout Fruits etc.

[2] Une accession est un échantillon de semences distinct, identifiable de façon unique représentant un cultivar, une lignée ou une population, qui est maintenu en stockage pour la conservation et l'utilisation (http://www.fao.org/wiews/glossary/fr/). La différence entre une accession et une variété est le fait que les variétés sont inscrites au catalogue officiel. Au contraire, une accession n'est pas inscrite au catalogue et n'est pas commercialisée. Elle est une réserve génétique.

1.1.1.3 Intérêt de la richesse variétale des espèces fruitières en France

1.1.1.3.1 Offre d'une large gamme de variétés sur des périodes de récoltes étendues : l'exemple des pêches et des nectarines

La diversité variétale des fruits permet d'allonger les périodes de récoltes et par conséquent de disponibilité sur le marché. La Figure 28 illustre bien la large gamme de variétés disponibles en pêche et nectarine et la période étendue de récolte, permise par la succession resserrée de chaque variété dans le temps (GRAB and INRA, 2016). Ainsi, l'offre en variété de pêchers et de nectariniers permet d'étaler les périodes de récolte de début juin à mi-septembre (GRAB and INRA, 2016) : des variétés précoces comme la variété de nectarine jaune « Nectaprima » ou la variété de pêche jaune « Crisptolam » à des variétés tardives comme la variété de nectarine blanche « Nectarelse » et la variété de pêche blanche » Sweetember » (Figure 28).

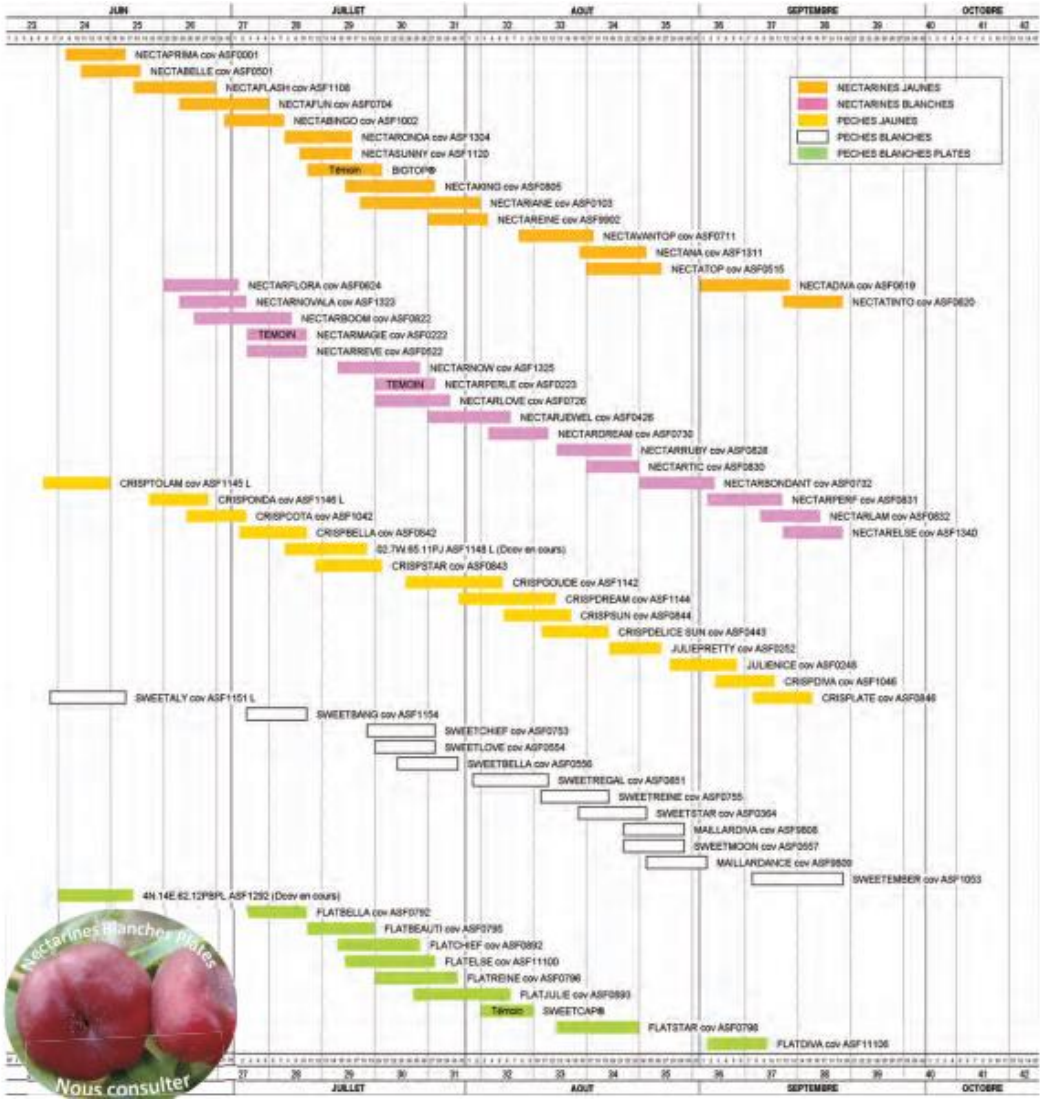


Figure 28 Date de récolte de différentes variétés de pêches et de nectarine. Source : GRAB&INRA (2016)

1.1.1.3.2 Offre de fruits variée en goût, en couleur et en calibre

La diversité variétale permet de varier l'offre en goût, en couleur, en forme et en taille. La Figure 29 illustre la variabilité visuelle de 4 variétés de prunes en couleur, en forme et en taille (photos issues de la Photothèque du CTIFL). La variété Plumcot (photo en haut à gauche) est un hybride issu d'un

croisement entre un abricot et une prune japonaise. Sa chaire est souvent parfumée et très sucrée. La variété TC sun (photo en haut à droite) fait partie de la gamme des prunes américano-japonaise. Sa coloration jaune-orangé et sa résistance à la conservation sont ses principaux atouts. La variété « Sunkiss » (photo en bas à gauche) est également une prune américano-japonaise, qui est particulièrement juteuse. La variété « Orange Siom » est une variété de questche plutôt destinée à être dégustée en confiture, dans des tartes, compotes etc.

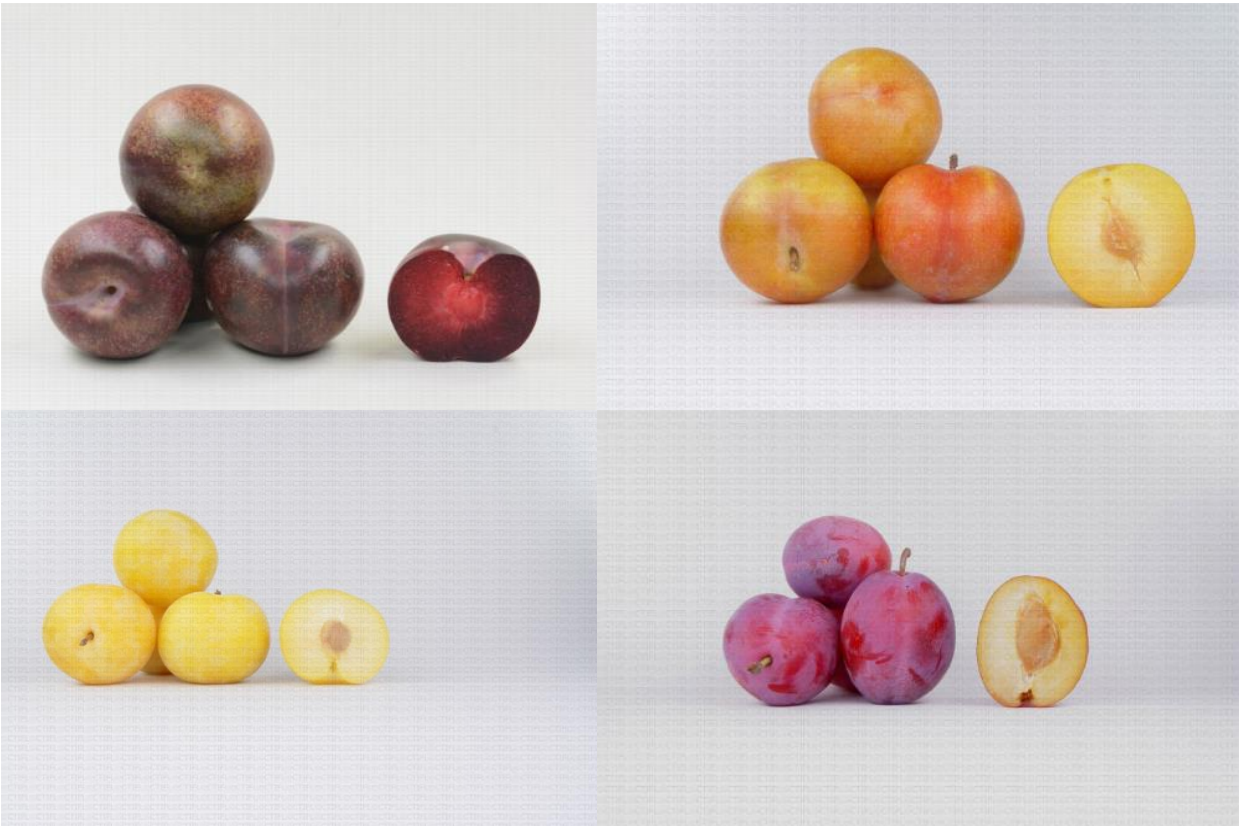


Figure 3 Différentes variétés de prunes ayant des couleurs, formes et tailles différentes. Chaque photo est prise à la même échelle. En haut à gauche, variété « Plum Cot » ; en haut à droite, variété « TC sun » ; en bas à gauche, variété « Sunkiss » ; en bas à droite, variété « Prune Orange Siom » Source : Photothèque CTIFL

1.1.1.3.3 La diversité variétale : un levier d'action pour diminuer les dommages liés aux bio agresseurs en diminuant l'utilisation de pesticides (l'exemple de l'abricot)

La diversité génétique des espèces fruitières est un réservoir précieux afin de sélectionner des espèces résistantes à certains bioagresseurs. La sélection variétale des abricots a permis d'obtenir des espèces tolérantes à la tavelure, c'est-à-dire que le rendement n'est pas impacté par cette maladie (GRAB and INRA, 2016). L'INRA et le GRAB conduisent des essais variétaux pour évaluer cette tolérance pour les variétés classiques présentes sur le marché en absence de traitements fongicides. Les résultats de ces essais pour la tavelure sont présentés dans la Tableau 28. De très fortes différences de sensibilité à la tavelure ont été quantifiées (de 0% de fruits tavelés à 72%). La variété « Early Blush® » s'est révélée être une variété tolérante avec une absence de dégât. Au contraire, la variété « Hargrand » présentait le plus de dégâts (72% de fruits tavelés).

Ainsi, en l'absence de fongicide, certaines variétés d'abricots peuvent présenter de très faibles dégâts de tavelure. Ainsi, **la diversité variétale est un levier d'action contre les bioagresseurs et pourrait permettre de diminuer la dépendance des vergers aux intrants, comme les pesticides**.

Tableau 1 Pourcentage moyen de fruits tavelés aux récoltes 2009 et 2010 pour 12 variétés classiques d'abricotier. Source : GRAB & INRA (2016)

	Pourcentage moyen de fruits tavelés (a)
Early Blush® (2928) Rutbhart	0 % A
Malice® (2241) Avikot	3,4 % AB
Orangered® (2892) Bhart	9,6 % ABC
Bergeron (660)	13,1 % BC
Bergarouge® (2914) Avirine	16,9 % CD
Tardif de Tain (2490)	24,6 % DE
TomCot® (2669) Toyaco	25,4 % DE
Vertige (3845)	28,9 % EF
Goldrich (2184)	36,2 % EF
Polonais (1352)	39,6 % FG
Frisson (2821)	48,6 % G
Hargrand (1814)	71,4 % H

(a) Les valeurs suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5 % (test Newman-Keuls) – Moyennes ajustées suite à une analyse de variance pour un dispositif à 4 blocs.

1.1.1.4 Les variétés fruitières de demain : quels futurs critères de sélection ?

La richesse génétique des espèces fruitières est particulièrement précieuse car elle permet de façonner les nouvelles variétés de demain en fonction des caractères souhaités à l'avenir : amélioration de la qualité des fruits, résistance aux bioagresseurs, adaptation au changement climatique, etc.

Une étude récente a été menée par FranceAgriMer, l'INRA et le CTIFL en mars 2018 pour anticiper les caractéristiques des variétés fruitières de demain (FranceAgriMer, 2018). Les quatre scénarios qui ont été retenus étaient les suivants :

- **Scénario 1 : innovations variétales pour des vergers adaptés au changement climatique**

Dans ce scénario, une forte variabilité des productions fruitières induite par le réchauffement climatique relocalise les bassins de production. La politique agricole européenne devient plus interventionniste et les conditions de concurrence sont homogénéisées sur les standards européens en matière d'usage de pesticides et de coût de travail. Dans ce contexte, le scénario prévoit que la France s'appuie dans un premier temps sur la diversité de variétés, de territoires de production et d'influence climatique pour trouver des solutions rapides d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques. A plus long terme, de nouveaux fonds génétiques seraient recherchés au-delà des frontières nationales. **Dans ce scénario, la filière s'organise autour de l'innovation variétale, qui devient l'axe prioritaire de recherche.**

- **Scénario 2 : une dynamique variétale encadrée pour un consommateur exigeant**

Dans un contexte de production variable sous influence climatique et des politiques publiques limitées, **ce sont les consommateurs qui encadrent la dynamique variétale**. Ils exigent des garanties d'absence de résidus de produits phytosanitaires sur les fruits, à des prix bas. Un développement des vergers en

agriculture biologique est attendu, associé à une forte stimulation de la recherche en produits de biocontrôle. **L'axe prioritaire de recherche étant la réduction d'usage de produits phytopharmaceutiques, l'innovation variétale porte ses efforts sur la création de variétés originales (goût, couleur) sans négliger la recherche de variétés multi-résistances**. Les variétés « oubliées » sont retenues dans les vergers extensifs.

- **Scénario 3 : création variétale fruitière au ralenti pour un marché de bas prix**

Dans ce scénario, le changement climatique a globalement peu d'effet (pas de relocalisation de la production fruitière, ni de nécessité de créer des variétés adaptées aux nouvelles conditions climatiques). Les politiques agricoles orientent les prix des fruits à la baisse et renoncent aux exigences normatives élevées. Les consommateurs ne sont plus inquiets sur la présence de résidus de produits phytopharmaceutiques ou sur la qualité sanitaire des fruits. **Le prix le plus bas devient le critère prioritaire des consommateurs. Dans ce contexte, l'innovation variétale est ralentie.**

- **Scénario 4 : les transformateurs pilotes de l'innovation variétale**

Dans ce scénario, le changement climatique a globalement peu d'effet et ne perturbe pas les calendriers de production et les niveaux de rendements. À la suite de crises sanitaires, à une montée des peurs alimentaires et à une mise en cause des produits phytosanitaires sur la santé humaine, les consommateurs exigent des garanties d'absences de résidus et de qualité sanitaire des fruits. De nombreux labels « zéro résidu » se développent. **L'innovation variétale se focalise sur la sensibilité aux bio-agresseurs et le zéro résidu mais également sur certaines qualités spécifiquement demandées par la transformation (aptitude à la mécanisation)**. Dans ce contexte, **les variétés proposées par les sélectionneurs vis-à-vis des producteurs le sont pour leur facilité de culture, leurs faibles besoins en intrants et la possibilité de les contractualiser avec des transformateurs de plus en plus impliqués dans la sélection.**

Les critères de sélection des espèces fruitières changent en fonction des 4 scénarios présentés ici (adaptation au changement climatique, recherche de qualité gustative et visuelle, multi-résistance aux bioagresseurs, facilité de mécanisation…). **Pour chacun de ces scénarios à l'exception du scénario 3, l'innovation variétale est un levier majeur de l'adaptation des vergers aux attentes de demain.**

1.1.2 La biodiversité associée présente en verger : faune et flore associées aux arbres fruitiers

1.1.2.1 Les services écosystémiques rendus par les vergers dépendent fortement de la biodiversité

La biodiversité présente en verger est **le moteur de la fourniture de services écosystémiques** (Therond et al., 2017). De nombreux travaux ont en effet montré **un effet positif de la diversité sur la fourniture de services écosystémiques** (Cardinale et al., 2012; Harrison et al., 2014; Ricketts et al., 2016). Le Tableau 8 présente le sens des relations entre indicateurs de biodiversité et certains services écosystémiques (Harrison et al., 2014). Par exemple, le contrôle biologique et la pollinisation seraient corrélés positivement avec l'abondance et la richesse spécifique dans plus de 10% des publications analysées.

Tableau 8 Résumé des relations positives ou négatives entre des indicateurs de biodiversité et certain services écosystémiques. Seules les relations détectées dans 10% des 530 publications prospectées sont indiquées. Source : extrait du tableau de la review de Harrison et al. (2014) et Therond et al. (2017)

Service écosystémique	Abondance d'espèces	Richesse spécifique	Diversité spécifique[3]
Contrôle biologique	+	+	
Pollinisation	+/-	+	
Régulation du climat		+	+
Contrôle de l'érosion	+		

Deux mécanismes ont été identifiés pour comprendre **la relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes** :

1) **La complémentarité entre espèces** : des espèces différentes sont susceptibles d'utiliser des ressources et des habitats différents, ce qui permet une meilleure exploitation des ressources disponibles (Cardinale et al., 2012; Tilman, 1997)
2) **L'effet sélection** : dans un écosystème avec une biodiversité importante, la probabilité de sélectionner un individu productif est élevée. Si cet individu appartient à une espèce qui détermine la productivité de l'écosystème, une corrélation positive est attendue entre la biodiversité et la productivité de cet écosystème (Tilman, 1997)

De plus, **la biodiversité est susceptible de promouvoir la résilience des écosystèmes** et donc des services écosystémiques fournis (Therond et al., 2017).

La biodiversité peut également être contraignante pour les vergers : les **ravageurs des cultures** sont l'exemple principal des contraintes liées à la biodiversité (Therond et al., 2017). Les vergers peuvent constituer des réservoirs de bioagresseurs. Nous pourrions citer le cas de *Xyllela fastidiosa*, bactérie ravageuse d'un large spectre d'arbres fruitiers ayant des impacts économiques (arrachages de vergers d'oliviers) et sociaux (disparition des vergers d'oliviers centenaires traditionnellement cultivés dans les paysages de la région des Pouilles en Italie). Les insectes vecteurs véhiculant cette bactérie peuvent vivre sur des plantes hôtes à proximité voire au sein des vergers et ainsi diffuser la bactérie plus rapidement. Le cercope des prés (*Philaenus spumarius*), l'un des vecteurs identifiés de cette bactérie est par exemple capable de s'alimenter sur près d'un millier d'espèces végétales (Rasplus, 2015).

1.1.2.2 Les atouts des vergers en matière d'habitats pour les organismes vivants

Si les systèmes de culture peuvent altérer la biodiversité, notamment par l'impact des pratiques culturales, ils peuvent également contribuer à la biodiversité et promouvoir certaines espèces de plantes ou d'animaux (Le Roux et al., 2008). Parmi les cultures agricoles, **les vergers se distinguent particulièrement par leur fourniture d'habitats en faveur de la biodiversité** (Figure 30) (Simon et al., 2010).

- **Des habitats sur le long terme**

Le premier atout des vergers est relié à leur pérennité (de quelques années à plusieurs décennies en fonction des espèces cultivées). La présence sur une longue période d'une plante hôte peut favoriser

[3] Les indicateurs de diversité spécifique comme les indicateurs de Simpson ou Shannon sont des indicateurs prenant en compte l'abondance d'espèces et la richesse (nombre d'espèces différentes présentes)

la présence d'insectes herbivores (y compris les ravageurs) ce qui bénéficie à plus large échelle au réseau trophique (Simon et al., 2010). Il a été démontré que la diversité des insectes mesurée dans des vergers de pommiers était plus élevée que dans les cultures annuelles (Kozar, 1992). Certaines études démontrent également que le contrôle biologique des ravageurs par les auxiliaires est plus élevé en cultures pérennes (Hall and Ehler, 1979; Risch et al., 1983). De plus, la litière du sol est susceptible de se développer au profit des détritivores, ce qui favorise indirectement la présence d'ennemis naturels des ravageurs des vergers (Longcore, 2003).

- **La structure multi-strate des vergers : une diversité d'habitats potentiels**

L'alternance haie-rang fruitier-inter-rang enherbé définit un premier niveau de stratification, horizontal (Figure 30). Les vergers possèdent également une structure diversifiée à la verticale, avec des strates basses (couvert herbacé de l'inter-rang), moyennes (arbres fruitiers) et hautes (haies en bordure de parcelles) (Figure 30). Cette diversité de structures procure une diversité d'habitats et de ressources pour la biodiversité : refuges pour passer l'hiver, aires de reproduction, nourriture comme le nectar et le pollen (Simon et al., 2010). La production de nectar contribue notamment à attirer les insectes pollinisateurs. Le pommier, l'amandier, le cerisier et le prunier sont des exemples d'espèces produisant une importante quantité de nectar.

- **La strate arborée**

L'architecture des arbres est complexe, et cette complexité favorise la diversité des insectes et l'abondance des ennemis naturels (Simon et al., 2010). A une échelle plus fine, les feuilles des arbres fruitiers peuvent offrir des habitats favorables (comme les domaties, petites poches liées à l'excroissance de nervures à l'intersection avec la tige) et des refuges (comme les trichomes, petits poils sur la surface inférieure des feuilles) (Figure 30). Les acariens par exemple utilisent fréquemment les domaties pour nidifier et les trichomes leur permettent de piéger plus facilement leurs proies (Kreiter et al., 2002). Ce lien entre complexité structurale et diversité/abondance des ennemis n'induit cependant pas forcément une meilleure régulation des bioagresseurs. Certaines études montrent que la prédation ou le parasitisme ne sont pas plus importants sur des feuilles à structure complexe, car cette complexité peut augmenter le temps à localiser les proies ou les hôtes (Skirvin, 2004).

- **La strate herbacée**

L'enherbement est généralement composé de poacées et d'adventices et parfois de légumineuses s'il est semé. La présence d'un enherbement favorise la diversité des insectes au sein du verger (Simon et al., 2010), et la diversité de l'enherbement augmenterait encore cette diversité, selon des études en verger de poirier (Rieux et al., 1999). D'autres études montrent cependant que le couvert peut également favoriser la présence de ravageurs (McClure, 1982; Meagher and Meyer, 1990).

- **La diversité des plantes en bordure de parcelles**

Les fruits étant des produits assez fragiles et à haute valeur économique, des haies coupe-vent sont fréquemment installées dans les régions ventées comme le Sud-Est de la France. Cependant, dans ces régions, ce sont souvent des haies monospécifiques, composées majoritairement de cyprès. La diversité d'espèces qui composent les haies contribuent à augmenter la diversité d'habitats au sein de la parcelle mais également à l'échelle du paysage (Benton et al., 2003). Cependant, cette hétérogénéité de structure à l'échelle du paysage peut également être un désavantage pour des méthodes de confusion sexuelle. En effet, ces méthodes ont une meilleure efficacité sur de larges surfaces continues, favorables à la diffusion des phéromones.

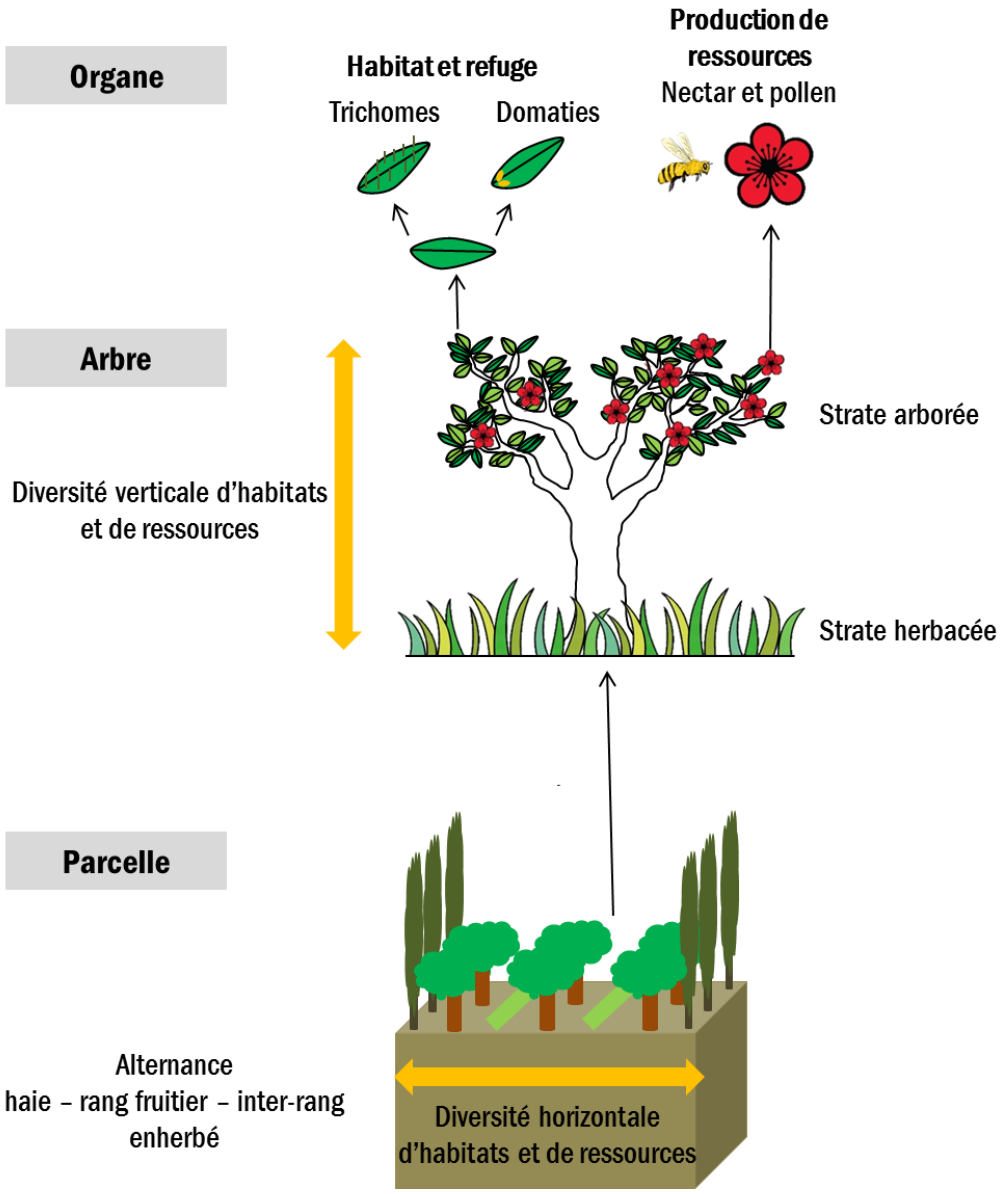


Figure 4 La diversité d'habitats et de ressources d'une parcelle de verger à différentes échelles

1.1.2.3 Evaluation de la biodiversité en verger

1.1.2.3.1 Les indicateurs de la biodiversité en verger

A la demande du ministère de l'Agriculture, un groupe de travail du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN) a étudié la disponibilité des indicateurs en milieu agricole (Preud'Homme et al., 2009). Un indicateur est le résumé d'une information complexe (ici, la biodiversité). Il doit être scientifiquement robuste, compréhensible et utilisable aisément par un large panel d'acteurs. Preud'Homme et al. (2009) remarquent que la plupart des indicateurs mesurés par la recherche actuelle portent sur la biodiversité domestique et sur le paysage. Peu d'indicateurs rapportent l'état de la biodiversité « sauvage », à l'exception de l'indicateur couramment utilisé « Oiseaux communs ».

- L'indicateur simple de la richesse spécifique

La richesse spécifique est le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné. Il s'agit de l'indicateur le plus simple et le plus utilisé (Preud'Homme et al., 2009; Therond et al., 2017). Cet indicateur

présente pourtant des désavantages. Tout d'abord, il est peu sensible, c'est-à-dire qu'il faut des changements importants pour qu'il varie (Therond et al., 2017). Le faible nombre d'espèces connues dans certains groupes (micro-organismes) biaise les estimations : la richesse est sous-évaluée. De plus, cet indicateur ne permet pas d'anticiper la disparition ou l'apparition d'espèces liées à une pratique culturale particulière. Il est peu informatif sur les dynamiques de la biodiversité.

- L'indicateur simple de l'abondance

L'abondance au contraire est plus sensible aux modifications de l'environnement et permet de caractériser les changements de biodiversité plus finement (Therond et al., 2017). Cet indicateur a notamment permis de mettre en évidence le déclin d'oiseaux inféodés aux systèmes agricoles.

- Les indicateurs composites de diversité

Les indicateurs composites utilisent des paramètres ayant au moins deux unités différentes. Ils prennent d'ailleurs souvent en compte l'abondance et la richesse spécifique. Les indicateurs composites sont ainsi plus exhaustifs que les indicateurs simples. L'étude menée par le MNHN reprend les indicateurs composites les plus classiques (Figure 31).

Le plus connu est sans doute l'***indice de Shannon-Weaver*** :

$$H' = - \Sigma\, pi \log_2 pi$$

Avec pi la proportion des individus de l'espèce i par rapport à tous les individus de toutes les espèces. (= ni / Σn). L'indice vaudra 0 s'il y a une seule espèce et sera maximum pour S espèces différentes, toutes dans la même proportion 1/S.

L'***indice de Simpson*** calcule la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à la même espèce.

$$D = - \Sigma\, pi^2$$

Avec pi la proportion des individus de l'espèce i par rapport à tous les individus de toutes les espèces. (= ni / Σn). Cet indice est négativement corrélé avec la diversité (diversité maximale pour D =0 et minimale pour D = 1). C'est pourquoi on peut aussi utiliser l'indice de diversité de Simpson : E = 1 – D.

L'***indice de Hill*** reprend et combine les deux indices précédents.

$$Hill = (1/D)/eH'$$

Avec 1/D : l'inverse de l'indice de Simpson et eH' : l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver. Plus l'indice se rapproche de 1, plus la diversité est faible. Pour faciliter l'interprétation, il est possible de calculer l'inverse de l'indice (1-Hill).

L'***indice de Jaccard*** permet de mesurer la différence de diversité entre deux sites :

$$C = j / (a + b - j)$$

Avec a la richesse sur le premier site, b la richesse sur le deuxième site et j le nombre d'espèces communes aux deux sites.

- L'***indice d'équitabilité*** de Piélou prend seulement en compte les distributions d'abondance, c'est-à-dire les répartitions d'individus entre les espèces.

$$J' = H'/\log_2 S$$

Avec log2S qui correspond à la diversité maximale. Cet indice varie de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

Figure 5 Principaux indicateurs de biodiversité composites. Source : Preud'Homme et al. (2009)

1.1.2.3.2 Peu de données disponibles sur la biodiversité dans les vergers

Il existe peu de données à l'échelle nationale sur la biodiversité présente au sein des vergers. A notre connaissance, seuls l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) et l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) possèdent des données sur un vaste réseau de parcelles de vergers à l'échelle nationale.

L'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) est piloté depuis 2017 par l'agence française pour la biodiversité (AFB) avec l'appui du Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du Ministère de la transition écologique et solidaire ainsi qu'une unité mixte de recherche (UMS PatriNat, AFB-CNRS-MNHN). L'observatoire récolte des données provenant de multiples travaux de recherche publics, qui sont validés par un comité scientifique d'experts indépendants. L'ONB ne concentre pas seulement ses travaux sur les indicateurs de biodiversité des milieux agricoles mais sur l'ensemble des milieux naturels existant en France (aquatiques, forestiers, milieux humides, montagnards, urbains etc.). En verger, deux indicateurs seulement sont instruits : la biodiversité des lombrics et celle des bactéries du sol (Tableau 9). Ces données proviennent de larges échantillonnages et sont assez robustes.

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) propose des protocoles simplifiés d'observation de la biodiversité aux acteurs agricoles (agriculteur, AOP…). Cette démarche est volontaire de la part des observateurs qui collectent eux-mêmes les données à partir des protocoles OAB et les transmettent à l'observatoire. L'objectif est de renseigner une base de données permettant de suivre l'évolution des indicateurs de biodiversité sur le long terme. Quatre espèces ou groupes d'espèces indicatrices sont suivies par l'OAB (Tableau 9) : les lombrics, les papillons, les abeilles et les invertébrés (mollusques, insectes). Le réseau OAB compte environ 80 parcelles de vergers suivies sur le territoire français, représentatives des grands bassins de production (Annexe 13). Les vergers de pommiers, d'oliviers et de pêchers représentent près des ¾ des parcelles volontaires. 63% des parcelles sont en agriculture biologique, ce qui est supérieur à la proportion nationale (Annexe 13). Les pratiques culturales ayant un fort impact sur la biodiversité, cette surreprésentation des parcelles en bio peut biaiser les données OAB. Un autre biais est que la démarche est volontaire, donc probablement effectuée par des producteurs plus engagés en faveur de la biodiversité ou du moins plus sensibilisés. Par ailleurs, les dénombrements peuvent diverger entre observateurs, entraînant une importante variabilité entre jeux de données.

Ainsi, les données de l'OAB sont effectuées sur un réseau important de parcelles, représentatives des bassins de production fruitiers français mais les modalités de collecte et les pratiques culturales des observateurs peuvent entraîner un important biais. Les données OAB instruites dans ce rapport sont donc informatives du niveau de biodiversité globale en verger, relativement aux autres cultures mais peuvent manquer de fiabilité. Les données issues de l'ONB semblent plus robustes.

D'autres études ponctuelles ont été effectuées sur d'autres espèces et instruites dans ce rapport mais ces données sont fortement reliées au bassin de production voire à la parcelle. Elles sont donc peu représentatives à l'échelle nationale.

Tableau 9 Données de la biodiversité en verger instruites dans ce rapport (espèces indicatrices, indicateurs de biodiversité associés et source des données).

Espèces indicatrices	Indicateurs de biodiversité	Espèces fruitières	Source de données
Lombric	Abondance et diversité	Vergers, vignes	ONB et OAB
Papillons	Abondance et diversité	Vergers, vignes	OAB
Pollinisateurs sauvages	Abondance	Vergers, vignes	OAB
Invertébrés terrestres	Abondance et diversité	Vergers, vignes	OAB
Bactéries du sol	Abondance et diversité	Vergers, vignes	ONB
Oiseaux	Abondance et diversité	Pommiers et poiriers	Travaux de Bouvier

1.1.2.3.3 La biodiversité faunistique en verger

1.1.2.3.3.1 Diversité et abondance des oiseaux : plus d'une trentaine d'espèces hébergées au printemps et une quarantaine d'espèces présentes dans les vergers en hiver dans le Sud-Est de la France

Les oiseaux sont de bons indicateurs de l'état de santé écologique des écosystèmes (Preud'Homme et al., 2009). Ils sont sensibles à la structure du paysage (éléments présents et leurs agencements) ainsi qu'à la présence de leurs proies. Un paysage diversifié recueillera une plus importante diversité d'oiseaux (Preud'Homme et al., 2009). Certaines études ont montré que la présence de haies était corrélée à des abondances d'oiseaux plus importantes (García et al., 2018). Les oiseaux sont souvent utilisés comme indicateurs pour plusieurs raisons (Bouvier et al., 2011) : ils sont appréciés du grand public, sont largement étudiés et sont faciles à observer.

Jean-Charles Bouvier a étudié les populations d'oiseaux dans les vergers du sud-est de la France.

- Printemps

Nombre d'espèces total dans des parcelles de pommiers

Bouvier et al. (2011) ont recensé les oiseaux présents au printemps (avril-mai) dans 15 vergers de pommes, conduits selon différentes techniques de protection (conventionnel, intégré et biologique), situés dans le Sud-Est de la France. Sur les 306 espèces d'oiseaux se reproduisant en France, 30 espèces ont été recensées sur l'ensemble de l'étude (Annexe 10), soit plus de 10% des espèces d'oiseaux français (Tableau 10).

Dans une autre étude sur l'impact des filets Alt'Carpo, Bouvier et al. (2019) ont recensé 31 espèces au printemps sur 46 parcelles de pommiers (Tableau 10), conduites selon différentes techniques de protection (conventionnel sans filets, biologique avec filets, biologiques sans filets) (Annexe 11). Parmi ces espèces, 5 sont inscrites sur la liste rouge des espèces menacées en France : le rollier d'Europe, le moineau friquet, le chardonneret élégant, le serin cini et le verdier d'Europe. Par ailleurs, Bouvier, en 2005 montre que le comportement de la mésange charbonnière et de la mésange bleue dans les vergers Bio s'apparente à leur comportement dans un biotope naturel.

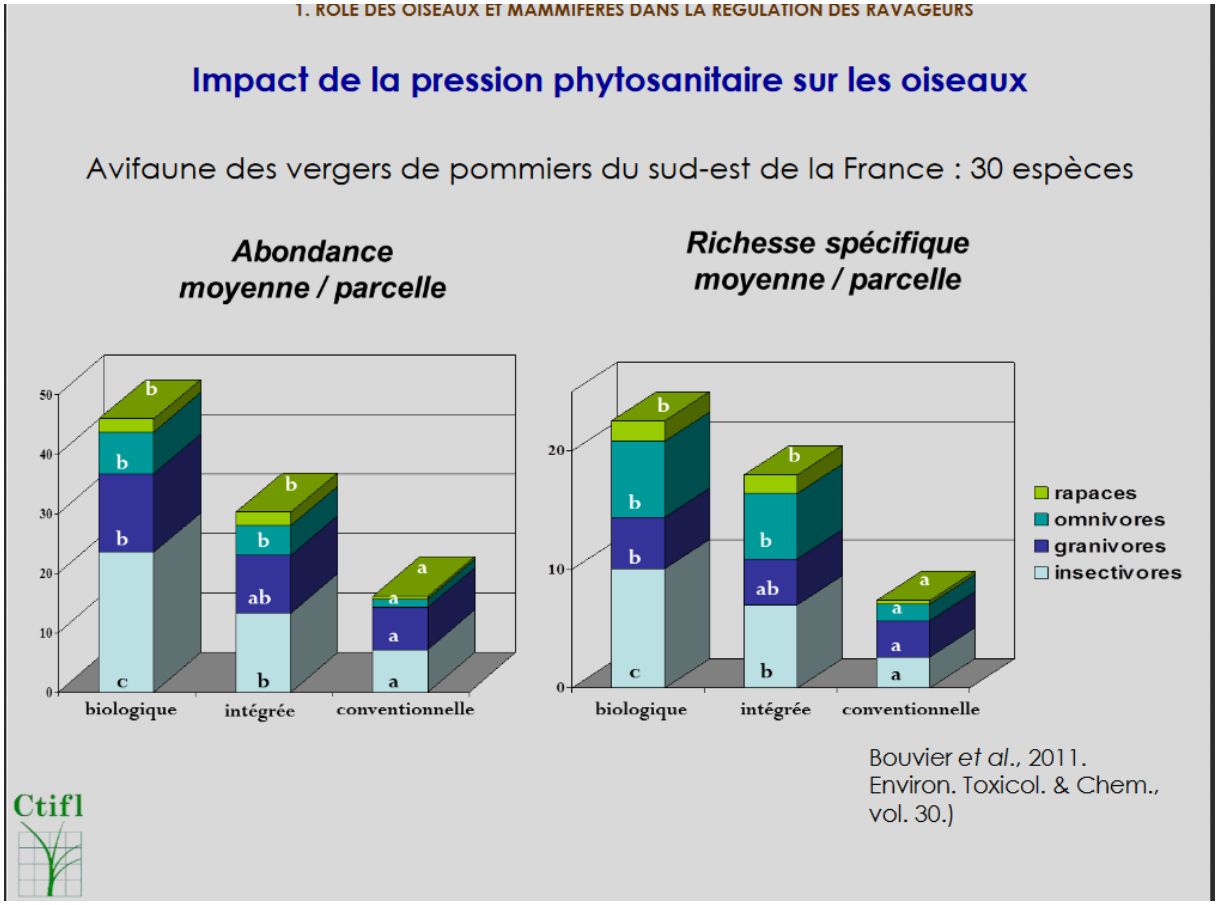


Tableau 10 Nombres d'espèces d'oiseaux présentes en France, comparés aux nombres d'espèces identifiées dans les études de Bouvier et al. (2011, 2016).

Nombre d'espèces d'oiseaux en France	545
Nombre d'espèces d'oiseaux se reproduisant en France	306
Nombre d'espèces d'oiseaux recensés dans les vergers au printemps, pendant 3 ans sur 15 vergers de pommiers (Bouvier et al., 2011)	30 dont 14 insectivores, 7 granivores, 4 omnivores et 5 rapaces
Nombre d'espèces d'oiseaux recensés dans les vergers au printemps sur 46 vergers de pommiers (Bouvier et al., 2011)	31 dont 17 insectivores, 6 granivores, 3 insectivores et granivores, 4 omnivores et 1 rapace
Nombre d'espèces d'oiseaux recensés dans les vergers en hiver, pendant 2 ans sur 15 vergers de pommiers (Bouvier et al., 2016)	40 dont 13 espèces hivernantes et 27 nicheuses hivernantes

- Période hivernale

Les restes de récoltes dans les arbres ou sur le sol (fruits, graines) peuvent attirer des oiseaux pendant la période hivernale (Bouvier et al., 2016). L'amélioration des techniques de récolte tend également à restreindre les restes de récolte dont les oiseaux peuvent se nourrir.

Nombre d'espèces total dans des parcelles de pommiers et de poiriers en période hivernale

En période hivernale, 40 espèces ont été recensées dans 15 vergers de pommiers et 15 vergers de poiriers commerciaux, conduits en agriculture conventionnelle, en agriculture biologique et en protection intégrée, situés dans le Sud-Est de la France (Annexe 12) (Bouvier et al., 2016). Cela représente 15% des populations d'oiseaux qui hivernent en France. 35 des espèces recensées sont des passereaux. Les espèces identifiées dans cette étude sont communes. 28 de ces espèces sont également présentes au printemps d'après l'étude de Bouvier et al., (2011).

Il est important de rappeler que ces recensements ont été effectués sur des parcelles présentes dans le Sud-Est et qu'ils ne représentent pas la diversité d'oiseaux présents en verger dans d'autres régions. La diversité des oiseaux en verger présentée dans ce rapport est probablement sous-estimée.

L'abondance des oiseaux dans les vergers est essentiellement expliquée par la quantité de restes de pommes au sol après récolte. La diversité des espèces d'oiseaux dépend également de cette quantité de nourriture disponible mais également du nombre d'arbres portant des baies de lierre dans les haies brise-vent. En effet, certaines espèces d'oiseaux préfèrent consommer les pommes au sol comme le pinson des arbres tandis que d'autres préfèrent les baies de lierre, comme les mésanges et les fauvettes. Ainsi, la diversification des ressources disponibles dans les vergers contribue au maintien de la diversité de populations d'oiseaux.

Période hivernale et estivale

Un suivi des populations d'oiseaux a été effectué dans les vergers de diverses espèces sur le centre d'expérimentation de Balandran au CTIFL (Bellegarde, Gard). 91 espèces d'oiseaux issues de 39 espèces différentes ont été détectées soient 59% de la diversité d'espèces nicheuses de France (Jay and Ricard, 2019). Dans cette liste, 12 espèces (13%) sont quasiment menacées, 10 (11%) sont vulnérables, 3 (3%) en danger et 1 (1%) en danger critique (grue cendrée, très rare en France). Les relevés d'oiseaux ont montré l'importance des infrastructures agroécologiques comme les haies ou les mares comme habitat et ressources. Ainsi, les plus fortes richesses d'espèces ont été enregistrées à proximité des haies de feuillus et de la mare : 26 à 30 espèces d'oiseaux ont été photographiées dans les haies près d'un verger d'abricotier (Jay and Ricard, 2019).

Ces données permettent de quantifier la biodiversité d'oiseaux présente en verger de pommiers et de poiriers dans le Sud-Est. Il pourrait être intéressant d'investiguer cette biodiversité dans d'autres bassins de production fruitière ainsi que sur d'autres espèces fruitières.

Les vergers du Sud-Est abritent en moyenne une trentaine d'espèces différentes d'oiseaux soit 10% des oiseaux se reproduisant en France au printemps (Bouvier et al., 2011)**. Les vergers, par leur caractère pérenne, offrent des sites d'hivernage aux oiseaux pendant l'hiver : 15% des espèces d'oiseaux se reproduisant en France sont présentes dans les vergers pendant cette période soit une quarantaine d'espèces** (Bouvier et al., 2016)**. Les restes de récolte et les ressources fournies par certaines haies de bord de parcelle (e.g. baies de lierre) constituent un garde-manger précieux en hiver. Les infrastructures agroécologiques peuvent fournir un habitat complémentaire et abritent jusqu'à une trentaine d'espèces d'oiseaux** (Jay and Ricard, 2019)**.**

1.1.2.3.3.2 La diversité de mammifères présents en verger : près d'un quart de la diversité française présente en verger

Une étude menée sur le site d'expérimentation du CTIFL à Bellegarde (Gard) a quantifié la diversité de mammifères présents sur le site, majoritairement constitué de vergers**. Sur les 150 espèces de mammifères identifiées en France, 35 (23%) espèces appartenant à 18 familles ont été détectées sur**

le centre (Jay and Ricard, 2019). Les espèces de mammifères sont essentiellement représentées par les chauves-souris qui constituent près de la moitié du recensement (16 espèces sur les 35 présentes). Les autres mammifères identifiés sont principalement des rongeurs, lapins, écureuils, hérissons…

1.1.2.3.3.3 Diversité et abondance des invertébrés du sol

1.1.2.3.3.3.1 L'ensemble des invertébrés présents au niveau du sol des vergers (données OAB)

La Figure 32 présente les résultats d'un inventaire des invertébrés par type de culture réalisé par l'OAB entre 2012 et 2017 avec un protocole de suivi mensuel de 3 placettes de 30x50cm² par parcelle (2 en bordure et 1 à l'intérieur de la parcelle). Plus précisément, il relie la diversité (nombre moyen de groupes taxonomiques différents sur les 3 placettes présente dans chaque parcelle) et l'abondance des invertébrés (nombre moyen d'invertébrés dénombrés, toutes espèces confondues sur ces mêmes placettes). L'intersection des « croix » représente la moyenne des mesures et la distribution des données est illustrée par les quartiles.

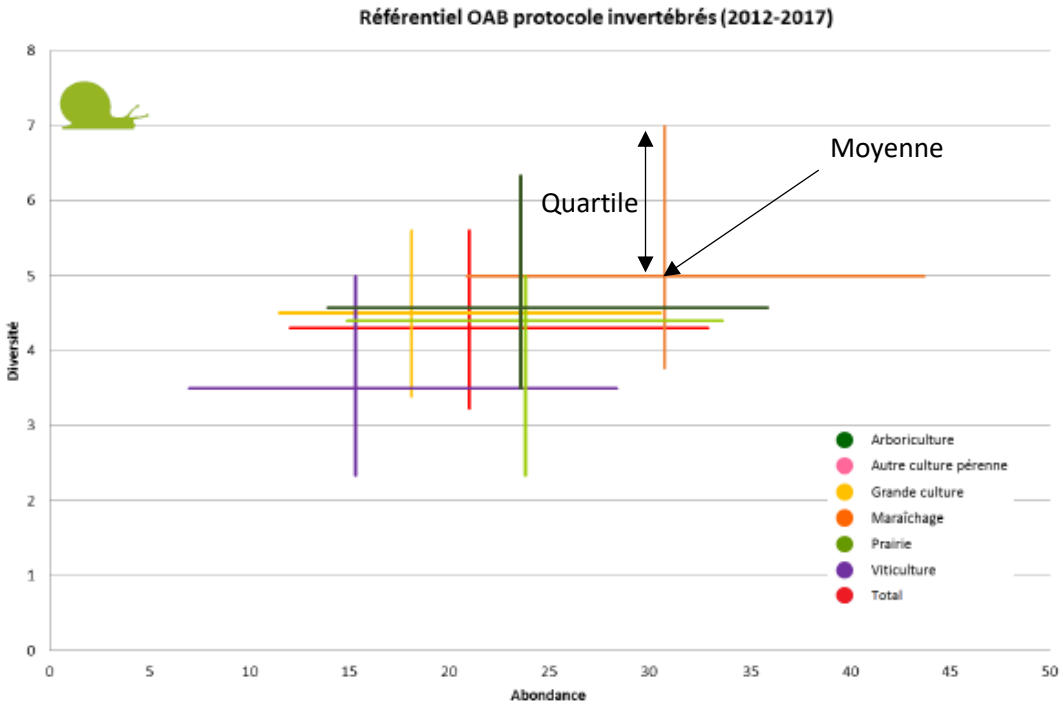


Figure 6 Abondance (nombre moyen d'invertébrés, toutes espèces confondues, observés sur les 3 placettes présentes en parcelle) et diversité (nombre moyen d'espèces ou de groupes différents, observés sur les 3 placettes présentes en parcelle) d'invertébrés dans différents types de culture. Source : OAB, 2017

En moyenne, 24 invertébrés sont dénombrés (toutes espèces confondues) en arboriculture ce qui est similaire à la moyenne nationale de 21 invertébrés (Figure 32). En moyenne, 4 à 5 espèces ou groupes taxonomiques sont identifiés en arboriculture, ce qui est égale à la moyenne nationale. Les vergers ont tendance à avoir une abondance d'invertébrés plus faibles qu'en maraîchage, similaires à celles des prairies et plus élevées qu'en viticulture. Cependant, seule la différence entre les abondances d'invertébrés en verger et celles en maraîchage est significative (Royal, 2018).

D'après les résultats de l'OAB de 2017, l'abondance et la diversité d'invertébrés en verger est similaire à la moyenne nationale et aux moyennes des autres cultures. Sur une plage temporelle plus importante (de 2012 à 2017), l'abondance et la diversité des invertébrés en verger est similaire à toutes les autres cultures (vigne, prairies, autres cultures permanentes) mais plus faible que les données en maraîchage (Royal, 2018).

1.1.2.3.3.3.2 Abondance et biodiversité des lombrics

- **Abondance des vers de terre en verger**
  - **Les protocoles mis en place par l'ONB et l'OAB**

Les vers de terre constituent le groupe le plus important de la faune du sol par leur biomasse. Ils contribuent à l'aération du sol et à l'incorporation de la matière organique. S'ils sont majoritairement sensibles aux caractéristiques du sol (texture, pH, quantité de matière organique), ce sont également de bons indicateurs de l'usage d'un sol et des pratiques agricoles qu'il subit (ONB, REF 2015).

Le Tableau 11 et la Figure 33 présentent la quantification de l'abondance des vers de terre en verger, recensées par l'ONB et la Figure 34 présente les résultats de l'OAB. Attention, il est important de rappeler que les protocoles mis en œuvre par ces deux observatoires sont différents.

Les données sur les lombrics de l'ONB sont extraites de la base de données EcoBioSoil, de l'UMR EcoBio de l'université de Rennes, qui réunit des données acquises dans le cadre de plusieurs travaux de recherche. Les données d'abondance de vers de terre de l'ONB proviennent de deux méthodes différentes : le protocole Test Bêche qui consiste à extraire 6 blocs de sol triés pour dénombrer les vers de terre - les 6 blocs ont des dimensions moyennes de bêche (20x20x25cm^3) ; et le protocole formol consiste à dénombrer les vers de terre sortant d'un m² de sol sur lequel une solution de formol a été versée.

Le protocole « vers de terre » de l'OAB consiste à verser deux fois une solution diluée de moutarde sur 1m² (15 min d'intervalle de temps) et à dénombrer l'ensemble des vers de terre qui sortent de terre. Ce test est l'équivalent du test formol (en le remplaçant par la moutarde).

  - **Les résultats issus de l'OAB et de l'ONB**

L'abondance des vers de terre en vignes et vergers est en moyenne de 163 vers/m² selon des recensements effectués sur 126 sites de 2005 à 2015 par l'ONB (Tableau 11). Cette abondance est considérée comme moyenne selon les grilles de l'observatoire. L'abondance des vers de terre est significativement plus faible dans les vergers, vignes et forêts que dans les prairies, les grandes cultures et en agroforesterie (Tableau 11). Elle est également plus faible que la moyenne nationale (264 vers/m²).

Tableau 11 Abondance des vers de terre de 2005 à 2015 pour chaque type d'occupation de sol. Sd, écart-type ; Min, valeur minimale ; Max, valeur maximale. Source : ONB, 2015 d'après l'Université de Rennes 1, UMR 6553 EcoBIo (2015)

Occupation du sol	Nombre de sites analysés	Abondance lombricienne (en ind/m²)	Inteprétation de l'abondance par l'ONB	Sd	Min	Max	Erreur standard	Test stat significativité des différences (GLM)
Territoires artificialisés (jardins…)	122	280	Moyenne	305	0	1571	27,6	b
Territoires agricoles - Prairie	117	421	Elevée	271	32	1333	25,1	c
Territoires agricoles - Cultures	262	223	Moyenne	167	0	917	10,3	b
Territoires agricoles - Vignes et vergers	126	163	Moyenne	202	0	1092	18,0	a
Territoires agricoles - Agroforesterie	67	370	Elevée	321	8	1492	39,2	c
Forêts et milieux semi-naturels	37	149	Faible à moyenne	255	0	1109	41,9	a
Moyenne métropolitaine	**731**	**264**	**Moyenne**		**0**	**1571**		

L'analyse de la base de données OAB montre que la viticulture est le type de culture qui possède les abondances les plus faibles pour tous les indicateurs (Royal, 2018). Les indicateurs de biodiversité seraient plus élevés en arboriculture (Royal, 2018). D'après cette étude, cette différence de biodiversité serait reliée à un fort travail du sol en vigne par rapport à l'arboriculture, provoquant de fortes perturbations pour la faune du sol et la biodiversité des enherbements. Les statistiques issues d'un mélange des données de vigne et de vergers sont donc à considérer avec précaution.

La gestion de l'inter-rang des vergers aurait notamment un impact sur l'abondance des vers de terre (OAB, 2017). Il y a 3 à 4 fois moins de vers de terre dans un sol nu ou paillé en culture pérenne que dans un sol enherbé entièrement ou partiellement (Figure 33). On peut penser que les labours induisent une importance perturbation du milieu par les vers de terre. Cela montre l'importance de l'enherbement qui est à la fois une source d'amélioration de la structure des sols par l'aération due aux galeries de vers de terre ; par l'amélioration de l'humidité du sol ; et par l'apport de matières organiques.

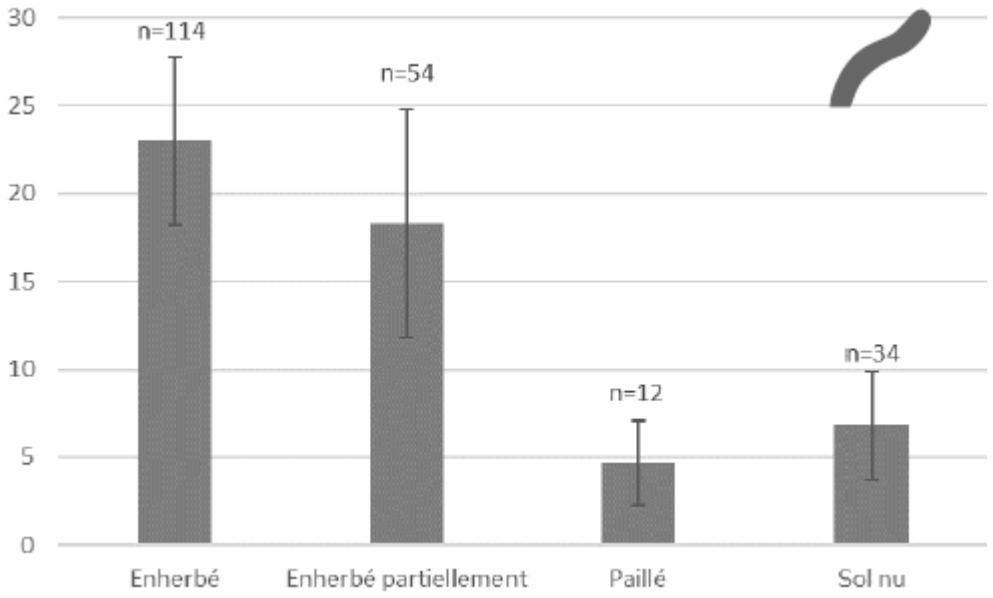


Figure 7 Nombre moyen de vers de terre par placette par passage selon la nature de l'inter-rang (cultures pérennes). Source : OAB (2017)

Le protocole « vers de terre » de l'OAB consiste à verser deux fois une solution diluée de moutarde.

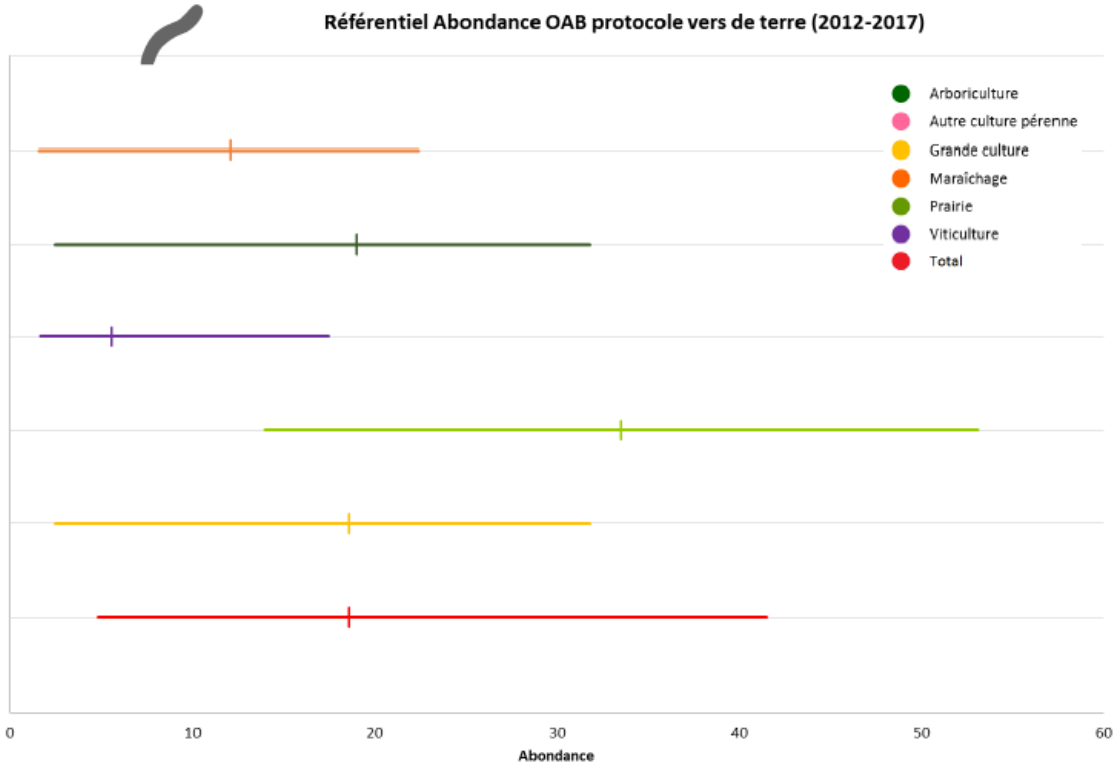


Figure 8 Abondance de vers de terre observés par placette (nb ind/m²). Le point central indique la valeur médiane et les traits horizontaux représentent les 2nd et 3ème quartile. Source : OAB (2017)

Selon l'OAB, les abondances de vers de terre en arboriculture sont de l'ordre de 19 individus par m².

- Diversité des vers de terre en verger et en vigne

La diversité des vers de terre en verger est malheureusement regroupée avec la viticulture. Par conséquent, les données ci-après ne permettent pas d'estimer réellement la diversité de vers de terre en arboriculture. La richesse taxonomique des vers de terre ou le nombre de taxons recensés sur les 120 sites de vergers et de vignes entre 2005 à 2015 est de l'ordre de 6 taxons (Tableau 12). Elle est considérée comme moyenne selon la grille définie par l'ONB. La richesse taxonomique des vers de terre est significativement plus faible dans les vergers et vignes que dans les prairies, dans les grandes cultures et en agroforesterie (Tableau 12). La diversité de vers de terre est 2 fois plus faible que la moyenne nationale.

Tableau 12 Nombre de taxons[4] moyen de vers de terre de 2005 à 2015 pour chaque type d'occupation de sol. Sd, écart-type ; Min, valeur minimale ; Max, valeur maximale. Source : ONB, 2015 d'après l'Université de Rennes 1, UMR 6553 EcoBIo (2015).

Occupation du sol	Nombre de sites analysés	Richesse (nombre de taxons)	Inteprétation de la richesse par l'ONB	Sd	Min	Max	Erreur standard	Test statistique de significativité des différences (GLM)
Territoires artificialisés (jardins…)	117	6	Elevée	3,02	0	15	1,4	c
Territoires agricoles - Prairie	89	9	Très élevée	1,94	5	13	1,4	d
Territoires agricoles - Cultures	219	5	Elevée	2,35	0	11	0,7	b
Territoires agricoles - Vignes et vergers	120	3	Moyenne	2,42	0	10	0,9	a
Territoires agricoles - Agroforesterie	67	8	Très élevée	2,6	2	13	1,6	d
Forêts et milieux semi-naturels	17	6	Elevée	3,5	1	11	2,7	a,b,c
Moyenne métropolitaine	**629**	**6**	Elevée	**4**	**0**	**15**	**0,6**	

Malheureusement, nous n'avons pas pu accéder aux données des vergers séparées de celles de la vigne[5].

Selon l'ONB, l'abondance des vers de terre mesurée sur un large nombre de parcelles de 2005 à 2015 est moyenne en verger et en vigne. L'abondance en vers de terre dans les cultures pérennes est similaire à la moyenne nationale. La diversité de vers de terre en vigne et en verger est inférieure à la diversité moyenne nationale (moyenne sur toutes les occupations de sol existant en France) et à

[4] Un taxon est une unité taxinomique (comme la famille, le genre ou l'espèce). L'interprétation de la richesse taxonomique d'une culture doit se faire relativement aux autres occupations de sol.

[5] Pour obtenir ces données séparées, contacter Daniel Cluzeau (daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr, +33 (0)2.99.61.81.80)

la diversité présente dans les autres cultures (prairies, grandes cultures, agroforesterie). Cependant, d'après les résultats de l'OAB en 2017, les vers de terre sont moins abondants en vigne qu'en verger et les statistiques issues du regroupement des données de ces deux cultures pérennes sont à considérer avec précaution.

1.1.2.3.3.3.3 Maintien des invertébrés volants

1.1.2.3.3.3.3.1 Abondance et diversité des papillons

Les papillons sont de bons indicateurs de l'état écologique des écosystèmes (Preud'Homme et al., 2009). Les chenilles sont fréquemment inféodées à une plante hôte spécifique et leur présence est associée à celle des haies et plus généralement aux milieux semi-naturels. Rappelons que les papillons permettent la pollinisation de certaines espèces fleuries, dans une moindre mesure cependant que les hyménoptères.

Le protocole consiste à identifier et à dénombrer les papillons communs au sein des parcelles agricoles en se déplaçant pendant 10 minutes. L'observation est répétée trois à cinq fois par an entre début mai et fin septembre en comptant les espèces observées à l'intérieur d'un cube virtuel de 5m par 5m qui se déplace avec l'observateur.

En moyenne, 6 papillons sont dénombrés de cette manière en arboriculture, ce qui est semblable à la moyenne nationale autour de 7 papillons et ne semble pas significativement différent des autres systèmes de culture (Figure 36). La diversité moyenne observée en agriculture est de 2,8 espèces de papillons, très proche des 2,5 de moyenne tout type de culture confondue.

La synthèse de l'OAB publiée en 2016 compare l'abondance des papillons en culture annuelle, pérenne et en prairies. Les cultures pérennes comprises dans cette étude sont majoritairement la viticulture et l'arboriculture fruitière.

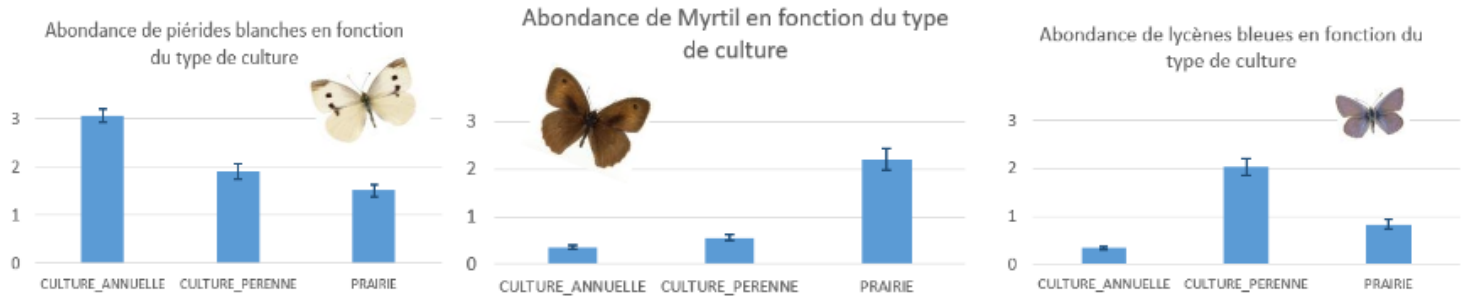
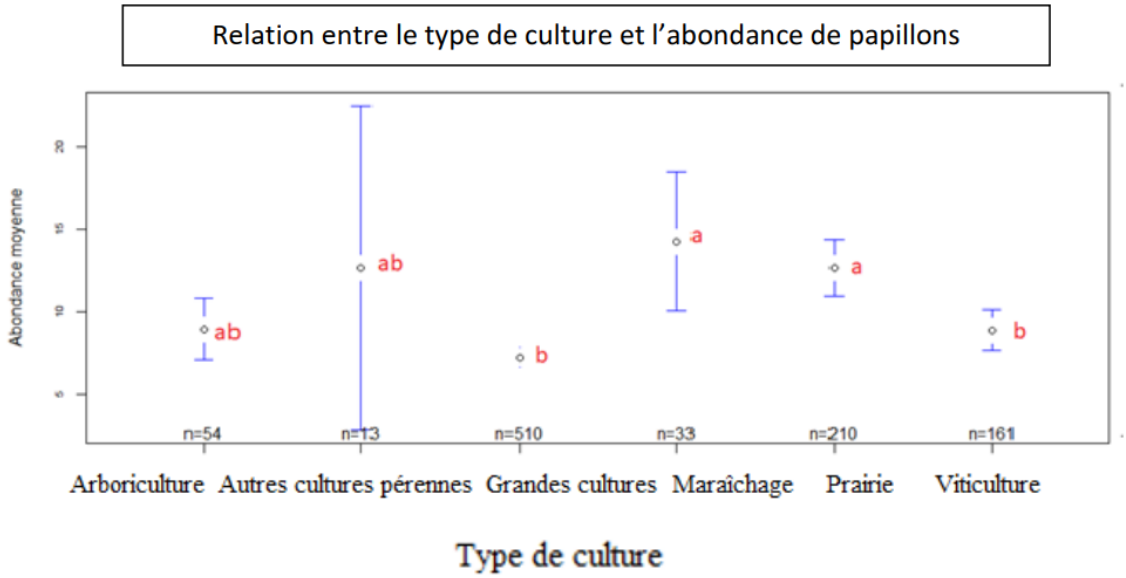


Figure 9 Abondance de différentes espèces de papillons en fonction des types de cultures (culture annuelle, culture pérenne, prairies). Résultats sur 195 parcelles françaises. Source : OAB 2016



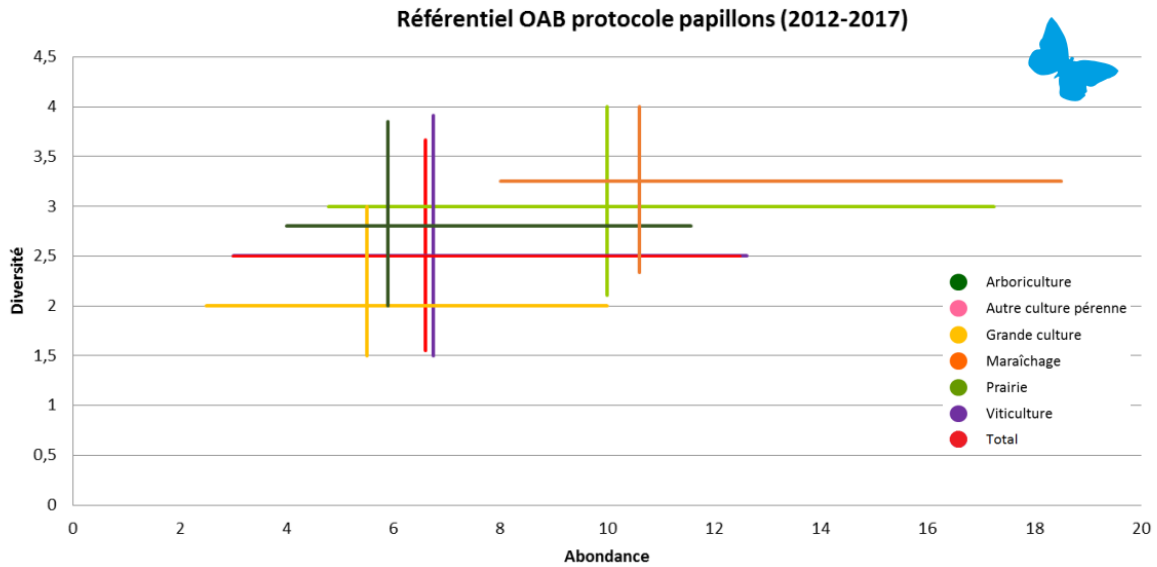


Figure 10 Abondance et diversité des papillons observés pendant une marche de 10 minutes dans une parcelle agricole pour différents systèmes de culture. Le point central indique la valeur médiane et les traits horizontaux représentent les 2nd et 3ème quartiles. Source : OAB 2017

D'après les résultats participatifs de l'OAB en 2017 et d'une analyse des données OAB de 2012 à 2017 (Royal, 2018)**, l'abondance et la diversité de papillons en verger est similaire aux données des autres cultures (maraîchage, prairie, viticulture, grandes cultures et autres cultures pérennes).**

1.1.2.3.3.3.3.2 Abondance et diversité des abeilles solitaires

Les abeilles solitaires sont des pollinisateurs complémentaires aux abeilles domestiques car elles demeurent actives lorsque les températures sont basses. Ce sont des pollinisateurs très intéressants pour les vergers en cours de floraison, lorsque les conditions climatiques sont froides ou dans le cas de variétés fruitières à floraison précoce.

Le dénombrement des abeilles solitaires consiste à poser 2 nichoirs à abeilles de 12 loges chacune, espacés de 5 mètres en bordure de parcelle agricole (mars à octobre). Le dénombrement s'effectue par observation directe de la colonisation des nichoirs. Chaque femelle bâtit son propre nid et les loges occupées dans les nichoirs sont dénombrées.

Il existe une très grande hétérogénéité du nombre de loges occupées dans les nichoirs (Figure 37). En moyenne, 4 loges sont occupées pour l'ensemble des systèmes de cultures. Cette moyenne varie très peu selon le système de culture étudié. De 0 à 15 loges ont été dénombrées en arboriculture.

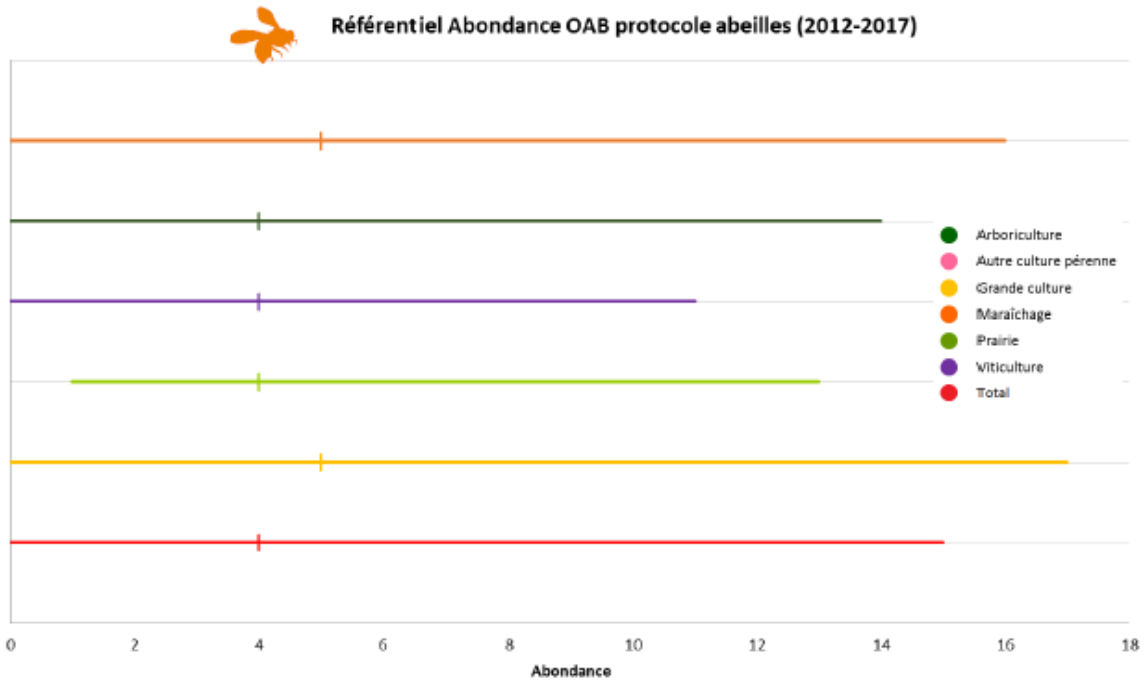


Figure 11 Nombre moyen de loges occupées dans deux nichoirs à abeille séparés de 5 mètres. Le point central indique la valeur médiane et les traits horizontaux représentent les 2nd et 3ème quartile. Source : OAB, 2017

Selon les données du réseau participatif OAB 2017, l'abondance des abeilles solitaires en verger est similaire aux autres cultures (maraîchage, prairie, viticulture, grandes cultures et autres cultures pérennes).

1.1.2.3.4 Maintien des micro-organismes

- **Abondance microbienne dans les sols de vergers**

Des mesures d'ADN microbien ont été effectuées sur des échantillons de sols provenant de la campagne de prélèvements du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) du GIS Sol[6]. 2200 sites, situés dans l'ensemble de la France et sur différents types d'occupation de sols sont ainsi suivis.

[6] http://www.gissol.fr/programme/rmqs/rmqs.php

Les concentrations ont été déterminées par l'équipe BIOCOM de l'UMR Agroécologie et la plateforme GenoSol[7] de l'INRA de Dijon par séquençage de l'ADN microbien.

L'ADN microbien quantifié provient de la microflore du sol à savoir les bactéries et les champignons.

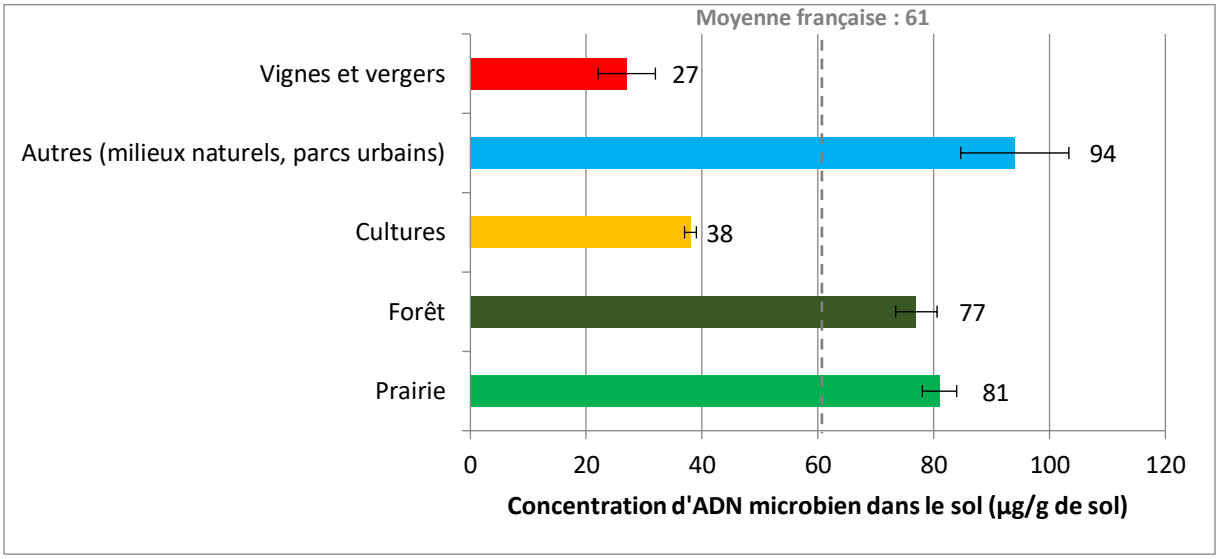


Figure 12 Concentration d'ADN microbien dans le sol en fonction du type d'occupation de sol sur la période de 2000 à 2009. Source : INRA Dijon, plateforme GenoSol 2012

La concentration d'ADN microbien dans le sol en France est en moyenne de 61 µg/g de sol (Figure 38). Elle est plus faible dans les sols de vignes et de vergers (27 µg/g de sol) et en grandes cultures (38 µg/g de sol). Les plus fortes concentrations sont dans les prairies (81 µg/g de sol) et autres milieux naturels (94 µg/g de sol).

Si l'usage des sols impacte la présence de micro-organismes, le type de sol (teneur en argile, pH, teneur en carbone) ont également un très fort impact.

- **Diversité microbienne dans les sols de vergers**

Actuellement, seules les données de la richesse bactérienne existent en France métropolitaine. Les niveaux de diversité des champignons sont en cours de détermination pour l'ensemble des sites RMQS.

La richesse ou diversité bactérienne a été évaluée dans les sols de France sur 1840 sites du RMQS. Cette richesse est estimée par le nombre de taxons identifiés dans les échantillons de sol. Il est à noter que le niveau de richesse n'indique pas la « qualité » de cette richesse (présence d'auxiliaire/présence de pathogènes). De plus, la diversité bactérienne n'est pas corrélée aux richesses des autres micro-organismes.

Le Tableau 13 présente le nombre de taxons bactériens pour différents types d'usage de sol. Le nombre de taxons bactériens moyen français s'élève à 1288 taxons (équivalent à des genres) par gramme de sol (Tableau 13). En moyenne, les populations bactériennes sont très élevées en verger : 2434 taxons/g de sol. Pour les autres occupations de sol, les différences de richesse bactérienne entre usages de sol ne sont pas significatives et leurs valeurs moyennes va de 1146 pour les forêts à 1368 taxons/g de sol pour les cultures annuelles (Tableau 13).

[7] www2.dijon.inra.fr/plateforme_genosol/plateforme-genosol

La richesse des communautés bactériennes peut être corrélée au niveau de perturbation (e.g. pesticides, travaux du sol) (Karimi et al., 2019; Observatoire National de la Biodiversité, 2016). En effet, un milieu peu perturbé comme une forêt sera composé d'espèces bien adaptées. La richesse de ces milieux sera plus faible. Les milieux agricoles sont des milieux très perturbés, qui entrainent des richesses souvent plus élevées (Observatoire National de la Biodiversité, 2016).

Tableau 13 Nombre de taxons bactériens en fonction du type d'occupation de sols contenu dans 1 gramme de sol. Données collectées de 2005 à 2015. Source : INRA Dijon, plateforme GenoSol, UMR Agroécologie, GIS Sol 2016

Mode d'usage des sols	Nombre moyen de taxons bactériens (équivalent au niveau genre)	Nombre de site prélevés
Vergers	2434 +/- 329	9
Vignes	2211 +/- 228	38
Cultures	1368 +/- 681	745
Divers (milieux naturels, parcs urbains…)	1309 +/- 461	77
Prairies permanentes	1302 +/- 589	471
Forêts	1146 +/- 591	502
Moyenne métropolitaine	**1288 +/- 555**	**1842**

D'après les données de l'ONB de 2005 à 2015, l'abondance microbienne est plus faible en verger (concentration d'ADN microbien de 27 µg/g de sol) que la moyenne nationale (61 µg/g de sol). La diversité microbienne en verger est très supérieure aux autres occupations du sol (2434 taxons/g de sol en verger contre 1288 taxons/g de sol de moyenne nationale).

1.1.2.3.5 Diversité et abondance de la flore enherbée en verger

1.1.2.3.5.1 L'enherbement en verger : une pratique courante et favorable à la biodiversité

Le Tableau 14 présente les pratiques culturales d'enherbements pour certaines espèces d'arbres fruitiers (Agreste 2015). La plupart des vergers sont enherbés sur l'inter-rang (93% en moyenne) (Tableau 14). 60% des enherbements sur l'inter-rang sont spontanés (Tableau 14). L'enherbement sur le rang est cependant moins répandu (30% des surfaces en sont pourvues) du fait de la concurrence avec les arbres pour l'eau et l'azote.

Tableau 14 Part des superficies de vergers selon l'enherbement sur le rang et l'inter-rang et selon l'espèce fruitière cultivée en 2015.

Espèces fruitières		Abricot	Autres prunes	Cerise	Pêche	Pomme en agriculture biologique	Pomme en agriculture conventionnelle	Prune dente	Moyenne toute espèce confondue
Part des superficies selon l'enherbement Sur le rang (%)	aucun	83	75	72	82	35	79	69	**71**
	permanent semé	1	2	2	2	6	4	4	**3**
	permanent naturel	10	21	17	11	50	10	13	**19**
	temporaire naturel	6	2	10	5	9	6	14	**7**
Part des superficies selon l'enherbement sur l'inter-rang (%)	aucun	13	5	14	4	s	0	5	**7**
	permanent semé	29	28	22	21	22	50	41	**30**
	permanent naturel	55	65	53	74	72	47	53	**60**
	temporaire naturel	4	1	9	1	5	1	1	**3**
Part des superficies avec enherbement de tous les inter-rangs		86	99	100	100	100	100	98	**93**
Nombre moyen de tontes entre les rangs		3,8	3,4	3,2	4,2	3,1	3,5	4,0	**4**

1.1.2.3.5.2 Diversité de la flore en verger

En 2012, un programme de Biovigilance a été lancé dans le but d'étudier les Effets Non Intentionnels des pratiques culturales sur la biodiversité, appelé « ENI ». Ce programme comprend le suivi floristique de 500 parcelles agricoles en France. Quatre cultures sont particulièrement suivies dans ce programme : le maïs, le blé, la salade et la vigne. A l'heure actuelle, aucune espèce fruitière n'est prise en compte dans ce programme.

Un stage de master réalisé sur des vergers d'agrumes (Clémentiniers, pomelos, oranges, citrons, kumquats et cédrats) en Corse a dénombré 261 taxons au cours de 74 relevés (Charbonnier, 2016). Charbonnier a réalisé des inventaires phytosociologiques sur le rang et sur l'inter-rang. Cette méthode consiste à inventorier les espèces herbacées dans une aire allant de 25 à 100m². L'inventaire s'achève lorsqu'agrandir la surface d'inventaire n'augmente pas le nombre d'espèces identifiées de manière significative (Charbonnier, 2016).

7 taxons ont été identifiés dans plus de la moitié des relevés : *Poa annua*, *Conyza* gp. *bonariensis canadensis sumatrensis*, *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*, *Oxalis corniculata*, *Veronica persica*, *Anagallis arvensis*, *Lolium multiflorum.* Parmi ces espèces, certaines peuvent abriter des auxiliaires de culture comme *Veronica persica* sur lesquels des syrphes ont été détectés ou *Lolium multiflorum* qui hébergent certains hyménoptères parasitoïdes et acariens prédateurs.

Dans ce cas, la richesse spécifique moyenne n'est pas significativement différente entre rang et inter-rang quand aucun herbicide n'est appliqué (26 taxons identifiés en moyenne). La composition des espèces herbacées est également similaire entre le rang et l'inter-rang (mêmes types biologiques) (Charbonnier, 2016).

A l'heure actuelle, il n'existe pas de base de données nationale regroupant des inventaires floristiques en verger. Pourtant la pratique d'enherbement est largement répandue en verger. Il est primordial que l'arboriculture intègre des réseaux d'inventaires nationaux afin que des références soient produites.

1.1.2.3.6 Résumé de l'évaluation de la biodiversité en verger : un manque de données sur la biodiversité en arboriculture malgré l'accroissement du nombre d'agriculteurs volontaires

Le Tableau 15 présente la significativité des différences entre abondances d'indicateurs OAB et ONB dans différentes cultures. Ce tableau est tiré des résultats de tests statistiques de Royal (2018), présentés en Annexe 14.

Tableau 15 Différence d'abondance des indicateurs OAB et ONB entre cultures pour les recensements OAB de 2012-17. Lorsque les indicateurs sont en italique, la significativité de la différence de moyenne n'a pas été testée par analyse statistique : il s'agit d'une tendance. D'après les résultats de Royal (2018) et données ONB

Les autres cultures	Abondance en arboriculture		
	L'indicateur OAB est significativement plus faible en arboriculture par rapport à la culture comparée **-**	L'indicateur OAB n'est significativement différent en arboriculture par rapport à la culture comparée **=**	L'indicateur OAB est significativement plus élevé en arboriculture par rapport à la culture comparée **+**
Grandes cultures		Abeilles solitaires Vers de terre Invertébrés terrestres[8] Papillons *Bactéries du sol*	
Maraîchage	**Invertébrés terrestres**	Abeilles solitaires Vers de terre Papillons	
Prairie	***Bactéries du sol***	Abeilles solitaires Vers de terre Invertébrés terrestres Papillons	
Viticulture		Abeilles solitaires Invertébrés terrestres Papillons *Bactéries du sol*	**Vers de terre**

[8] Les invertébrés terrestres comprennent les limaces, les escargots et les arthropodes terrestres (ex : carabes, fourmis, cloporte, mille-pattes…)

Selon les données de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB), la biodiversité présente dans les vergers à l'échelle nationale est globalement similaire aux autres cultures (Tableau 15). Les abondances des abeilles solitaires et des papillons sont similaires aux autres cultures. Les invertébrés terrestres (escargots, limaces, carabes, fourmis, cloporte…) sont également similaires aux autres cultures à l'exception du maraîchage (les abondances en verger sont significativement plus faibles). L'abondance en bactérie du sol en verger n'est pas significativement différente des autres cultures à l'exception des prairies (l'abondance en bactéries du sol sont plus faibles en verger[9]). Les vergers se démarquent des vignes par une abondance significativement plus élevée de vers de terre.

Des données manquent sur la diversité de l'enherbement présent en verger et l'absence de l'arboriculture dans des réseaux de biovigilance comme l'ENI (Effets Non Intentionnels des pratiques culturales sur la biodiversité) est regrettable.

La contribution de l'arboriculture à la base de données OAB est en augmentation pour tous les protocoles de 2012 à 2017 (Royal, 2018). Le Tableau 37 présente la dynamique de la contribution des filières à la base de données OAB entre 2012 et 2017. L'arboriculture est la seule filière dans ce cas. Cela illustre une volonté des acteurs de l'arboriculture de participer à ces démarches et une sensibilisation croissante aux questions de biodiversité (en lien avec le développement croissant des démarches HVE et autres démarches plus respectueuses de l'environnement).

	Tous protocoles confondus	Protocole abeilles	Protocole papillons	Protocole invertébrés	Protocole vers de terre
Conventionnelle	↓	X	↓	↓	↓
Biologique	↑	↑	↑	↑	↑
Autre	X	X	↑	X	X
Arboriculture	↑	↑	↑	↑	↑
Autres cultures pérennes	↑	↓	X	X	X
Grandes cultures	↓	X	↓	↓	↓
Maraîchage	X	X	X	↑	X
Prairie	X	↓	X	X	X
Viticulture	X	X	↑	X	X

Tableau 2 Dynamique de la contribution des filières à la base de données OAB entre 2012 et 2017. Source : Royal (2018)

[9] La différence n'a pas été testée significativement : il s'agit d'une tendance

1.1.3 Les pratiques culturales en verger et leurs impacts sur la biodiversité

Les pratiques culturales peuvent avoir de multiples impacts positifs et négatifs sur la biodiversité. Dans cette partie, nous abordons les impacts de ces pratiques en système verger de manière synthétique (pratiques mises en place en parcelle, gestion des habitats semi-naturels et autres infrastructures agroécologiques dans le paysage).

Le Tableau 17 synthétise les principaux effets des pratiques sur l'abondance et la diversité des grands groupes de biodiversité présents dans les vergers**. Cette étude bibliographique est loin d'être exhaustive** mais elle permet d'illustrer les tendances générales qui relient les pratiques agricoles et la biodiversité. La construction de ce tableau est en partie issue du tableau résumé de l'expertise collective INRA « Agriculture et Biodiversité » (Le Roux et al., 2008), complété de références plus récentes.

Avec des travaux centrés sur l'arboriculture, Samnegard et al. (2018) ont analysé pour 85 vergers de pommiers dans 3 pays les compromis entre services écosystémiques. Le service d'approvisionnement était en moyenne de 48 % inférieur en raison des moindres rendements en AB mais l'abondance des ennemis naturels était supérieure (pour une même production, richesse spécifique augmentée de 38 %), ce qui confirme des conclusions de travaux antérieurs indiquant que le mode de production biologique est associée à une plus forte richesse locale d'arthropodes (Rusch et al. 2014).

On peut souligner le fait que la plupart des travaux s'en tiennent à une quantification des organismes susceptibles de rendre le service (arthropodes prédateurs, pollinisateurs), sans quantification de leur action et de leurs bénéfices. Ainsi, l'évaluation des services rendus par la biodiversité de régulation biologique des ravageurs des cultures et de pollinisation se heurte à plusieurs limites (Sautereau et Bellon, 2016).

Des travaux récents ont visé à aller au-delà en estimant les potentiels de régulation biologique. Ainsi, Muneret et al. (2017) montrent, à partir de deux méta-analyses, que l'agriculture biologique favorise la régulation biologique à un niveau capable de compenser, voire de surpasser, les effets des pratiques conventionnelles sur les ravageurs, et agents pathogènes mais pas sur les adventices.

A noter que les milieux semi-naturels, déterminants pour de nombreux organismes assurant ces services, ne sont souvent pas pris en compte dans les nombreuses études qui se bornent à la parcelle. Les travaux de Samnegard et al. évoqués supra ont également montré qu'une plus grande part de proportion de vergers de pommiers dans le paysage environnant diminue la richesse spécifique des arthropodes bénéfiques.

Tableau 17 Exemples d'effets de pratiques sur la biodiversité présente en vergers d'après des études internationales. Ab, abondance ; Div, diversité ; ns, non significatif.

Echelle	Effet des pratiques agricoles		Communauté végétale	Vertébrés	Arthropodes de surface	Invertébrés du sol	Micro-organismes	Références
Parcelle	Pratiques de gestion du sol	Travail du sol	Ab - Div -		Ab - Div -	Ab - Div -	Ab - Div -	(Baptista et al., 2005; Sanchez-Moreno et al., 2015; Simoes et al., 2014; Sofo et al., 2014, 2010; Vignozzi et al., 2019)
		Présence d'un enherbement et de couverts végétaux			Ab + Div +	Ab + Div +	Ab + Div +	(Alfonso Gomez et al., 2018; Carpio et al., 2019; Kammerer et al., 2016; Rosa García and Miñarro, 2014; Samnegård et al., 2019; Saunders et al., 2016; Vignozzi et al., 2019; Wang et al., 2011)
	Pratiques de protection des vergers	Utilisation de pesticides	Ab - Div -	Ab - Div -	Ab -/ns Div -	Ab - Div -	Ab - Div -	(Brown, 2012, 1993; Jerez-Valle et al., 2014; Klein et al., 2012; Malagnoux et al., 2015; Neilsen et al., 2013; Samnegård et al., 2019; Sanchez-Moreno et al., 2015; Wang et al., 2011; Xiloyannis et al., 2018)
		Filets anti-insectes		ns				(Bouvier et al., 2019)
	Pratiques de fertilisation	Fertilisation organique par rapport à la fertilisation minérale			Ab +	Ab +	Ab +	(Abujabhah et al., 2016; Brown and Tworkoski, 2004; Canali et al., 2004)

	Infrastructures Agro-Ecologiques	Nichoirs artificiels		Ab +	Ab +			(Artz et al., 2013; Benayas et al., 2017; Jedlicka et al., 2011)
		Bandes fleuries			Ab + Div +			(Alistair John Campbell et al., 2017; Ganser et al., 2018; Klein et al., 2012; Samnegård et al., 2019)
		Haies		Ab + Div +	Ab + Div +			(Alistair J. Campbell et al., 2017; García et al., 2018; Kammerer et al., 2016; Klein et al., 2012; Miñarro and García, 2018; Santoiemma et al., 2018; Schäckermann et al., 2015; Silva et al., 2019; Sullivan et al., 2012)
Paysage		Hétérogénéité du paysage			Ab + Div +			(Földesi et al., 2016; Saunders et al., 2016)

1.1.4 Les effets non intentionnels des pesticides sur la biodiversité associée au verger

1.1.4.1 Les pratiques phytosanitaires en arboriculture

L'arboriculture est l'une des filières les plus consommatrices de produits phytosanitaires à l'hectare, avec de fortes disparités entre espèces et régions (Labeyrie et al., 2018). Les espèces fruitières ont des caractéristiques spécifiques, qui expliquent la forte dépendance de cette filière aux produits phytosanitaires.

- Caractère pérenne

Du fait du caractère pérenne des vergers, les ravageurs et maladies peuvent rester présents dans le verger tout le long de l'année (Le Roux et al., 2008; Simon et al., 2010). Ce caractère pérenne peut générer une augmentation de l'infestation et des niveaux d'infections d'une année sur l'autre. L'absence de rotation rend la gestion de l'inoculum de certains bioagresseurs difficile.

- Le fruit frais est un produit fini

La plupart des fruits ne sont pas transformés et sont consommés frais. Le niveau d'exigence « cosmétique » est très élevé. Ainsi, dès qu'un produit présente un défaut, dommage lié à un bioagresseur, il est écarté du circuit de commercialisation en frais et sa valorisation sera pour la plupart des espèces inférieures aux coûts de production.

- Le fruit est une production à forte valeur ajoutée

L'arboriculture se caractérise par un fort niveau de chiffres d'affaires à l'hectare (14 053€/ha), ce qui incite les producteurs à sécuriser les rendements commercialisables.

Deux principales sources permettent d'estimer l'utilisation de produits phytosanitaires. En 2012 et en 2015, Agreste a enquêté les pratiques culturales de 5 espèces fruitières y compris les pratiques de traitements. Le réseau des fermes du programme Dephy permet également d'évaluer les pratiques phytosanitaires actuelles. Ce réseau est un réseau de démonstration et de production de références au sein des exploitations agricoles. Il est difficile de connaître l'évolution des pratiques car elles sont dépendantes des conditions climatiques de l'année d'application. Par ailleurs, les fermes DEPHY sont des fermes pour lesquels les agriculteurs, volontaires, se sont engagés dans des démarches de réduction de leurs intrants. Ainsi, à ce jour et avec les données disponibles, il n'est pas possible d'évaluer l'évolution de l'utilisation des produits phytosanitaires à l'échelle globale (Communication personnelle, B. Labeyrie (CTIFL)).

Le Tableau 18 & Tableau 19 présentent le nombre de traitements et l'Indicateur de Fréquence de Traitements (IFT)[10] moyens respectivement de 2012 et de 2015 pour les espèces fruitières enquêtées par Agreste. L'arboriculture se caractérise par une utilisation importante de fongicides et dans une moindre mesure d'insecticides. Le recours aux herbicides est limité à la zone sur le rang qui correspond à 30 à 50% de la surface de la parcelle et représente une part très faible de l'IFT.

[10] IFT = Dose appliquée/Dose homologuée x surface traitée/surface de la parcelle. L'IFT total est la somme de l'ensemble des IFT des produits utilisés.

Tableau 18 Nombre de traitements moyens en 2012 et en 2015 des espèces fruitières enquêtées par Agreste. Source : enquêtes des pratiques culturales d'Agreste de 2012 et de 2015

Espèce fruitière	Pomme		Pêche		Prune		Abricot		Cerise	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
Fongicides & bactéricides	22,5	22,8	10,8	12,7	5,5	5,7	8,1	8,1	4,9	4,8
Insecticides & acaricides	9,0	9,0	6,7	7,8	3,8	4,2	2,6	2,7	2,6	3,4
Herbicides	1,8	2,2	1,6	1,8	1,5	1,7	1,1	1,7	0,8	1,1
Autres traitements	1,8	2,4	0,0	nd	0,0	nd	0,0	nd	0,1	nd
Nombre total de traitements	**35,1**	**36,3**	**19,2**	**22,3**	**10,8**	**11,7**	**11,7**	**12,5**	**8,5**	**9,4**

Tableau 19 Indicateur de Fréquence de Traitements (IFT) de 2012 et 2015 des espèces fruitières enquêtées par Agreste. Source : enquêtes des pratiques culturales d'Agreste de 2012 et de 2015

Espèce fruitière	Pomme		Pêche		Prune		Abricot		Cerise	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
IFT Fongicide &Bactéricide	22,9	21,8	10,5	12,0	6,0	5,9	7,9	8,2	4,7	4,7
IFT Insecticide & Acaricide	8,9	8,8	6,8	7,6	3,7	4,3	3,0	2,8	2,6	3,2
IFT Herbicide	0,6	0,7	1,0	0,7	0,3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,4
IFT Autre	1,5	1,9	0,0	nd	0,0	nd	0,0	nd	0,1	nd
IFT Hors herbicide	33,3	32,4	17,3	19,6	9,7	10,2	10,9	11,1	7,4	8,0
IFT Biocontrôle	4,8	5,0	2,1	2,3	1,0	1,3	0,6	0,6	0,6	0,8
IFT Total	**33,9**	**33,1**	**18,3**	**20,3**	**10,0**	**10,5**	**11,4**	**11,8**	**7,7**	**8,3**

L'IFT total des fermes du réseau DEPHY en arboriculture a diminué de 25% (rapport entre les moyennes 2009, 2010 et 2011 et les moyennes 2015-2016-2017). Cependant, les fermes du réseau DEPHY étant volontaires, elles ne sont pas forcément représentatives de l'ensemble des exploitations en arboriculture.

1.1.4.2 Méthode utilisée pour analyser les conséquences de la présence de pesticides dans l'environnement

Les méthodes utilisées pour prouver les éventuels effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement peuvent se classer en deux catégories :

- La méthode prospective (a priori) avant que les substances soient mises sur le marché : il s'agit de la procédure d'homologation des pesticides :

Le dossier d'homologation comprend un dossier environnemental qui comprend les études sur le comportement et le devenir du pesticide dans l'environnement et les études des effets du pesticide

sur les organismes non-cibles. Les substances actives sont approuvées par l'EFSA au niveau européen. Les produits formulés sont approuvés au niveau national par l'ANSES.

Plus précisément, les études menées sur le comportement et le devenir du pesticide dans l'environnement comportent :

1) Devenir et comportement de la molécule dans le sol
    a. Voies de dégradation dans le sol
    b. Vitesse de dégradation dans le sol
    c. Adsorption/désorption dans le sol
    d. Mobilité dans le sol
    e. Estimation des concentrations prévisibles dans le sol
2) Devenir et comportement de la molécule dans l'eau
    a. Voies de dégradation dans le milieu aquatique
    b. Vitesse de dégradation dans les milieux aquatiques
    c. Estimations des concentrations prévisibles dans l'eau
3) Effets du pesticide sur les organismes non-cibles
    a. Toxicité envers les oiseaux
    b. Toxicité envers les poissons
    c. Toxicité envers les invertébrés aquatiques
    d. Toxicité envers les algues aquatiques

Les effets des pesticides sur les organismes non-cibles sont étudiés au moyen d'essais d'écotoxicité. Ces essais sont effectués en conditions contrôlées, sur des organismes sélectionnés pour leur sensibilité aux substances chimiques. Les organismes sont exposés à différentes doses, pendant un court temps (essais aigus) ou pendant une période prolongée (essais chroniques). Les effets sur la survie, le développement et la reproduction de ces organismes cibles sont analysés.

- La méthode rétrospective (a posteriori), utilisée une fois que les substances actives sont commercialités et utilisées. Il s'agit de l'ensemble des études scientifiques qui analyse la biodiversité présente en parcelle avant et après l'utilisation de pesticides.

La procédure d'homologation permet de caractériser les risques pour la santé humaine et pour l'environnement. Le Tableau 20 présente les risques pour l'environnement des substances actives autorisées et utilisées pour la culture du poirier. Il a été construit en cumulant les informations d'écotoxicologie provenant des sites SAGE pesticides[11], INRS[12] et EFSA[13]. L'ensemble des substances actives utilisées dans les vergers de poiriers sont toxiques pour les organismes aquatiques. 11 substances sur 19 sont toxiques pour la vie aquatique sur le long terme. 3 substances actives sont toxiques pour les abeilles et 2 sont modérément toxiques pour les oiseaux.

[11] SAGE pesticides est un outil d'information sur les risques pour la Santé et l'Environnement ainsi que sur les usages Agricoles pour une gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides au Québec

[12] L'*INRS* est un organisme de référence dans les domaines de la santé au travail et de la prévention des risques professionnels

[13] L'Autorité européenne de sécurité des aliments est une des principales agences de l'Union européenne. Elle est chargée de l'évaluation des risques dans le domaine des denrées alimentaires. Elle fournit des conseils scientifiques sur les risques existants ou émergents dans ce domaine.

Tableau 20 Substances actives utilisées dans les vergers de poiriers et toxicité pour l'environnement. Légende : fond rouge, effet extrêmement élevé ; fond orange, effet élevé ; fond jaune, effet modéré ; fond gris, faible effet. Source : SAGE pesticide https://www.sagepesticides.qc.ca/ et INRS http://www.inrs.fr/

Substances actives	Type de pesticide	Organismes aquatiques	Oiseaux	Abeilles
abamectine	Insecticide	effets néfastes à long terme +++	+	++
captane	Fongicide	+++	+	
cuivre	Fongicide	effets néfastes à long terme +++		
deltaméthrine	Insecticide	effets néfastes à long terme +++		++
difénoconazole	Fongicide	++		
dithianon	Fongicide	+++		
fenazaquin	Acaricide	+++		
fénoxycarbe	Insecticide	effets néfastes à long terme +++		
krésoxim-méthyl	Fongicide	effets néfastes à long terme +++		
mancozèbe	Fongicide	+++		
phosmet	Insecticide	effets néfastes à long terme +++		++
pyridabène	Insecticide, acaricide	effets néfastes à long terme +++		++
tau fluvalinate	insecticide	effets néfastes à long terme +++		
tébuconazole	Fongicide	effets néfastes à long terme +		
tébufénozide	Insecticide, acaricide	++		
tébufenpyrad	acaricide	effets néfastes à long terme ++		
thiophanate méthyl	Fongicide	effets néfastes à long terme +		
thirame	Fongicide	+++		
zirame	Fongicide	+++		

Une revue d'une trentaine d'expérimentations, réalisée par l'unité Toxalim de l'INRA de Toulouse (2015), a montré que, pour 40% d'entre elles, les pesticides en cocktails ont un « effet additif », c'est-à-dire que l'impact du mélange sur la cellule correspond à la somme des effets des différentes molécules, 20% ont des effets synergiques (supérieurs à la somme des effets), et 15% des effets antagonistes (inférieurs à cette somme ; 26% des effets sont "inclassables" puisque pour un même mélange de composés des effets différentiels en fonctions de la cible, du tissu ou de l'organe sont observés. http://www.inra.fr/Grand-public/Agriculture-durable/Tous-les-dossiers/Dependance-aux-pesticides/Pesticides-en-melange-l-effet-cocktail

1.1.4.3 Evaluation rétrospective des effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement

Les substances phytosanitaires sont appliquées généralement sous forme liquide, sur les plantes et sur le sol. Les pesticides ont plusieurs devenirs et impactent différents compartiments environnementaux.

Ils peuvent être absorbés par les plantes ou les organismes du sol. Les substances actives peuvent se volatiliser, ruisseler, être lessivées ou rester dans le sol. Les études estimeraient à seulement 0,3% la part de substance active appliquée qui entre en contact avec les organismes cibles (Pimentel, 1995).

Une expertise collective de l'INRA et l'IRSTEA[14] « Pesticides, Agriculture, Environnement » menée en 2005 a permis une synthèse des données concernant l'ensemble des cultures et l'ensemble des pesticides utilisés dans ces cultures (Alix et al., 2005). Une autre synthèse a été réalisée en 2016 sur les externalités de l'AB dans laquelle sont passés en revue les effets des pesticides chimiques sur l'environnement (Sautereau, 2016).

L'impact des pesticides sur les espèces dépend largement de leur écologie. En effet, certaines populations sont plus sensibles que d'autres aux pesticides. Par exemple, une espèce mobile et à capacité de dispersion importante pourra recoloniser un milieu après qu'il ait été perturbé (ex : araignées) contrairement aux espèces ayant besoin de couloirs végétaux et non perturbés pour se disperser (ex : carabes, collemboles).

Les pesticides ont des impacts multiples, avec des effets directs létaux et non létaux (affectant les comportements, la reproduction…) et des effets indirects, notamment trophiques. L'exemple du déclin des abeilles domestiques illustre la complexité des facteurs et des interactions : des synergies délétères entre un insecticide (néonicotinoïde) et un bioagresseur (varroa, nosema) ont été montrées (Blanken et al., 2015). Le taux de mortalité des abeilles est passé de 5 à 30 % en une dizaine d'années. Il est difficile d'attribuer un poids au facteur « pesticides » pour lui affecter un pourcentage de la surmortalité des abeilles, en raison de paramètres imbriqués, tels que les stress alimentaires, pathologiques et chimiques. Par ailleurs, au-delà de la mortalité, il faut également tenir compte des non retours à la ruche (perturbations du repérage, et des vols, même à faibles doses) (Henry et al., 2012)

1.1.4.3.1 Effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement spécifique aux vergers

1.1.4.3.1.1 Impact des pesticides sur les insectes

En verger, les effets des pesticides sur les insectes sont bien documentés pour certains groupes taxonomiques : **les araignées et les coléoptères du sol** (Simon et al., 2010). Cependant, il existe peu d'études sur la communauté arthropode totale. **L'utilisation des pesticides a un effet négatif sur les araignées chasseuses, arthropodes du sol et les insectes qui parasitent les mineuses. Cependant, la diversité totale d'arthropodes vivant dans la canopée des arbres est peu ou pas affectée par les insecticides si on la compare à des méthodes plus écologiques**. Ces résultats peuvent s'expliquer par la résilience de l'agrosystème des vergers, le fort taux d'immigration des arthropodes dans les petits vergers et la faiblesse des indicateurs de diversité utilisés. Si la diversité n'est pas forcément affectée, l'abondance des arthropodes est toujours affectée négativement par les pratiques intensives et le contrôle biologique naturel peut être altéré. Effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement dans l'ensemble des cultures

1.1.4.3.1.2 Impact des pesticides sur les organismes du sol

Les organismes du sol sont exposés aux produits appliqués en traitement du sol et également aux produits appliqués en traitement foliaire (Alix et al., 2005). Le transfert des produits en dehors des

[14] L'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture est un établissement public de recherche dans le domaine de l'eau, des écotechnologies et de l'aménagement du territoire.

parcelles traitées peut se faire via le sol et l'air et contribue à l'exposition des organismes du sol en dehors du champ. Le Tableau 21 présente les effets des pesticides sur les organismes du sol. Les études revues dans ce travail ne démontrent pas unanimement l'impact négatif des pesticides sur les bactéries. Les effets des pesticides sur chaque groupe d'organisme du sol sont variables du fait de différents paramètres confondants (apports d'engrais, couvert, labour…) et d'effets indirects suspectés comme l'augmentation de débris végétaux suite à l'usage d'herbicides qui peuvent impacter positivement les populations de certains groupes (ex : bactéries, les champignons ou les annélides).

Tableau 21 Effets des pesticides sur les organismes du sol. Ces données ne sont pas spécifiques à des études effectuées en verger. Source : (Alix et al., 2005)

Groupe d'organismes	Etat des données	Effets directs des pesticides	Paramètres confondants	Effets indirects
Bactérie	++	Négatif, neutre ou positif	Apport d'engrais	Débris végétaux suite à l'usage d'herbicides
Champignons	++	Négatif, neutre ou positif	Apport d'engrais	Débris végétaux suite à l'usage d'herbicides
Arthropodes	++	Négatif, neutre ou positif	Couvert végétal	
Annélides	++	Négatif ou neutre	Apport d'engrais Labour Bordures végétalisées Couvert végétal	Débris végétaux suite à l'usage d'herbicides
Mollusques	-	-	-	-
Nématodes	+	Négatif, neutre ou positif	Apport d'engrais	Effets sur les bactéries et les champignons
Tardigrades	+	Négatif ou neutre	-	
Faune du sol	-		-	

1.1.4.3.1.3 Impacts sur les invertébrés épigés

Les invertébrés épigés sont les invertébrés qui vivent sous la strate herbacée, en surface du sol. Les invertébrés épigés peuvent être en contact avec les produits phytosanitaires lors des traitements lorsque les résidus sont présents dans l'air ou via le substrat sur lequel subsistent des résidus de produits comme le sol ou les plantes (Alix et al., 2005; Bourguet and Guillemaud, 2016). Les invertébrés épigés peuvent également être en contact avec les résidus de pesticides, ces organismes étant de petites tailles et ayant des surfaces d'échanges importantes avec leur environnement. Ce groupe d'organismes peut être exposé à des produits au sein de la parcelle comme en dehors via les transferts de produits via l'air sur le sol et la végétation.

Le Tableau 22 présente les effets des pesticides sur les invertébrés épigés d'après la revue bibliographique d'Alix et al. (2005).

Outre les effets de la toxicité des produits, on distingue difficilement les effets indirects qui impactent les invertébrés épigés comme la perte d'habitats (désherbant, tonte) ou la suppression des ennemis naturels.

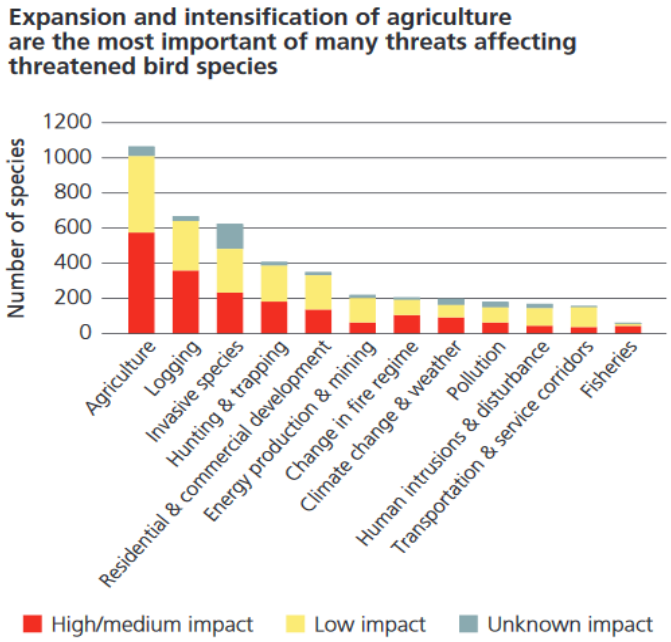
Tableau 22 Effets des pesticides sur les invertébrés épigés. Ces données ne sont pas spécifiques à des études effectuées en verger. Source : (Alix et al., 2005)

Groupe d'organismes	Etat des données	Effets directs des pesticides	Paramètres confondants	Effets indirects
Homoptères (aphidiens)	+	Positif	Croissance des cultures	
Diptères (mouches, moustiques)	+	Négatif, neutre, positif	Relations trophiques avec la culture	
Hétéroptères (punaises)	+	Négatif		
Hyménoptères non pollinisateurs (fourmis, guêpes, parasitoïdes)	+	Négatif, neutre	Relations trophiques avec la culture	Zones de bordures
Lépidoptères (papillons)	++	Négatif, positif	Relations trophiques avec la culture	Zones de bordures
Pollinisateurs (abeilles, syrphes)	++	Négatif, positif	Relations trophiques avec la culture	Zones de bordures

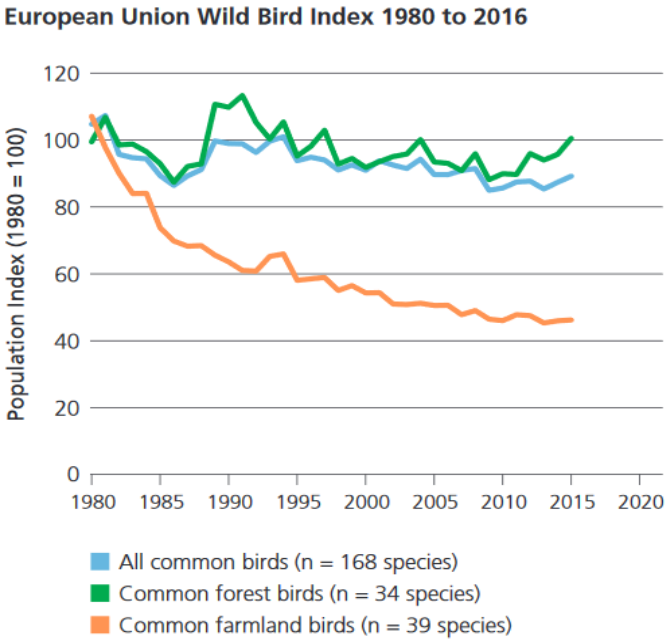
1.1.4.3.1.4 Impact des pesticides sur les vertébrés

Les vertébrés peuvent être en contact direct avec les pesticides, les inhaler ou les ingérer. La voie alimentaire est considérée comme la voie principale d'exposition (ceci est relié au fait que les animaux ont tendance à quitter la parcelle lors des traitements). De plus, les pesticides peuvent avoir des effets indirects comme la diminution de la disponibilité de nourriture au sein de la parcelle.

Il est bien connu que les populations d'oiseaux agricoles ont très fortement décliné ces dernières années (indice de 100 à 50 en une trentaine d'années).



Source: Butchart *et al.*, 2010.



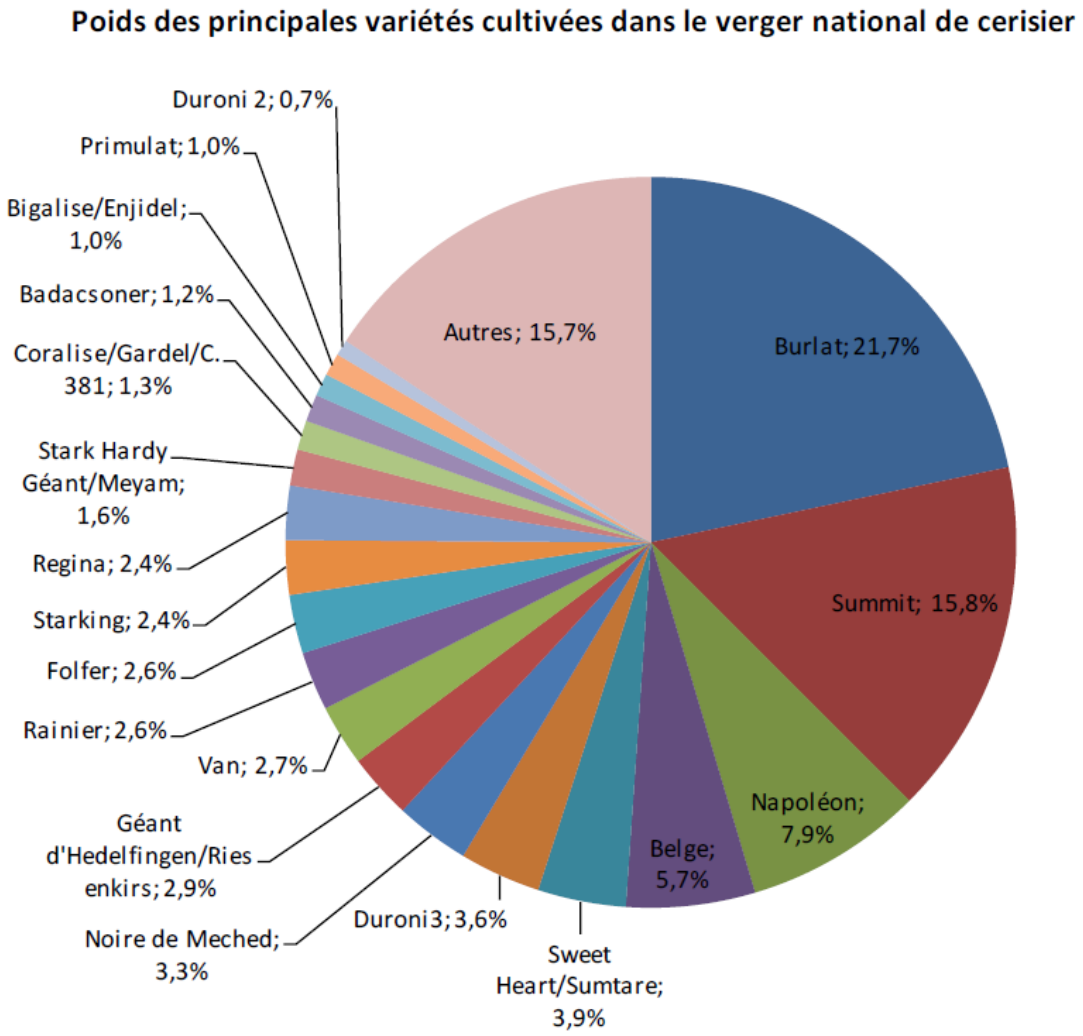
Source: EBCC/RSPB/BirdLife International/Statistics Netherlands.

A nouveau, les études ne permettent pas de faire un lien de causalité des diminutions observées de populations d'oiseaux avec l'emploi des pesticides, dû à une grande diversité de paramètres confondants. Les oiseaux sont affectés par des effets indirects des pesticides qui seraient responsables de la diminution d'oiseaux agricoles dans plusieurs pays européens. L'utilisation combinée d'herbicides et d'insecticides diminuent la disponibilité de graines d'adventices (pour les oiseaux granivores) et d'arthropodes (pour les oiseaux insectivores). Et aussi par des effets directs : les oiseaux sont particulièrement sensibles aux pesticides à base d'inhibiteurs de cholinesterase (e.g. organophosphates et carbamates) car, contrairement aux mammifères, ils ont peu d'enzymes détoxifiantes.

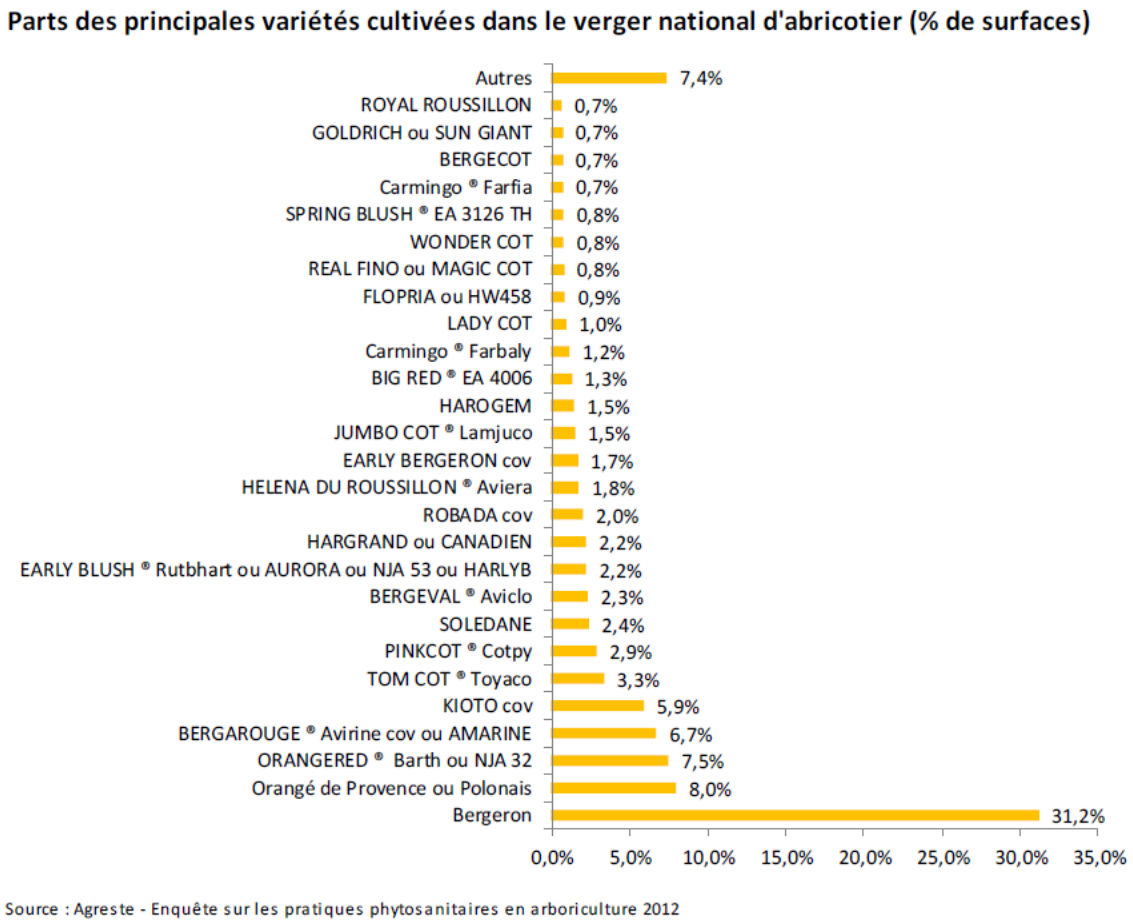
Tableau 23 Effets des pesticides sur les vertébrés. Ces données ne sont pas spécifiques à des études effectuées en verger. Source : (Alix et al., 2005)

Groupe d'organismes	Etat des données	Effets directs des pesticides	Paramètres confondants	Effets indirects
Oiseaux	++	Négatif	Pratiques agricoles (labour, zones de bordures), éléments du paysage	Effets sur les ressources alimentaires (herbicides, insecticides)
Mammifères	++	Négatif		Effets sur les ressources alimentaires (herbicides, insecticides)
Reptiles	++	Négatif, neutre		Non renseignés

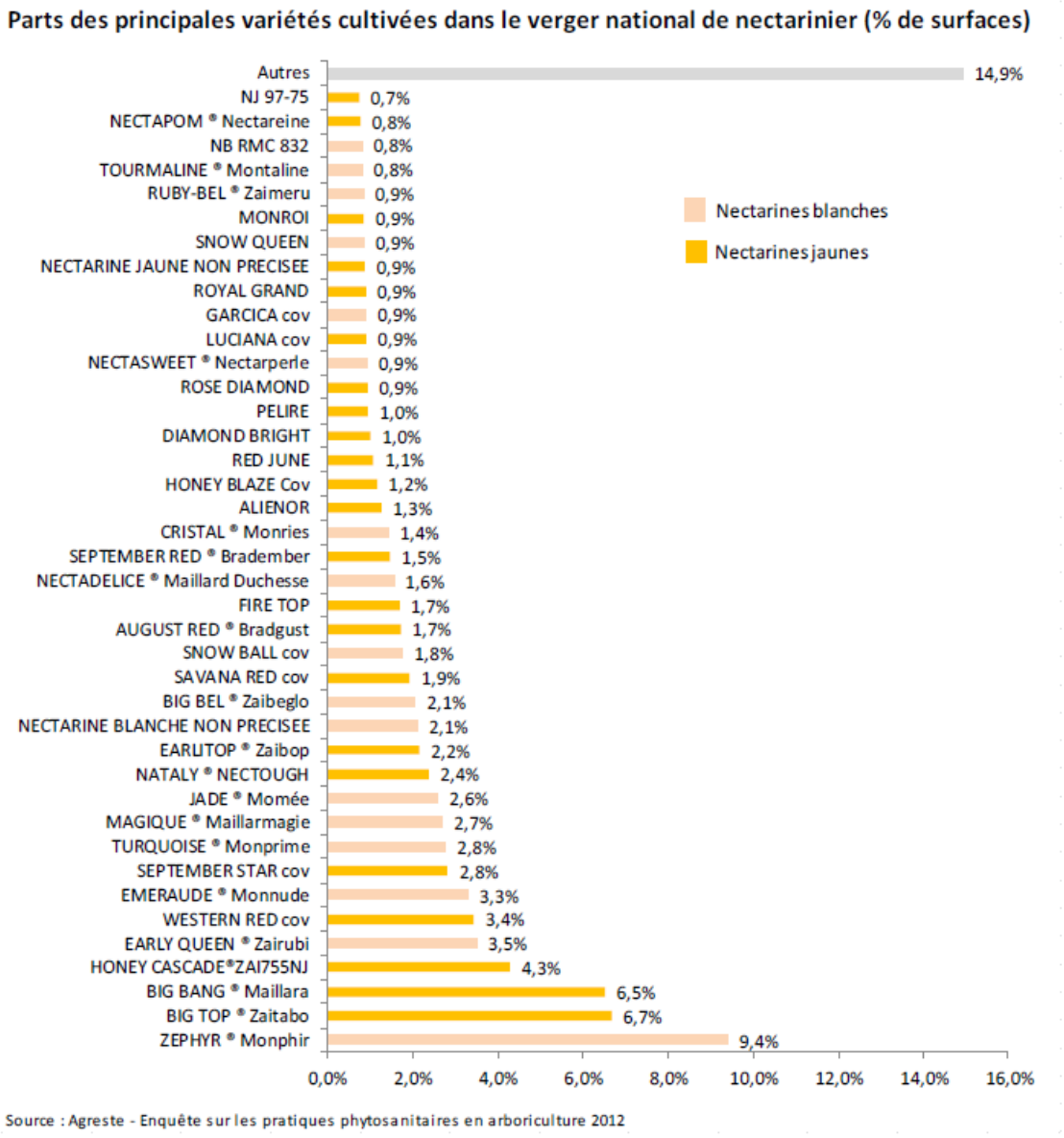
Annexes



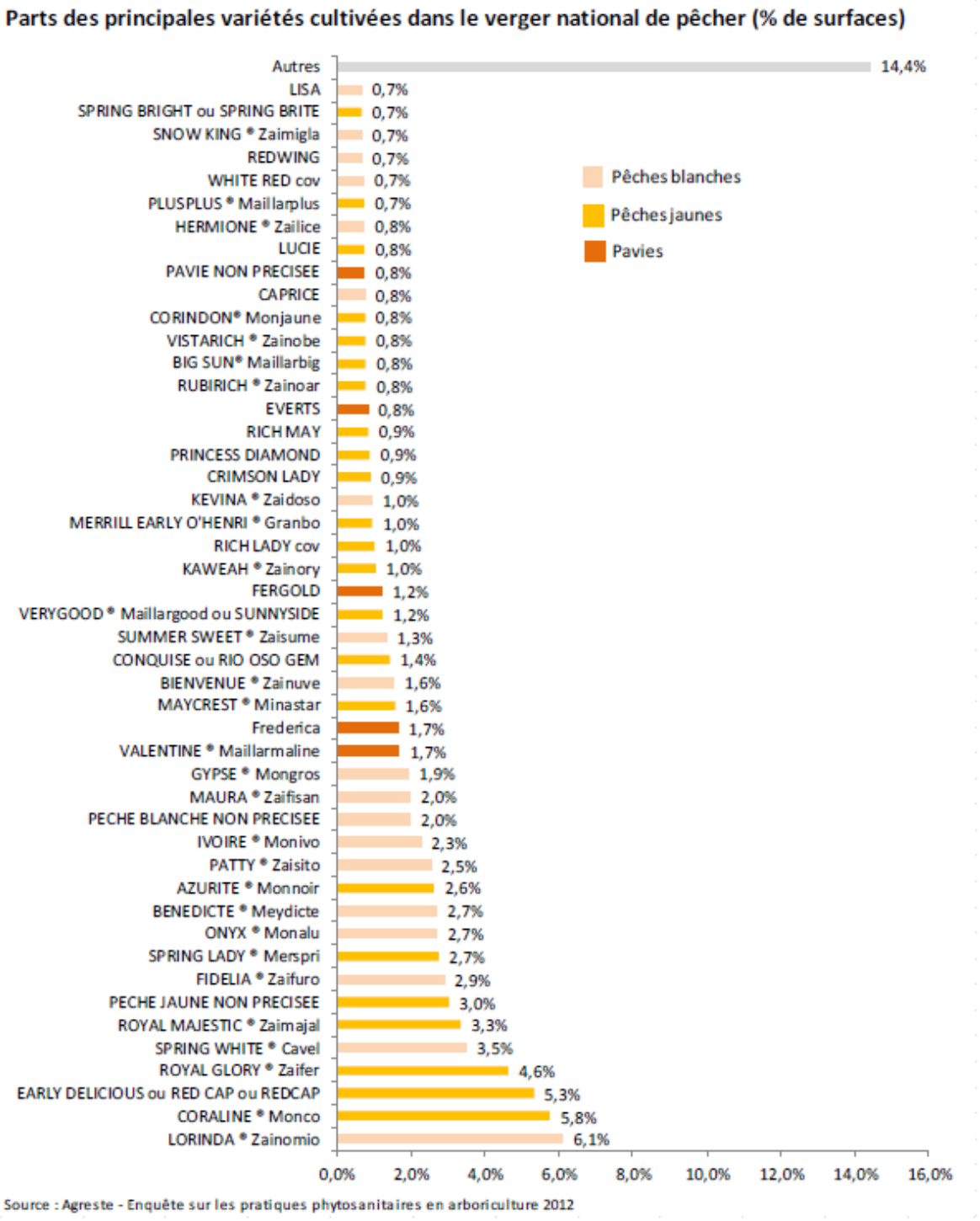
Annexe 6 Surface représentée par les principales variétés cultivées dans les vergers de cerisiers en 2012. Source: Rapport interne du CTIFL - Pratiques culturales et Phytosanitaires 2012, Serrurier 2017



Annexe 7 Surface représentée par les principales variétés cultivées dans les vergers d'abricotiers en 2012. Source: Rapport interne du CTIFL - Pratiques culturales et Phytosanitaires 2012, Serrurier 2017



Annexe 8 Surface représentée par les principales variétés cultivées dans les vergers de nectariniers en 2012. Source: Rapport interne du CTIFL - Pratiques culturales et Phytosanitaires 2012, Serrurier 2017



Annexe 9 Surface représentée par les principales variétés cultivées dans les vergers de pêchers en 2012. Source: Rapport interne du CTIFL - Pratiques culturales et Phytosanitaires 2012, Serrurier 2017

Annexe 10 Liste des espèces d'oiseaux recensées au printemps dans 15 parcelles de pommiers pendant trois ans et leurs occurrences selon 3 stratégies de protection (biologique, intégrée ou conventionnelle). Ce tableau provient de l'étude de Bouvier et al (2011).

		Frequency of occurrence in all counts (%)[b]		
Species	Diet guild[a]	Organic	Integrated pest management	Conventional
Accipiter gentilis	4	0.0	6.6	0.0
Accipiter nisus	4	40.0	20.0	0.0
Aegithalos caudatus	1	26.6	0.0	0.0
Buteo buteo	4	53.3	53.3	13.3
Carduelis carduelis	2	66.6	73.3	66.6
Carduelis chloris	2	93.3	100	73.3
Certhia brachydactyla	1	80.0	66.6	20.0
Columba palumbus	2	80.0	86.6	53.3
Corvus corone	3	86.6	80.0	20.0
Corvus monedula	3	40.0	6.6	0.0
Emberiza cirlus	1	60.0	66.6	33.3
Erithacus rubecula	1	100	100	93.3
Falco subbuteo	4	0.0	6.6	0.0
Falco tinnunculus	4	86.6	73.3	20.0
Fringilla coelebs	2	6.6	6.6	0.0
Garrulus glandarius	3	46.6	33.3	13.3
Luscinia megarhinchos	1	100	46.6	0.0
Oriolus oriolus	1	0.0	20.0	0.0
Parus caeruleus	1	73.3	6.6	6.6
Parus major	1	100	100	100
Passer montanus	1	40.0	20.0	6.6
Pica pica	3	80.0	66.6	53.3
Picus viridis	1	73.3	80.0	33.3
Serinus serinus	2	100	80.0	86.6
Streptopelia decaocto	2	33.3	13.3	6.6
Streptopelia turtur	2	46.6	6.6	0.0
Sylvia atricapilla	1	100	33.3	6.6
Sylvia melanocephala	1	60.0	53.3	20.0
Troglodytes troglodytes	1	53.3	20.0	0.0
Turdus merula	1	86.6	80.0	33.3

[a] 1 = insectivorous; 2 = granivorous; 3 = omnivorous; 4 = bird of prey.

[b] The frequency of occurrence of a species was calculated as the percentage of times that the species was observed in each type of orchard (100% = 15 times: 5 orchards x 3 years).

Annexe 11 Liste des espèces d'oiseaux recensées au printemps 2015 dans 46 parcelles de pommiers et leurs prévalences selon 3 stratégies de protection (biologique avec filets, biologiques sans filets ou conventionnelle sans filets). Source : PHYTOMA 2019

Tableau 1 : prévalence (en %) des espèces d'oiseaux recensées en période de reproduction dans des parcelles de pommiers

0 % X 1-20 % X 21-40 % X 41-60 % X 61-80 % X 81-100 %.

		Parcelles de pommiers		
Espèces	Alimentation[1]	Bio avec filets	Bio sans filet	Conv. sans filet
Bouscarle de Cetti	I	X	X	X
Bruant zizi	G, I	X	X	X
Chardonneret élégant	G	X	X	X
Choucas des tours	O	X	X	X
Corneille noire	O	X	X	X
Étourneau sansonnet	I	X	X	X
Faucon crécerelle	R	X	X	X
Fauvette à tête noire[2]	I	X	X	X
Fauvette mélanocéphale[2]	I	X	X	X
Geai des chênes	O	X	X	X
Grimpereau des jardins[2]	I	X	X	X
Hypolais polyglotte[2]	I	X	X	X
Loriot d'Europe[2]	I	X	X	X
Merle noir	I	X	X	X
Mésange bleue[2]	I	X	X	X
Mésange charbonnière[2]	I	X	X	X
Moineau domestique	G, I	X	X	X
Pic épeiche[2]	I	X	X	X
Pic vert	I	X	X	X
Pie bavarde	O	X	X	X
Pigeon ramier	G	X	X	X
Pinson des arbres	G, I	X	X	X
Rollier d'Europe	I	X	X	X
Rossignol philomèle	I	X	X	X
Rouge-gorge	I	X	X	X
Rouge-queue noir	I	X	X	X
Serin cini	G	X	X	X
Tourterelle des bois	G	X	X	X
Tourterelle turque	G	X	X	X
Troglodyte mignon	I	X	X	X
Verdier d'Europe	G	X	X	X

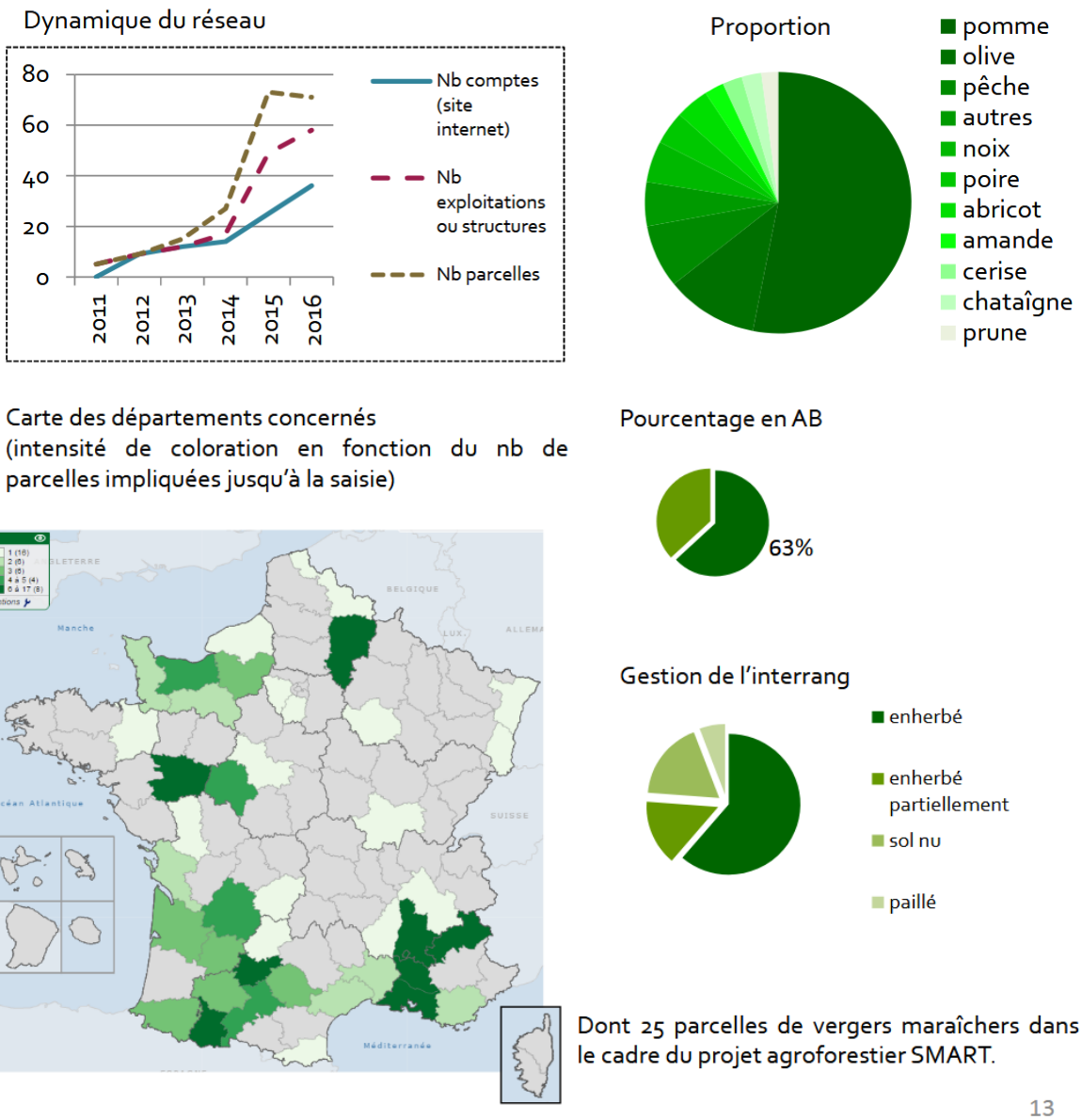
(1) I = insectivore ; G = granivore ; O = omnivore ; R = rapace.
(2) Espèces se nourrissant dans le feuillage des buissons et/ou des arbres.

Annexe 12 Liste des espèces d'oiseaux recensées en hiver dans 15 parcelles de pommiers et de poiriers pendant deux ans et leurs prévalences selon 3 stratégies de protection (biologique, intégrée ou conventionnelle). Ce tableau provient de l'étude de Bouvier et al (2016).

Tableau 1 : Prévalence (en %) des espèces d'oiseaux recensées en hiver dans des vergers de pommiers et de poiriers en agriculture biologique (AB), intégrée (Int) et conventionnelle (Conv). N = nicheur, H = hivernant

0 % | 1-20 % | 21-40 % | 41-60 % | 61-80 % | 81-100 %

		Pommier			Poirier		
Espèce	Statut	AB	Int	Conv	AB	Int	Conv
Accenteur mouchet	H						
Bergeronnette grise	H						
Bouscarle de Cetti	N, H						
Bruant des roseaux	H						
Bruant fou	H						
Bruant zizi	N, H						
Buse variable	N, H						
Chardonneret élégant	N, H						
Choucas des tours	N, H						
Corneille noire	N, H						
Étourneau sansonnet	N, H						
Faisan de colchide	N, H						
Faucon crécerelle	N, H						
Fauvette à tête noire	N, H						
Fauvette mélanocéphale	N, H						
Geai des chênes	N, H						
Grimpereau des jardins	N, H						
Grive litorne	H						
Grive mauvis	H						
Grive musicienne	H						
Grosbec casse-noyaux	H						
Linotte mélodieuse	H						
Mésange à longue queue	N, H						
Mésange bleue	N, H						
Mésange charbonnière	N, H						
Moineau friquet	N, H						
Pic épeiche	N, H						
Pic vert	N, H						
Pie bavarde	N, H						
Pinson des arbres	N, H						
Pinson du nord	H						
Pipit des prés	H						
Pouillot véloce	H						
Roitelet huppé	H						
Rouge-gorge	N, H						
Rougequeue noir	N, H						
Serin cini	N, H						
Tourterelle turque	N, H						
Troglodyte mignon	N, H						
Verdier d'Europe	N, H						



Annexe 13 Le réseau de parcelles en arboriculture fruitière sur lesquels les observations sur la biodiversité de l'OAB ont été effectuées. Source : OAB 2016

	abeilles solitaires	vers de terre	invertébrés	papillons
Arboriculture	x	ab	bc	ab
Autres cultures pérennes	x	abc	bc	ab
Grandes cultures	x	**a**	b	**b**
Maraîchage	x	bc	**a**	**a**
Prairie	x	**a**	bc	**a**
Viticulture	x	**c**	**c**	**b**

Annexe 14 La significativité des différences d'abondance des indicateurs OAB entre grands types de culture des recensements de 2012 à 2017. Les lettres alphabétiques représentent la significativité des différences statistiques. Les croix indiquent qu'aucune différence significative n'a été démontrée. Source : Royal (2018)

Bibliographie

Abujabhah, Ibrahim S., Sally A. Bound, Richard Doyle, and John P. Bowman. 2016. “Effects of Biochar and Compost Amendments on Soil Physico-Chemical Properties and the Total Community within a Temperate Agricultural Soil.” Applied Soil Ecology 98 (February): 243–53. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.021.

Alfonso Gomez, Jose, Mercedes Campos, Gema Guzman, Franco Castillo-Llanque, Tom Vanwalleghem, Angel Lora, and Juan V. Giraldez. 2018. “Soil Erosion Control, Plant Diversity, and Arthropod Communities under Heterogeneous Cover Crops in an Olive Orchard.” Environmental Science and Pollution Research 25 (2): 977–89. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8339-9.

Baptista, P., A. Martins, T. Lino-Neto, and R. M. Tavares. 2005. “Effect of Soil Tillage on Diversity and Abundance of Macrofungi Associated with Chestnut Tree in the Northeast of Portugal.” In Proceedings of the Third International Chestnut Congress, edited by C. G. Abreu, E. Rosa, and A. A. Monteiro, 685–90. Leuven 1: International Society Horticultural Science.

Benayas, José M. Rey, Jorge Meltzer, Daniel de las Heras-Bravo, and Luis Cayuela. 2017. “Potential of Pest Regulation by Insectivorous Birds in Mediterranean Woody Crops.” PLOS ONE 12 (9): e0180702. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180702.

Benton, Tim G., Juliet A. Vickery, and Jeremy D. Wilson. 2003. “Farmland Biodiversity: Is Habitat Heterogeneity the Key?” Trends in Ecology & Evolution 18 (4): 182–88. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9.

Blanken LJ, van Langevelde F, van Dooremalen C. 2015 Interaction between Varroa destructor and imidacloprid reduces flight capacity of honeybees. Proc. R. Soc. B 282: 20151738.

Bourguet, Denis, and Thomas Guillemaud. 2016. “The Hidden and External Costs of Pesticide Use.” In Sustainable Agriculture Reviews, 18:399 p. Sustainable Agriculture Reviews. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7_2.

Brown, M. W., and T. Tworkoski. 2004. “Pest Management Benefits of Compost Mulch in Apple Orchards.” Agriculture Ecosystems & Environment 103 (3): 465–72. https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.11.06.

Campbell, Alistair J., Andrew Wilby, Peter Sutton, and Felix L. Wäckers. 2017. “Do Sown Flower Strips Boost Wild Pollinator Abundance and Pollination Services in a Spring-Flowering Crop? A Case Study from UK Cider Apple Orchards.” Agriculture, Ecosystems & Environment 239 (February): 20–29. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.005.

Campbell, Alistair John, Andrew Wilby, Peter Sutton, and Felix Wäckers. 2017. “Getting More Power from Your Flowers: Multi-Functional Flower Strips Enhance Pollinators and Pest Control Agents in Apple Orchards.” Insects 8 (3). https://doi.org/10.3390/insects8030101.

Canali, S., A. Trinchera, F. Intrigliolo, L. Pompili, L. Nisini, S. Mocali, and B. Torrisi. 2004. “Effect of Long Term Addition of Composts and Poultry Manure on Soil Quality of Citrus Orchards in Southern Italy.” Biology and Fertility of Soils 40 (3): 206–10. https://doi.org/10.1007/s00374-004-0759-x.

Cardinale B., 2012b. “Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity.” Nature 486 (7401): 59–67. https://doi.org/10.1038/nature11148.

Cardinale, Bradley J., J. Emmett Duffy, Andrew Gonzalez, David U. Hooper, Charles Perrings, Patrick Venail, Anita Narwani, et al. 2012a. “Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity.” Nature 486 (7401): 59–67. https://doi.org/10.1038/nature11148.

Carpio, Antonio J., Jesús Castro, and Francisco S. Tortosa. 2019. “Arthropod Biodiversity in Olive Groves under Two Soil Management Systems: Presence versus Absence of Herbaceous Cover Crop.” Agricultural and Forest Entomology 21 (1): 58–68. https://doi.org/10.1111/afe.12303.

Charbonnier, Léa. 2016. “La Flore et Les Végétations Adventices Des Milieux Agricoles En Corse : Vergers d’agrumes et Bordures de Cultures.” Conservatoire Botanique National de Corse.

Cortesero, A. M., J. O. Stapel, and W. J. Lewis. 2000. “Understanding and Manipulating Plant Attributes to Enhance Biological Control.” Biological Control 17 (1): 35–49. https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0777.

Cross, Jerry, Michelle Fountain, Viktor Markó, and Csaba Nagy. 2015. “Arthropod Ecosystem Services in Apple Orchards and Their Economic Benefits.” Ecological Entomology 40 (S1): 82–96. https://doi.org/10.1111/een.12234.

Fountain, Michelle T., and Adrian L. Harris. 2015. “Non-Target Consequences of Insecticides Used in Apple and Pear Orchards on Forficula Auricularia L. (Dermaptera: Forficulidae).” Biological Control 91 (December): 27–33. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.07.007.

FranceAgrimer, Prospective Fruits Du Futur-Mars18.Pdf. n.d.

Garcia D., 2018b. “Birds as Suppliers of Pest Control in Cider Apple Orchards: Avian Biodiversity Drivers and Insectivory Effect.” Agriculture, Ecosystems & Environment 254 (February): 233–43. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.034.

García, Daniel, Marcos Miñarro, and Rodrigo Martínez-Sastre. 2018a. “Birds as Suppliers of Pest Control in Cider Apple Orchards: Avian Biodiversity Drivers and Insectivory Effect.” Agriculture, Ecosystems & Environment 254 (February): 233–43. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.034.

GIS Fruits, Rapport de Synthese MEDIEVAL-VF_GIS Fruits.Pdf. 2016

Granatstein, David, and Enrique Sánchez. 2009. “Research Knowledge and Needs for Orchard Floor Management in Organic Tree Fruit Systems.” International Journal of Fruit Science 9 (3): 257–81. https://doi.org/10.1080/15538360903245212.

Hall, R. W., and L. E. Ehler. 1979. “Rate of Establishment of Natural Enemies in Classical Biological Control.” Bulletin of the Entomological Society of America 25 (4): 280–83. https://doi.org/10.1093/besa/25.4.280.

Harrison, P.A., P.M. Berry, G. Simpson, J.R. Haslett, M. Blicharska, M. Bucur, R. Dunford, et al. 2014. “Linkages between Biodiversity Attributes and Ecosystem Services: A Systematic Review.” Ecosystem Services 9: 191–203. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006.

Henry M., Beguin M., Requier F., Rollin O., Odoux J.-F., Aupinel P., Aptel J., Tchamitchian S., Decourtye A., 2012, A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. Science 336, 348–350

Inra, 234062-032d5-Resource-Expertise-Agriculture-et-Biodiversite-Chapitre-1.Pdf. n.d. Accessed April 8, 2019. http://inra.dam.front.pad.wedia-group.com/ressources/afile/234062-032d5-resource-expertise-agriculture-et-biodiversite-chapitre-1.html.

Inra, http://www.inra.fr/Grand-public/Agriculture-durable/Tous-les-dossiers/Dependance-aux-pesticides/Pesticides-en-melange-l-effet-cocktail

Jamar, L., H. Magein, M. Lateur, M. Aubinet, and M. Culot. 2010. “Effect of Organic Farming Practices on Five Orchard Soil Bio-Indicators.” In Organic Fruit Conference, edited by R. K. Prange and S. D. Bishop, 873:129–36. Leuven 1: Int Soc Horticultural Science.

Jerez-Valle, Carlos, Pedro A. Garcia, Mercedes Campos, and Felipe Pascual. 2014. “A Simple Bioindication Method to Discriminate Olive Orchard Management Types Using the Soil Arthropod Fauna.” Applied Soil Ecology 76 (April): 42–51. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.12.007.

Kammerer, Melanie A., David J. Biddinger, Edwin G. Rajotte, and David A. Mortensen. 2016. “Local Plant Diversity Across Multiple Habitats Supports a Diverse Wild Bee Community in Pennsylvania Apple Orchards.” Environmental Entomology 45 (1): 32–38. https://doi.org/10.1093/ee/nvv147.

Karimi, Battle, Samuel Dequiedt, Sébastien Terrat, Claudy Jolivet, Dominique Arrouays, Patrick Wincker, Corinne Cruaud, Antonio Bispo, Nicolas Chemidlin Prévost-Bouré, and Lionel Ranjard. 2019. “Biogeography of Soil Bacterial Networks along a Gradient of Cropping Intensity.” Scientific Reports 9 (1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-40422-y.

Katayama, Naoki, Idriss Bouam, Chieko Koshida, and Yuki G. Baba. 2019. “Biodiversity and Yield under Different Land-Use Types in Orchard/Vineyard Landscapes: A Meta-Analysis.” Biological Conservation 229: 125–33. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.11.020.

Kay, Sonja, Josep Crous-Duran, Silvestre García de Jalón, Anil Graves, João H. N. Palma, José V. Roces-Díaz, Erich Szerencsits, Robert Weibel, and Felix Herzog. 2018. “Landscape-Scale Modelling of Agroforestry Ecosystems Services in Swiss Orchards: A Methodological Approach.” Landscape Ecology 33 (9): 1633–44. https://doi.org/10.1007/s10980-018-0691-3.

Klein, Alexandra-Maria, Claire Brittain, Stephen D. Hendrix, Robbin Thorp, Neal Williams, and Claire Kremen. 2012. “Wild Pollination Services to California Almond Rely on Semi-Natural Habitat.” Journal of Applied Ecology 49 (3): 723–32. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02144.x.

Kozar, F. 1992. “Organization of Arthropod Communities in Agroecosystems.” Acta Phytopathol Entomol Hung 27: 365–73. https://ci.nii.ac.jp/naid/20001315881/.

Le Roux, Xavier, Robert Barbault, Jacques Baudry, Françoise Burel, Isabelle Doussan, Eric Garnier, Felix Herzog, et al. 2008. “Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies.” Report. Prodinra. http://oatao.univ-toulouse.fr/16331/.

Levrel 2007, these, Document.Pdf. n.d. Accessed April 8, 2019. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00128430/document.

Levrel, Harold. 2006. “Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ?” Phdthesis, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS). https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00128430/document.

Lichtenberg, Elinor M., Christina M. Kennedy, Claire Kremen, Péter Batáry, Frank Berendse, Riccardo Bommarco, Nilsa A. Bosque-Pérez, et al. 2017. “A Global Synthesis of the Effects of Diversified Farming Systems on Arthropod Diversity within Fields and across Agricultural Landscapes.” Global Change Biology 23 (11): 4946–57. https://doi.org/10.1111/gcb.13714.

Longcore, Travis. 2003. “Terrestrial Arthropods as Indicators of Ecological Restoration Success in Coastal Sage Scrub (California, U.S.A.).” Restoration Ecology 11 (4): 397–409. https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.rec0221.x.

Luck, Gary W., Kelly Hunt, and Andrew Carter. 2015. “The Species and Functional Diversity of Birds in Almond Orchards, Apple Orchards, Vineyards and Eucalypt Woodlots.” Emu - Austral Ornithology 115 (2): 99–109. https://doi.org/10.1071/MU14022.

Malagnoux, Laure, Gaelle Marliac, Sylvaine Simon, Magali Rault, and Yvan Capowiez. 2015. “Management Strategies in Apple Orchards Influence Earwig Community.” Chemosphere 124 (April): 156–62. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.024.

Markó, Viktor, Zoltán Elek, Anikó Kovács-Hostyánszki, Ádám Kőrösi, László Somay, Rita Földesi, Ákos Varga, Ágnes Iván, and András Báldi. 2017. “Landscapes, Orchards, Pesticides–Abundance of Beetles (Coleoptera) in Apple Orchards along Pesticide Toxicity and Landscape Complexity Gradients.” Agriculture, Ecosystems & Environment 247 (September): 246–54. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.038.

Menta, Cristina, Alan Leoni, Katia Tarasconi, and Paola Affanni. 2010. “Does Compost Use Affect Microarthropod Soil Communities?” Fresenius Environmental Bulletin 19 (10A): 2303–11.

Minarro, Marcos, and Daniel Garcia. 2018. “Unravelling Pest Infestation and Biological Control in Low-Input Orchards: The Case of Apple Blossom Weevil.” Journal of Pest Science 91 (3): 1047–61. https://doi.org/10.1007/s10340-018-0976-y.

Miñarro, Marcos, and Daniel García. 2018. “Unravelling Pest Infestation and Biological Control in Low-Input Orchards: The Case of Apple Blossom Weevil.” Journal of Pest Science 91 (3): 1047–61. https://doi.org/10.1007/s10340-018-0976-y.

Miñarro, Marcos, and Eduardo Prida. 2013. “Hedgerows Surrounding Organic Apple Orchards in North-West Spain: Potential to Conserve Beneficial Insects.” Agricultural and Forest Entomology 15 (4): 382–90. https://doi.org/10.1111/afe.12025.

Mouron, Patrik, Ursula Aubert, Bart Heijne, Andreas Naef, Jörn Strassemeyer, Gérard Gaillard, Gabriele Mack, et al. 2010. “A Multicriteria Decision Method Assessing the Overall Sustainability of New Crop Protection Strategies: The Case of Apple Growing in Europe.” Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems, 11.

Muneret et al., 2017 Evidence that organic farming promotes pest control

Nations Unies. 1992. “Convention Sur La Diversité Biologique.” Rio: Nations Unies. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf.

Neilsen, G., D. Neilsen, D. O’Gorman, E. Hogue, D. Angers, N. Bissonnette, and T. Forge. 2013. “Soil Management in Organic Orchard Production Systems.” In Ii International Organic Fruit Symposium, edited by D. Granatstein, P. K. Andrews, S. D. Bishop, and W. Janisiewicz, 1001:295–302. Leuven 1: Int Soc Horticultural Science.

OAB. 2017. “Bilan de l’année 2017. Lettre d’information spéciale n°29.” Observatoire Agricole de la Biodiversité.

Observatoire National de la Biodiversité. 2016. “Évolution de la biodiversité bactérienne des sols | Indicateurs ONB.” ONB, Observatoire National de la Biodiversité. 2016. http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/evolution-de-la-biodiversite-bacterienne-des-sols.

ONB. 2015. “Biodiversité Spécifique Des Vers de Terre | Indicateurs ONB.” ONB, Observatoire National de La Biodiversité. 2015. http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/biodiversite-specifique-des-vers-de-terre.

ONCFS. 2018. “Réseau SAGIR.” Office National de La Chasse et de La Faune Sauvage. 2018. http://www.oncfs.gouv.fr/Reseau-SAGIR-ru105.

Pimentel, David. 1995. “Amounts of Pesticides Reaching Target Pests: Environmental Impacts and Ethics.” Journal of Agricultural and Environmental Ethics 8 (1): 17–29. https://doi.org/10.1007/BF02286399.

Piron, D. n.d. “Pourquoi étudier les vers de terre ?” UMR EcoBio, Université de Rennes 1, EcovioSoil, Obervatoire Participatif des Vers de Terre, 6.

Pisa, L. W., V. Amaral-Rogers, L. P. Belzunces, J. M. Bonmatin, C. A. Downs, D. Goulson, D. P. Kreutzweiser, et al. 2015. “Effects of Neonicotinoids and Fipronil on Non-Target Invertebrates.” Environmental Science and Pollution Research 22 (1): 68–102. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x.

Porcel, Mario, Georg K. S. Andersson, Joakim Pålsson, and Marco Tasin. 2018. “Organic Management in Apple Orchards: Higher Impacts on Biological Control than on Pollination.” Edited by Michael Pocock. Journal of Applied Ecology 55 (6): 2779–89. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13247.

Preud’Homme, Roseline, Hélène Hampartzoumian, Roger Jumel, Romain Julliard, and Jean-Philippe Siblet. 2009. “Elaboration d’un Jeu d’indicateurs Permettant de Mieux Suivre La Biodiversité En Lien Avec l’évolution de l’agriculture,” 83.

Rasplus, Jean-Yves. 2015. “Quels sont les vecteurs potentiels en Europe ?” INRA. August 20, 2015. http://www.inra.fr%2FGrand-public%2FSante-des-plantes%2FTous-les-dossiers%2FXylella-fastidiosa-identifiee-en-Corse%2FInsectes-vecteurs%2F%28key%29%2F2.

Ricketts, Taylor H., Keri B. Watson, Insu Koh, Alicia M. Ellis, Charles C. Nicholson, Stephen Posner, Leif L. Richardson, and Laura J. Sonter. 2016. “Disaggregating the Evidence Linking Biodiversity and Ecosystem Services.” Nature Communications 7 (1): 13106. https://doi.org/10.1038/ncomms13106.

Rieux, R, S Simon, and H Defrance. 1999. “Role of Hedgerows and Ground Cover Management on Arthropod Populations in Pear Orchards.” Agriculture, Ecosystems & Environment 73 (2): 119–27. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00021-3.

Risch, Stephen J., David Andow, and Miguel A. Altieri. 1983. “Agroecosystem Diversity and Pest Control: Data, Tentative Conclusions, and New Research Directions.” Environmental Entomology 12 (3): 625–29. https://doi.org/10.1093/ee/12.3.625.

Rosa García, Rocío, and Marcos Miñarro. 2014. “Role of Floral Resources in the Conservation of Pollinator Communities in Cider-Apple Orchards.” Agriculture, Ecosystems & Environment 183 (January): 118–26. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.017.

Royal, Constance. 2018. “Suivi de la biodiversité ordinaire en milieu agricole - Valorisation des données de l’Observatoire Agricole de la Biodiversité.” Edited by AgroSupDijon, Observatoire Agricole de la Biodiversité, and Muséum National d’Histoire Naturel, 113.

Rusch, A., Birkhofer, K., Bommarco, R., Smith, H. G., & Ekbom, B. (2014). Management intensity at field and landscape levels affects the structure of generalist predator communities. Oecologia, 175, 971–983. https://doi.org/10.1007/s00442-014-2949-z

Sanchez-Moreno, Sara, Juan Castro, Elena Alonso-Prados, Jose Luis Alonso-Prados, Jose Maria Garcia-Baudin, Miguel Talavera, and Victor Hugo Duran-Zuazo. 2015. “Tillage and Herbicide Decrease Soil Biodiversity in Olive Orchards.” Agronomy for Sustainable Development 35 (2): 691–700. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0266-x.

Saunders, Manu E. 2016. “Resource Connectivity for Beneficial Insects in Landscapes Dominated by Monoculture Tree Crop Plantations.” International Journal of Agricultural Sustainability 14 (1): 82–99. https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1025496.

Saunders, Manu E., and Gary W. Luck. 2018. “Interaction Effects between Local Flower Richness and Distance to Natural Woodland on Pest and Beneficial Insects in Apple Orchards.” Agricultural and Forest Entomology 20 (2): 279–87. https://doi.org/10.1111/afe.12258.

Saunders, Manu E., Rebecca K. Peisley, Romina Rader, and Gary W. Luck. 2016. “Pollinators, Pests, and Predators: Recognizing Ecological Trade-Offs in Agroecosystems.” Ambio 45 (1): 4–14. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0696-y.

Sautereau N, Benoit M (2016) Quantifier et chiffrer économiquement les externalités de l’agriculture biologique ? Etude commanditée par le Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt, 136p

Schäckermann, Jessica, Gesine Pufal, Yael Mandelik, and Alexandra-Maria Klein. 2015. “Agro-Ecosystem Services and Dis-Services in Almond Orchards Are Differentially Influenced by the Surrounding Landscape.” Ecological Entomology 40 (S1): 12–21. https://doi.org/10.1111/een.12244.

Sheffield, Cory & Kevan, Peter & Pindar, Alana & Packer, Laurence. (2013). Bee (Hymenoptera: Apoidea) Diversity within Apple Orchards and Old Fields in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada.” n.d. ResearchGate. Accessed May 31, 2019. https://www.researchgate.net/publication/237841594_Bee_Hymenoptera_Apoidea_diversity_within_apple_orchards_and_old_fields_in_the_Annapolis_Valley_Nova_Scotia_Canada.

Simoes, Maria P., Anabela F. Belo, Carla Pinto-Cruz, and Anacleto C. Pinheiro. 2014. “Natural Vegetation Management to Conserve Biodiversity and Soil Water in Olive Orchards.” Spanish Journal of Agricultural Research 12 (3): 633–43. https://doi.org/10.5424/sjar/2014123-5255.

Simon, Sylvaine, Jean-Charles Bouvier, Jean-François Debras, and Benoît Sauphanor. 2010. “Biodiversity and Pest Management in Orchard Systems. A Review.” Agronomy for Sustainable Development 30 (1): 139–52. https://doi.org/10.1051/agro/2009013.

Skirvin, David. J. 2004. “Virtual Plant Models of Predatory Mite Movement in Complex Plant Canopies.” Ecological Modelling 171 (3): 301–13. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.07.007.

Sofo, A., A. Ciarfaglia, A. Scopa, I. Camele, M. Curci, C. Crecchio, C. Xiloyannis, and A. M. Palese. 2014. “Soil Microbial Diversity and Activity in a Mediterranean Olive Orchard Using Sustainable Agricultural Practices.” Soil Use and Management 30 (1): 160–67. https://doi.org/10.1111/sum.12097.

Sofo, Adriano, Giuseppe Celano, Patrizia Ricciuti, Maddalena Curci, Bartolomeo Dichio, Cristos Xiloyannis, and Carmine Crecchio. 2010. “Changes in Composition and Activity of Soil Microbial Communities in Peach and Kiwifruit Mediterranean Orchards under an Innovative Management System.” Australian Journal of Soil Research 48 (3): 266–73. https://doi.org/10.1071/SR09128.

Stanley, Dara A., Michael P. D. Garratt, Jennifer B. Wickens, Victoria J. Wickens, Simon G. Potts, and Nigel E. Raine. 2015. “Neonicotinoid Pesticide Exposure Impairs Crop Pollination Services Provided by Bumblebees.” Nature 528 (7583): 548–50. https://doi.org/10.1038/nature16167.

Sullivan, T. P., D. S. Sullivan, and H. M. A. Thistlewood. 2012. “Abundance and Diversity of Small Mammals in Response to Various Linear Habitats in Semi-Arid Agricultural Landscapes.” Journal of Arid Environments 83 (August): 54–61. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.03.003.

Terrat, Sébastien, Walid Horrigue, Samuel Dequietd, Nicolas P. A. Saby, Mélanie Lelièvre, Virginie Nowak, Julie Tripied, et al. 2017. “Mapping and Predictive Variations of Soil Bacterial Richness across France.” Edited by Xiangzhen Li. PLOS ONE 12 (10): e0186766. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186766.

Tilman, D. 1997. “Biodiversity and Ecosystem Properties.” Science 278 (5345): 1865c – 1869. https://doi.org/10.1126/science.278.5345.1865c.

Tscharntke, Teja, Daniel S. Karp, Rebecca Chaplin-Kramer, Péter Batáry, Fabrice DeClerck, Claudio Gratton, Lauren Hunt, et al. 2016. “When Natural Habitat Fails to Enhance Biological Pest Control – Five Hypotheses.” Biological Conservation 204 (December): 449–58. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001.

Vaissière 2016 JardinsdeFrance 643_3.Pdf. n.d.

Végétable. 2018. “Les cahiers pomme poire kiwi.” Végétable, l’écho de la planète Fruits&Légumes, 2018.

Vélu, Alice, Aude Alaphilippe, Frédérique Angevin, Anne Guérin, Pascale Guillermin, and Franziska Zavagli. 2015. “DEXiFruits.” INRA. http://www.ecophytopic.fr/tr/innovation-en-marche/ecophyto-recherche/dexifruits-d%C3%A9veloppement-d%E2%80%99un-outil-d%E2%80%99%C3%A9valuation-de-la.

Vignozzi, Nadia, Alessandro Elio Agnelli, Giorgio Brandi, Elena Gagnarli, Donatella Goggioli, Alessandra Lagomarsino, Sergio Pellegrini, et al. 2019. “Soil Ecosystem Functions in a High-Density Olive Orchard Managed by Different Soil Conservation Practices.” Applied Soil Ecology 134 (February): 64–76. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.014.

Wang, P., J. J. Zhang, R. X. Xia, B. Shu, M. Y. Wang, Q. S. Wu, and T. Dong. 2011. “Arbuscular Mycorrhiza, Rhizospheric Microbe Populations and Soil Enzyme Activities in Citrus Orchards under Two Types of No-Tillage Soil Management.” Spanish Journal of Agricultural Research 9 (4): 1307–18. https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-307-10.

Whitehouse, T. Seth, Ashfaq A. Sial, and Jason M. Schmidt. 2018. “Natural Enemy Abundance in Southeastern Blueberry Agroecosystems: Distance to Edge and Impact of Management Practices.” Environmental Entomology 47 (1): 32–38. https://doi.org/10.1093/ee/nvx188.

Wratten, Stephen D., Mark Gillespie, Axel Decourtye, Eric Mader, and Nicolas Desneux. 2012. “Pollinator Habitat Enhancement: Benefits to Other Ecosystem Services.” Agriculture, Ecosystems & Environment 159 (September): 112–22. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.020.

Xiloyannis, C., A. M. Palese, A. Sofo, A. N. Mininni, and E. Lardo. 2018. “The Agro-Ecosystemic Benefits of Sustainable Management in an Italian Olive Grove.” In Viii International Olive Symposium, edited by S. Perica, G. V. Selak, T. Klepo, L. Ferguson, and L. Sebastiani, 1199:303–7. Leuven 1: Int Soc Horticultural Science.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 4.1, La biodiversité présente en vergers*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 4.2
Le service de pollinisation

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

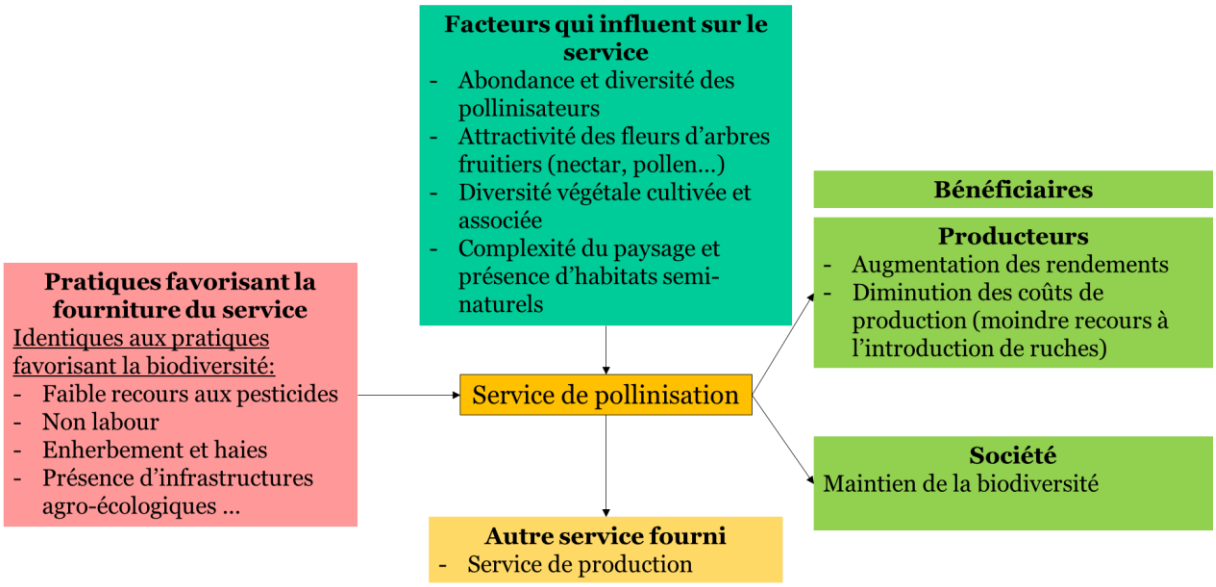
Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1.1 Le service de pollinisation

1.1.1 Le service de pollinisation bénéficie directement aux producteurs par l'augmentation des rendements et plus indirectement à la société par le maintien d'une grande partie de la biodiversité

La pollinisation – ou transfert de grains de pollen depuis une fleur mâle (les étamines) vers une fleur femelle (le pistil) permet la fécondation et la production de fruits. Pour la majorité des arbres fruitiers, ce transfert dépend fortement des insectes pollinisateurs (Klein et al., 2007). **Les bénéficiaires directs de ce service sont les producteurs**. Le service de pollinisation leur procure l'avantage **d'augmenter leurs productions de fruit, de stabiliser les rendements dans le temps et leur permet d'éviter des coûts supplémentaires** (par exemple si la pollinisation devait être réalisée à la main ou en louant des colonies domestiques). Cependant, le **service de pollinisation procure des avantages à l'ensemble de la société en contribuant au maintien d'une grande partie de la biodiversité** (les plantes étant la base des chaînes trophiques) (Therond et al., 2017).

La valeur du service de pollinisation à l'échelle mondiale a été estimée à 153 milliard d'euros (Gallai et al., 2009). Le service de pollinisation est un déterminant du service de production pour la plupart des espèces fruitières. Notons tout de même qu'il peut dans certains cas nuire à la qualité de la production. C'est le cas par exemple de la pollinisation des mandarines qui induit la formation de pépins au sein du fruit, qui n'est pas désiré (Sykes, 2008). De plus, la surpollinisation peut entraîner des effets indésirables pour le producteur comme l'alternance de la production, la diminution des calibres ou la variation des taux de sucre.



Déterminants et conséquences du service de pollinisation

1.1.2 Mode de reproduction et de pollinisation des espèces fruitières : 10 espèces fruitières sont fortement dépendantes de la pollinisation par les insectes

Les espèces fruitières dépendent particulièrement de la pollinisation entomophile (par les insectes). Le Tableau 45 indique les modes de pollinisation et espèces pollinisatrices associées, les modes de reproduction et quantifie la dépendance à la pollinisation entomophile. Cette dépendance provient

des travaux de Klein et al. (2007) qui l'ont quantifiée pour un large panel d'espèces sur la base de travaux de littérature.

Tableau 45 Morphologie des fleurs, mode de pollinisation et de reproduction des espèces fruitières et pollinisateurs des fleurs. Pollinisation : **essentielle**, absence de pollinisateurs réduit de >90% la production ; **haute**, absence de pollinisateurs réduit de 40% à 90% la production ; **modeste**, absence de pollinisateurs réduit de 10 à 40% la production ; **faible**, absence de pollinisateurs réduit de moins de 10% ; **pas d'augmentation**, pas d'augmentation de la production observée en présence de pollinisateurs. Source : Klein et al. (2007), appendice 2

Espèces fruitières	Dépendance à la pollinisation	Type de fleur	Reproduction	Mode de pollinisation sans visiteurs	Pollinisateurs
Kiwi	Essentielle	Dioïque	Autofertile	Insectes et vent (pour le vent, peu de pollinisation et induit la formation de fruits de faible qualité)	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires
Amande	Haute	Hermaphrodite	Autoincompatible mais quelques variétés autofertiles	Autopollinisation passive[1]	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, mouches
Abricot	Haute	Hermaphrodite	Vieilles variétés autofertiles et nouvelles autoincompatibles	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires
Cerise	Haute	Hermaphrodite	Majoritairement autoincompatible	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires
Nectarine	Haute d'après Klein et al. (2007) Faible d'après l'AOP Pêches abricots de France	Hermaphrodite	Autofertile	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, mouches
Pêche	Haute d'après Klein et al. (2007) Faible d'après l'AOP Pêches abricots de France	Hermaphrodite	Autofertile	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, mouches
Prune	Haute	Hermaphrodite	Autofertile et autoincompatible	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, mouches
Pomme	Haute	Hermaphrodite	Majoritairement autoincompatible	Autopollinisation passive, parthénocarpie pour certaines variétés	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, syrphes
Myrtilles	Haute	Hermaphrodite	Autofertile avec des degrés variant d'autoincompatibilité	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires
Framboise	Haute	Hermaphrodite	Autofertile	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires, syrphes
Châtaigne	Modeste	Monoïque	Autoincompatible	Vent	Abeilles domestiques, abeilles solitaires
Cassis	Modeste	Hermaphrodite	Différents degrés d'incompatibilité selon les variétés	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires

[1] L'autopollinisation passive n'est possible que pour les variétés autofertiles

Figue	Modeste	Gyno-dioïque[2], Monoïque	na	Niveau variable de parthénocarpie selon les variétés	Guêpe
Fraise	Modeste	Hermaphrodite	Autofertile	Autopollinisation passive, un peu de pollinisation par le vent	Abeilles domestiques, stingless bees, bourdons, abeilles solitaires, syrphes
Groseille	Modeste	Hermaphrodite	Différents degrés d'incompatibilité selon les variétés	Autopollinisation passive	Abeilles domestiques, bourdons, abeilles solitaires
Poire	Modeste (indirecte)	Hermaphrodite	Majoritairement autoincompatible	Parthénocarpie	Bourdons, abeilles domestiques, abeilles solitaires
Pamplemousse	Faible	Hermaphrodite	Niveau variable d'autofertilité en fonction des variétés	Autopollinisation passive qui diffère selon les espèces	Abeilles domestiques, bourdons
Clémentine et mandarine	Faible	Hermaphrodite	Niveau variable d'autofertilité en fonction des variétés	Autopollinisation passive qui diffère selon les espèces	Abeilles domestiques, bourdons
Noisette	Faible	Monoïque	Autoincompatible	Vent	-
Noix	Faible	Monoïque	Autoincompatible	Vent	-
Orange	Faible	Hermaphrodite	Niveau variable d'autofertilité en fonction des variétés	Autopollinisation passive qui diffère selon les espèces	Abeilles domestiques, bourdons
Citron	Faible	Hermaphrodite	Niveau variable d'autofertilité en fonction des variétés	Autopollinisation qui diffère selon les espèces	Abeilles domestiques, bourdons
Raisin	Pas d'augmentation	Hermaphrodite	Autofertile	Vent et autopollinisation passive	Abeilles domestiques, abeilles solitaires
Olives	Pas d'augmentation	Andro-monoïque[3]	Niveau variable d'autoincompatibilité entre variétés	Autopollinisation passive, vent	Visitse occasionnelles d'abeilles

La majorité des espèces fruitières sont hermaphrodites, c'est-à-dire que leurs fleurs sont bisexuelles (Tableau 45). Certaines espèces comme la noisette et la noix sont monoïques : les fleurs sont unisexuées et se trouvent sur le même arbre. Au contraire, le kiwi est une espèce dioïque, c'est-à-dire que les fleurs mâles se trouvent sur des pieds différents de ceux des fleurs femelles. Notons qu'il existe des variétés de kiwi hermaphrodites.

Certaines espèces et variétés nécessitent du pollen « étranger » pour produire. Elles sont « autoincompatibles » et représentent une grande part des variétés fruitières (Demestihas et al., 2017). C'est le cas de certaines variétés d'amandes, de cerises, de pommes, de châtaignes, de noisettes et de noix (Tableau 45). Une même espèce peut posséder des variétés autoincompatibles et autofertiles comme la prune et l'abricot. De plus, le niveau d'incompatibilité peut varier d'une variété à une autre au sein d'une même espèce.

Klein et al. (2007) ont estimé pour une large gamme d'espèces fruitières la part de production qui était assurée grâce à une pollinisation animale (Tableau 45).

[2] Gyno-dioïque : Certains individus portent des fleurs mâles et femelles et d'autre uniquement des fleurs femelles
[3] Andro-monoïque : Les fleurs bisexuelles et mâles sont sur le même individu

Cette revue a classé les espèces dont les données proviennent de plus de 200 pays selon 5 catégories de dépendance vis-à-vis de la pollinisation animale :

- Essentielle : absence de pollinisateurs réduit de >90% la production de fruits
- Haute : absence de pollinisateurs réduit de 40% à 90% la production de fruits
- Modeste : absence de pollinisateurs réduit de 10 à 40% la production de fruits
- Faible : absence de pollinisateurs réduit de moins de 10% de fruits
- Pas d'augmentation : pas d'augmentation de la production observée en présence de pollinisateurs.

Une seule espèce produite en France dépend quasiment exclusivement de la pollinisation animale pour produire des fruits : le kiwi (Tableau 45). En effet, cette espèce dioïque nécessite obligatoirement un transfert de pollen entomophile des pieds mâles vers les pieds femelles. Neuf espèces dépendent fortement de la pollinisation : le pommier, l'abricotier, le prunier, le cerisier, l'amandier, le myrtillier et le framboisier. Six espèces présentent une dépendance modeste à la pollinisation animale : le châtaignier, le cassissier, le fraisier, le figuier, le groseillier et le poirier. Les espèces qui dépendent peu de la pollinisation par les insectes sont les agrumes (clémentinier, mandarinier, citronnier, pamplemoussier, oranger) et des fruits à coques majoritairement pollinisés par le vent (noisetier et noyer). Deux espèces ne dépendent pas de la pollinisation animale : les vignes et les oliviers.

Les pollinisateurs des vergers appartiennent principalement à deux ordres : hyménoptères (e.g. guêpes qui pollinisent la figue, abeilles, bourdons) et les diptères (e.g. mouches, syrphes) (Tableau 45) (Demestihas et al., 2017). Les caractéristiques des abeilles en font des pollinisateurs particulièrement efficaces : présence de nombreux poils branchus sur le corps, régime alimentaire à base de pollen et de nectar, comportement de butinage fidélisé à une espèce de plante pendant un voyage et la longue viabilité des pollens sur leurs corps (Vaissière, 2016). Les pollinisateurs peuvent être des espèces sauvages ou des espèces commerciales, introduites par le producteur comme l'abeille domestique *Apis mellifera*. Quatre à cinq ruches peuvent être nécessaires pour polliniser un hectare d'arbres fruitiers (Demestihas et al. 2017, Communication personnelle, V. Mathieu (CTIFL)).

1.1.3 60% de la production fruitière française dépend de la pollinisation par les insectes

Le Tableau 46 présente la part de production fruitière qui dépend de la pollinisation par les insectes. Cette part a été calculée en multipliant le coefficient de dépendance de Klein et al. (2007) par la production fruitière moyennée sur les années 2015, 2016 et 2017. Au total, d'après ce calcul, **1 700 000 tonnes de fruits** seraient produits grâce à la pollinisation par les insectes soit près **de 60% de la production fruitière française**.

Tableau 46 Part de la production fruitière française qui dépend de la pollinisation par les insectes en % et en tonnages. Les coefficient de dépendance proviennent de l'annexe 2 de Klein et al (2007)

Espèces	Moyenne de la production fruitière (2015-2017) (t)	Coefficient de dépendance (Klein et al., 2007) (%)	Part de production qui dépend de la pollinisation par les insectes (moyenne 2015-2017) (t)
Pomme	1 835 690	65	1 193 199
Prune	201 158	65	130 753
Abricot	143 993	65	93 595
Poire	133 395	25	33 349
Pêche	118 128	65	76 783

Nectarine	96 678	65	62 841
Kiwi	63 174	95	60 015
Fraise	58 005	25	14 501
Raisin	45 921	0	0
Cerise	38 782	65	25 208
Noix	38 516	5	1 926
Clémentine et mandarine	29 848	5	1 492
Olive	25 047	5	1 252
Noisette	11 199	5	560
Cassis et myrtilles	8 159	25	2 040
Chataigne et marron	7 291	25	1 823
Pamplemousse	5 748	5	287
Framboise	4 246	65	2 760
Figue	3 365	25	841
Groseille	1 614	25	403
Amande	986	65	641
Total	**2 870 945**		**1 704 271**
Part de la production totale dépendante de la pollinisation par les insectes	**59,4%**		

1.1.4 Les facteurs qui influent la pollinisation entomophile

1.1.4.1 L'abondance et de la diversité des pollinisateurs impactent positivement l'efficacité de la pollinisation

L'efficacité de la pollinisation dépend de la composition et de la structure des communautés de pollinisateurs. Elle dépend en premier lieu de **l'abondance des pollinisateurs**, reliée au nombre de visites reçues par les fleurs (Therond et al., 2017). Moins intuitivement, l'efficacité de ce service dépend également de **la diversité des pollinisateurs** présents en verger (Demestihas et al., 2017; Therond et al., 2017). Brittain et al. (2013) ont par exemple montré une augmentation du service de pollinisation lorsque des abeilles sauvages (*Osmia lignaria*) étaient présentes, complémentant l'action des abeilles domestiques (*Apis mellifera*) dans des vergers d'amandiers en Californie. Une des explications est la complémentarité d'activités qui est associée à une communauté de pollinisateurs plus riche : les abeilles sauvages étant actives à de plus basses températures, elles peuvent polliniser les fleurs d'amandiers plus tôt dans la journée (Demestihas et al., 2017). De plus, comme évoqué plus loin, l'effet sélection peut également expliquer l'augmentation de l'efficacité d'une communauté riche en insectes pollinisateurs via une plus forte probabilité de sélection d'individus compétitifs. Ainsi, la diversité de pollinisateurs peut augmenter l'efficacité globale de pollinisation.

1.1.4.2 La dépendance des espèces fruitières aux insectes pollinisateurs de Klein et al. (2007) : un score permettant de quantifier la part de pollinisation entomophile qui impacte les rendements des espèces fruitières

L'efficacité de pollinisation est également fonction de la **dépendance des espèces fruitières aux insectes pollinisateurs**.

Cette dépendance est reliée à certaines caractéristiques de la plante et à son mode de pollinisation (Klein et al., 2007). Les espèces fruitières qui peuvent s'autoféconder de manière autonome comme la

majorité des agrumes dépendent moins des insectes pollinisateurs. Les espèces capables d'émettre et de recevoir des grains de pollen par le vent comme les noyers et les noisetiers sont également moins dépendantes des pollinisateurs. En revanche, les espèces dioïques comme le kiwi seront fortement dépendantes de pollinisateurs permettant la fécondation des fleurs femelles situées sur d'autres pieds que les fleurs mâles.

L'efficacité de la pollinisation dépend également de la **spécialisation des arbres fruitiers à certaines espèces de pollinisateurs**, comme la figue exclusivement pollinisée par une espèce de guêpe **(***Blastophaga psenes)* qui lui est inféodée (Therond et al., 2017). Toutefois, la très grande majorité des arbres fruitiers est généraliste (Tableau 45).

1.1.5 Les méthodes d'évaluation et les indicateurs du service de pollinisation en verger

Le service de pollinisation est l'un des services écosystémiques les plus étudiés et de nombreux indicateurs sont utilisés dans la littérature (Therond et al., 2017). Pourtant, il n'existe pas d'indicateur direct qui permet d'évaluer le service de pollinisation (Demestihas et al., 2017; Therond et al., 2017). Les indicateurs disponibles sont en général des déterminants du service mais ne quantifient pas directement le transfert de pollen (service écosystémique). Ces indicateurs indirects sont en général la composition des communautés de pollinisateurs (abondance et diversité) et les variables environnementales (climat, paysage) (Therond et al., 2017).

Le Tableau 47 résume les principaux indicateurs utilisés par quelques exemples de publications scientifiques en arboriculture.

Liss et al. (2013) ont publié une synthèse sur les différentes métriques utilisées pour mesurer ce service dans une large gamme de travaux de recherche incluant l'ensemble des cultures agricoles.

1.1.5.1 Les indicateurs indirects du service de pollinisation reliés à la présence et d'activité des pollinisateurs

La richesse et l'abondance des pollinisateurs sont couramment utilisées bien que ce soient des métriques indirectes, ne quantifiant pas le transfert de pollen en-lui-même mais un potentiel de pollinisation (Tableau 47) (Liss et al., 2013). L'étude EFESE (Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques, Théron, 2017) a par exemple cartographié la richesse de pollinisateurs à l'échelle française, en utilisant les données d'une démarche participative qui suit les espèces pollinisatrices sur les plantes à fleurs (SPIPoll) (SPIPOLL, 2018). La richesse et l'abondance des pollinisateurs peuvent être estimées en effectuant des observations en marchant au sein des vergers et en bordure pendant une durée limitée et plusieurs fois dans la journée (Samnegård et al., 2019). Les pollinisateurs peuvent être collectés sur les fleurs afin d'identifier précisément les espèces présentes.

Les indicateurs reliés à **l'activité et aux mouvements des pollinisateurs** permettent d'approcher plus finement le service de pollinisation que les indicateurs de diversité et d'abondance bien que cet indicateur soit également indirect comme par exemple le taux de visite des fleurs par les pollinisateurs (Tableau 47).

1.1.5.2 Les indicateurs de succès de pollinisation

Le succès de pollinisation est vérifié par des indicateurs tels que le **taux de nouaison des fruits ou le nombre de PEPINS ou NOYAUX présent dans le fruit**, voire l'observation dans certain cas de la formation du tube pollinique au sein de la fleur (Tableau 47) (Brittain et al., 2013). Cet indicateur permet de bien vérifier que la fleur a été fécondée et que la pollinisation a bien eu lieu. Cependant, pour certaines espèces comme la fraise qui peuvent être fécondées par gravité, par le vent et par les insectes, cet indicateur ne permet pas de discerner l'effet de l'agent pollinisateur par rapport aux autres modes de dispersion du pollen.

L'indicateur de production de fruits est également utilisé comme un indicateur plus indirect du succès de pollinisation (Tableau 47). Cet indicateur se rapprocherait plus du bénéfice fourni par le service de pollinisation que le service de pollinisation en lui-même. L'étude EFESE a par exemple utilisé un indicateur fondé sur les rendements des cultures, issues du Service de la Statistique et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture basé sur la méthode de Deguines et al. (2014). Cette méthode utilise les données de rendements des cultures, la dépendance des cultures aux pollinisateurs issues de la publication de (Klein et al., 2007) et un indice d'intensité des pratiques agricoles, dérivé de l'indicateur « High Nature Value ». Cependant, l'indicateur de production de fruits, tout comme l'indicateur du taux de nouaison confondent les effets d'autres caractéristiques de la situation de production, dont les pratiques agricoles (l'irrigation ou l'application de fertilisants) (Demestihas et al., 2017; Liss et al., 2013).

Tableau 47 Les divers indicateurs utilisés pour quantifier le service de pollinisation en verger

Principaux indicateurs utilisés pour évaluer le service de pollinisation	**Exemples de publications utilisant ces indicateurs pour évaluer le service de pollinisation en verger**
Diversité des pollinisateurs (e.g. richesse et aux indicateurs de diversité)	(Sheffield et al., 2013) (Russo et al., 2015) (Földesi et al., 2016) (Kammerer et al., 2016) (Eeraerts et al., 2017) (Saunders and Luck, 2018) (Ganser et al., 2018) (Samnegård et al., 2019)
Abondance des pollinisateurs (e.g. nombre de pollinisateurs qui visitent les fleurs)	(Artz et al., 2013) (Saunders et al., 2013) (Sheffield et al., 2013) (Cross et al., 2015) (Russo et al., 2015) (Kammerer et al., 2016) (Eeraerts et al., 2017) (Ganser et al., 2018) (Samnegård et al., 2019)
Activité des pollinisateurs (e.g. taux de visites de fleurs)	(Brittain et al., 2013) (Campbell et al., 2017) (Ganser et al., 2018) (Silva et al., 2019)
Succès de pollinisation (e.g. nouaison des fruits, nombre de graines présentes dans le fruit, efficacité de germination du pollen dans la fleur)	(Brittain et al., 2013) (Eeraerts et al., 2017) (Campbell et al., 2017) (Silva et al., 2019)
Production de fruits (quantité, qualité)	(Garratt et al., 2014) (Samnegård et al., 2019)

1.1.5.3 Les indicateurs de disponibilité des ressources pour les pollinisateurs

La valeur pollinisatrice (« pollination value ») est un **indicateur fondé sur la composition des communautés végétales et les traits (caractéristiques morphologiques) des espèces présentes dans ces communautés** (Ricou et al., 2014). Le caractère favorable ou non des traits pour la pollinisation permet de calculer une valeur pollinisatrice par espèce végétale puis pour l'ensemble de la

communauté végétale. Cet indicateur est adapté à une échelle fine mais il semble difficile de l'utiliser à plus large échelle (Therond et al., 2017). Cet indicateur, utilisé pour évaluer la valeur pollinisatrice de bordures de champs en grandes cultures, pourrait être utilisé pour estimer les valeurs pollinisatrices de l'enherbement semé ou spontané présent dans l'inter-rang des vergers.

Les ressources en nectar ont été cartographiées en Grande-Bretagne (Baude et al., 2016). Des mesures expérimentales de quantités de nectar produites par un large panel de fleurs ont été effectuées. Une cartographie précise des habitats naturels et de la composition floristique des habitats a permis de cartographier les ressources en nectar à l'échelle nationale (Figure 39).

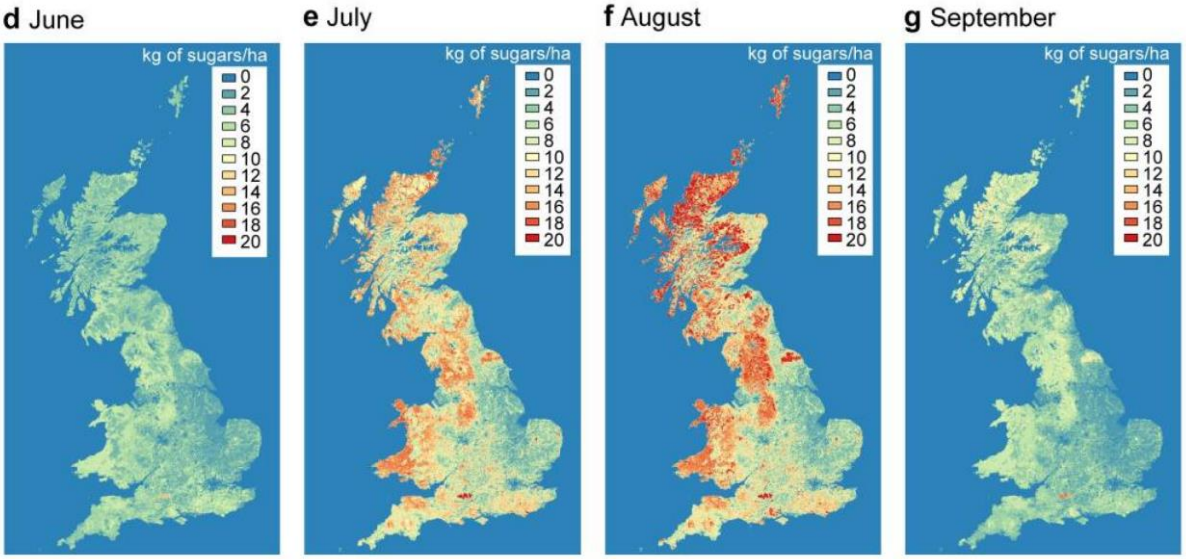


Figure 1 Cartographie anglaise de quantité de nectar produite par un large panel d'espèces spontanées. Source : Baude et al. (2016)

1.1.5.4 Le potentiel de pollinisation : un indicateur composite utilisé par EFESE pour cartographier le service de pollinisation potentiel sur le territoire français

Zulian, Maes, et Paracchini (2013) ont cartographié un indicateur du service de pollinisation nommé « index de potentiel relatif de pollinisation » à l'échelle de l'Europe. **Le potentiel relatif de pollinisation ou « Relative Pollination Potential » estime la capacité d'une culture à fournir le service de pollinisation des plantes cultivées par des insectes pollinisateurs à vol court**. Cette méthode est dérivée du modèle InVEST développé pour cartographier des services écosystémiques à des échelles plus locales. La Figure 40 résume les principales étapes que le modèle effectue pour calculer l'indicateur final. A partir des scores de disponibilité de ressource et d'habitat établis pour chaque occupation de sol, le modèle génère un index d'abondance relative d'abeilles sauvages pour chaque type d'occupation (Figure 40). Le modèle prédit ensuite cet index pour d'autres espèces de pollinisateurs à partir de leurs distances de vol, comparées à celle de l'abeille sauvage. Le potentiel relatif de pollinisation est calculé à partir de l'aptitude relative d'une occupation de sol à fournir un habitat et des ressources florales et l'activité moyenne des abeilles (relié aux conditions climatiques). Le potentiel relatif de pollinisation varie de 0 à 1.

Les disponibilités en ressources florales et l'aptitude à fournir des habitats ont été estimées à partir de la littérature et de dires d'experts pour un large spectre de cultures (Tableau 49). Les occupations de sol ont été notées de 0 à 1 et un score de 0,5 signifie que 50% de l'occupation de sol fournit des habitats et des ressources florales disponibles.

Les données d'abondance et la diversité des pollinisateurs sont issues du Suivi Photographique des Insectes Pollinisateurs (SPIPoll), un programme de sciences participatives. Le protocole est assez simple : pendant 20 minutes, l'observateur volontaire photographie tous les invertébrés visitant les fleurs qu'il a précédemment identifiées. Des outils d'identification en ligne lui permettent d'identifier les insectes pollinisateurs pris en photo (plus d'informations : http://www.spipoll.org/).

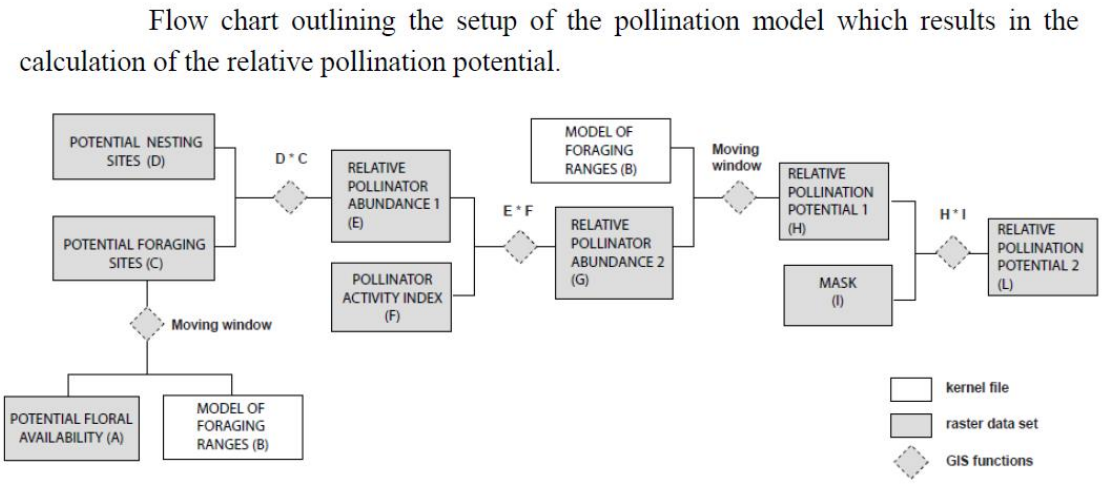


Figure 2 Schéma résumant les étapes du modèle de Zulian et al. (2013) qui permet de calculer le potentiel relatif de pollinisation. Source : Zulian et al. (2013)

Les principales limites de ce modèle sont qu'il n'a pas été calibré empiriquement (essentiellement des données provenant de la littérature ou de dires d'experts), ni validé avec des données de terrain. De plus, il ne prend pas directement en compte les pratiques des agriculteurs pouvant impacter sur le service de pollinisation.

1.1.5.5 Une approche idéale pour quantifier le service de pollinisation

Selon l'étude EFESE, une très bonne méthode consiste à comparer la production (nombre et qualité des graines et des fruits) de :

1) Fleurs pollinisées librement
2) Fleurs pour lesquelles les pollinisateurs sont exclus
3) Fleurs avec supplémentation de pollen

La supplémentation de pollen permet d'éviter les effets confondants de la réallocation de ressources entre fleurs (Therond et al., 2017). Samnegård et al. (2019) ont par exemple calculé le déficit de pollinisation en calculant la différence entre le taux de nouaison des fleurs avec supplémentation de pollen et le taux de nouaison des fleurs pollinisés librement (une valeur positive indique un déficit de pollinisation).

1.1.6 Evaluation du service de pollinisation en verger

1.1.6.1 Les ressources offertes par les grandes masses florales des vergers fruitiers : plusieurs dizaines de kilos de pollen et plusieurs centaines de kilos de nectar produits chaque année par hectare dans les vergers à pollinisation entomophile

Le Tableau 48 présente la masse florale, la productivité en nectar, sucre et pollen des vergers à pollinisation entomophile. Ces données proviennent du travail de cartographie réalisé en Angleterre par Baude et al. (2016) et du livre « Traité Rustica sur l'Apiculture » de Clément et al. (2008).

Tableau 48 Masse florale et quantité de ressources (nectar et pollen) produite par les espèces fruitières. Ad : absence de données. Source : (Baude et al., 2016; Clément, 2002)

Espèce fruitière	Masse florale (nb de fleurs/ha)	Productivité de nectar (kg/ha/an)	Concentration du nectar en sucre (%)	Productivité en sucre (kg/ha/an)	Productivité de pollen (kg/ha/an)	Attractivité totale pour les pollinisateurs
Abricotier	1 million	70	25 - 35%	18 - 25	0,6 – 1,7	Elevée
Amandier	Dizaines de millions	15 – 60	29 - 35%	5 - 21	11 - 20	Elevée
Cerisier	Dizaines de millions	42 - 105	20 - 60%	9 - 63	2 - 20	Elevée
Châtaignier	ad	14	ad	ad	ad	ad
Framboisier	ad	194	ad	ad	ad	ad
Kiwi	200 000	Absence de nectar	Absence de nectar	Absence de nectar	Production de pollen de faible qualité nutritive	Limitée
Pêcher	1 million	Sécrétion mais pas de quantité estimée	ad	ad	1,1 – 2,2	Elevée
Poirier	5 à 10 millions	75 – 190	< 25%	19 - 48	6 - 19	Faible (seulement le pollen)
Pommier	5 à 10 millions	450 – 1050	< 55 %	248 - 578	6 - 20	Elevée
Prunier	Plusieurs millions	168 – 6300	20 - 60%	34 - 3780	4 - 20	Moyenne (selon la concentration du nectar)

Les vergers représentent une masse florale considérable (Clément, 2002) : de 200 000 fleurs/ha pour le kiwi à plusieurs dizaines de millions pour le prunier, l'amandier et le cerisier (Tableau 48). Les quantités produites de nectar peuvent être impressionnantes lorsqu'elles sont ramenées à l'hectare et à l'année : de 14 kg/ha/an pour le châtaignier à 6,3 tonnes/ha/an pour le prunier (valeur maximale). Les concentrations du nectar en sucre diffèrent selon les espèces : des concentrations plutôt basses pour le poirier (25%) ce qui nuit à son attractivité des pollinisateurs jusqu'à des concentrations pouvant atteindre 60% pour le prunier ou le cerisier. La productivité en sucre peut donc être calculée : de 5 kg/ha/an pour l'amandier à 3780 kg/ha/an pour le prunier. Le pollen, qui représente une seconde ressource est estimée à 0,6 kg/ha/an de production à 20 kg/ha/an pour le prunier, le pommier, l'amandier et le cerisier. L'attractivité globale de chaque espèce est estimée dans le Tableau 48 selon

Clément (2002). L'abricotier, l'amandier, le cerisier et le pommier sont les espèces ayant la plus forte attractivité. Le poirier et l'arbre à kiwi sont moins attracteurs (nectar peu concentré pour le poirier et non produit pour le kiwi).

1.1.6.2 Les vergers se démarquent des autres cultures en termes de fourniture d'habitat et de ressources aux pollinisateurs

Cette production de ressources florales est un atout des vergers par rapport à la majorité des autres cultures. Le modèle de Zulian et al. (2013) permet de comparer les scores attribués à une large gamme d'espèces. Le score entre 0 à 1 de disponibilité en ressource florale des vergers est de 0,9 égalé par le colza et du tournesol, deux espèces ayant également une forte production de nectar et de pollen (Tableau 49) (Zulian et al., 2013). Les vergers ont également des scores d'aptitude à fournir des habitats quatre fois plus élevés que les céréales et oléagineux. Ceci est à relier à la structure multistrate des vergers offrant une grande diversité de refuge.

Tableau 49 Score des disponibilités en ressources florales et d'aptitude à fournir des habitats établi pour certaines espèces. Source : Tableaux en annexe de la publication de Zulian et al (2013)

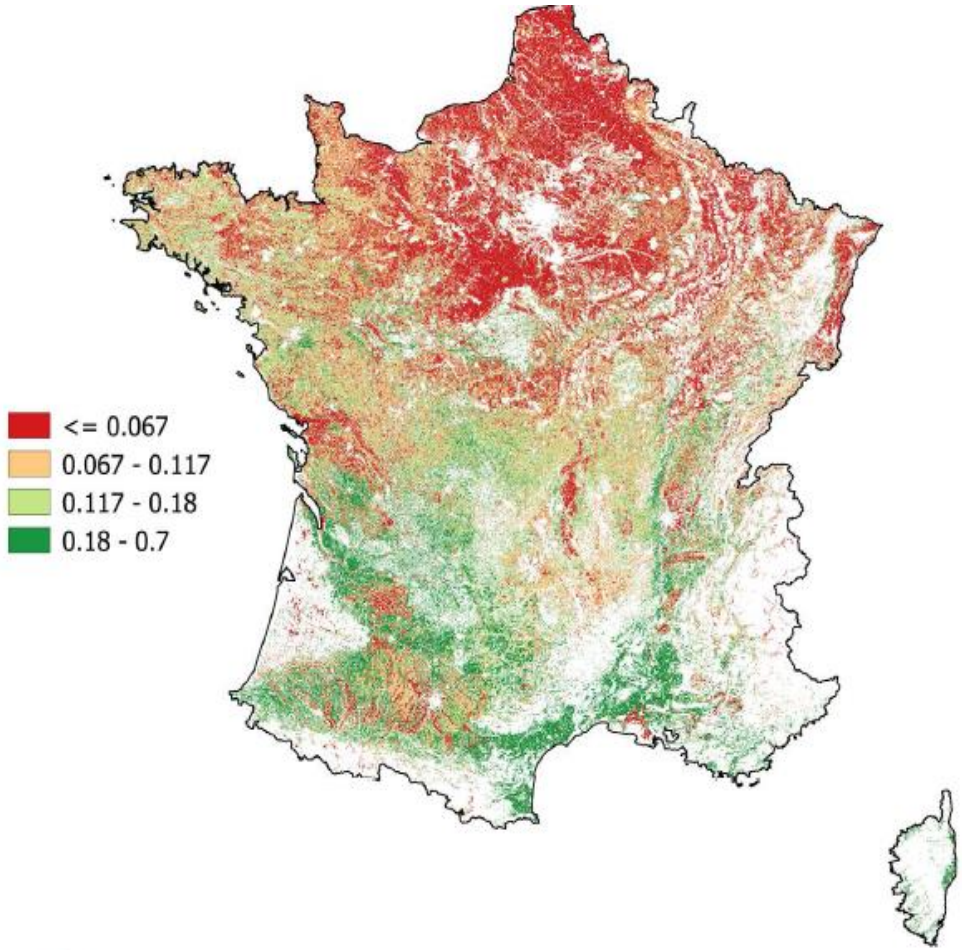
Cultures	Espèces	Score de disponibilité en ressource florale score sur 1	Score d'aptitude à fournir des habitats aux insectes pollinisateurs score sur 1
Céréales	Blé	0,05	0,1
	Maïs	0	0,1
	Autres	0,05	0,1
Oléagineux	Colza, tournesol	0,9	0,1
	Soja	0,5	0,1
Légumes	Tomates	0,7	0,4
	Autres	0,75	0,4
Fruits	Pomme, poire, pêche, raisin de table agrumes et autres	0,9	0,4
	Olive de table	0,5	0,1
	Olive destinés à produire de l'huile	0,6	0,6

1.1.6.3 La cartographie française du service de pollinisation : les vergers situés dans des territoires à fort potentiel de pollinisation

La Figure 41 présente la cartographie du potentiel relatif de pollinisation issue du modèle de Zulian et al. (2013) comparée à l'occupation des sols français.

Un gradient de pollinisation croissant peut être observé sur la Figure 41 du nord au sud. Ce gradient s'explique par l'activité accrue des pollinisateurs dans les zones aux températures plus élevées (Zulian

et al., 2013). Le potentiel relatif de pollinisation est faible lorsque les cultures arables dominent comme dans la Beauce en France. Les grands bassins fruitiers sont situés dans les zones à fort potentiel de pollinisation : Occitanie méditerranéenne avec une forte implantation du vignoble, la vallée du Rhône, la vallée de la Basse-Durance, le vignoble bordelais et le Val de Loire.



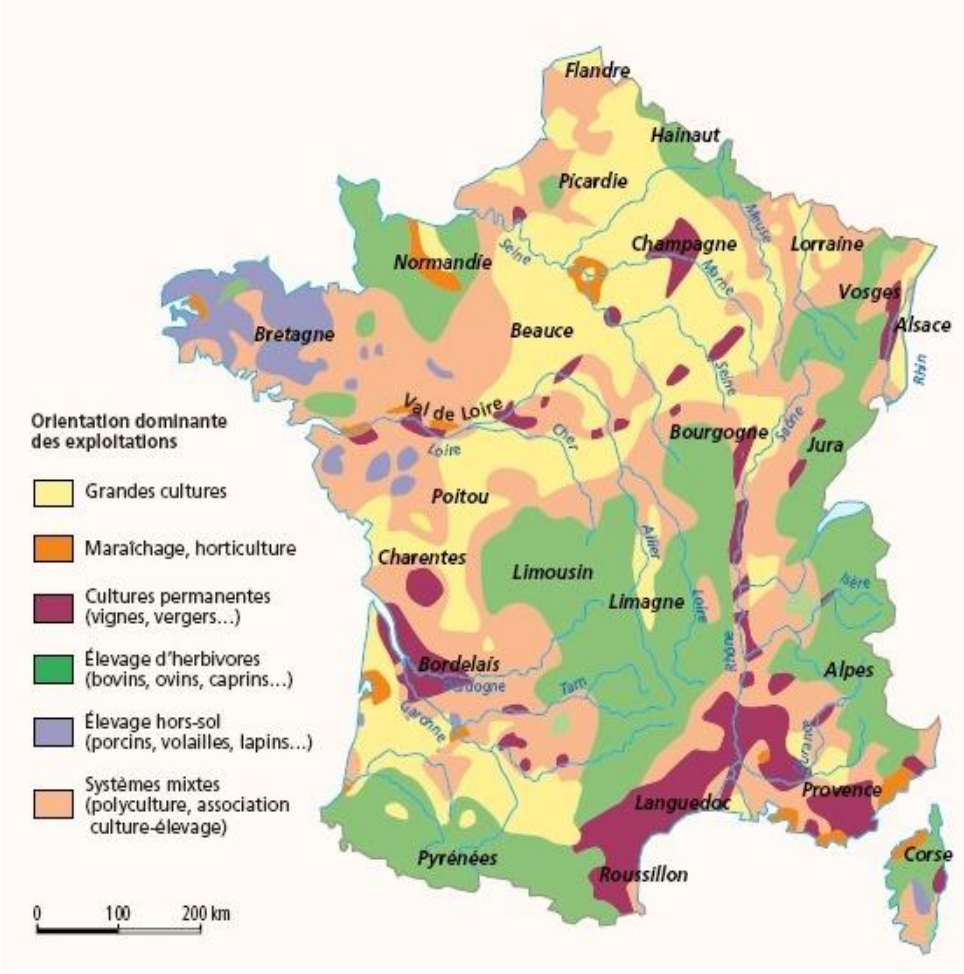


Figure 3 A gauche, potentiel relatif de pollinisation du territoire français calculé par Zulian et al. (2013) et à droite la répartition des grands types de cultures en France.

CARTE FRUITIERE

1.1.7 Les pratiques d'introduction de pollinisateurs dans les vergers

1.1.7.1 Les recommandations de chargement de ruches en verger : 5 ruches/ha en moyenne

L'introduction de ruches d'abeilles domestiques permet d'assurer au producteur un service de pollinisation optimal. Le nombre de colonies recommandées à l'hectare dépend des caractéristiques des espèces fruitières (auto-compatibles/auto-incompatibles), de leurs attractivité (production de nectar et de pollen) et de leur dépendance à la pollinisation. Ces recommandations sont présentées dans le Tableau 50, issu du Traité Rustica de l'Apiculture (Clément, 2002).

Le nombre de colonies recommandé à l'hectare varie de 1 à 5 (pour le pommier) à 8 à 12 pour le kiwi.

Tableau 50 Nombre de colonies recommandé par hectare pour les espèces fruitières dépendantes de la pollinisation entomophile. Source : (Clément, 2002)

Espèces fruitières	Types de variétés	Nombre de colonies recommandé par hectare
Abricotier	Autocompatibles	3 à 5
	Auto-incompatibles	8 à 10
Amandier	Autocompatibles	3 à 5
	Auto-incompatibles	8 à 10
Cerisier	Autocompatibles	2 à 4
	Auto-incompatibles	6 à 8
Kiwi	Dioïque	8 à 12
Pêcher	Autocompatibles	0,5 à 2,5
Poirier	Autocompatibles	4 à 6
Pommier	Autocompatibles	1 à 5
Prunier	Autocompatibles (e.g. Mirabelle de Nancy)	5 à 7
	Partiellement autocompatibles (e.g. Quetsche et Reine-Claude)	2,5 à 5

1.1.7.2 Les pratiques d'introduction de pollinisateurs en Rhône-Alpes : 65% des producteurs les mettent en place

Une enquête a été menée par la Chambre d'Agriculture de Rhône-Alpes en 2011 afin d'évaluer l'utilisation de ruches par les arboriculteurs des 3 principaux bassins de production de cette région (Rhône -Loire ; Drôme - Isère - Ardèche ; Savoie - Haute-Savoie) (Rault, 2011). Un échantillon de 20 producteurs a été interrogé pour chaque bassin de production.

En Rhône, Loire, Drôme, Isère et Ardèche, les producteurs ont jugé la densité de pollinisateurs sauvages comme étant « très faible » à « moyenne » (Rault, 2011). Dans ces régions, 65% à 70% des producteurs utilisent la pollinisation introduite. Au contraire, dans les régions Savoie et Haute-Savoie, la densité de pollinisateurs est estimée de « forte » à « très forte ». Dans ces régions, seules les productions de pommes et de poires sont pollinisées en apportant des ruches (20% des producteurs).

D'après l'enquête annuelle des Vergers Ecoresponsables auprès de leurs producteurs, 57% des exploitations en pommes et poires mettraient en œuvre une pratique de pollinisation introduite.

D'après l'enquête effectuée par la Chambre d'Agriculture Rhône-Alpes, l'utilisation de colonies d'abeilles est majoritaire (71% des arboriculteurs l'utilisent) par rapport à l'utilisation de bourdons (*Bombus terrestris*) (Figure 42).

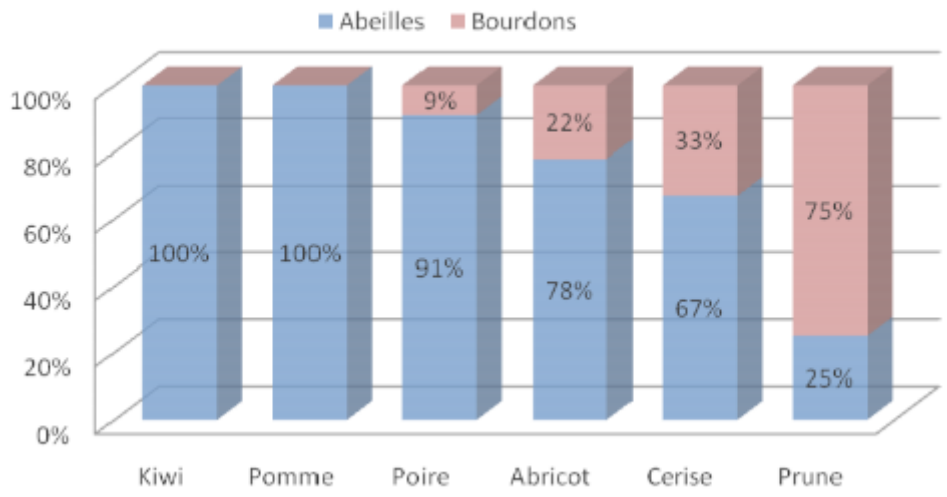


Figure 4 Proportion d'abeilles et de bourdons introduits en verger selon les espèces fruitières. Source : Rault (2011)

En moyenne, le chargement de colonies est systématiquement inférieur aux recommandations du Traité Rustica sur l'Apiculture (Figure 43 & Tableau 50). D'après l'enquête de la Chambre d'Agriculture Rhône-Alpes, les coûts de location de colonies seraient le principal facteur qui expliquerait ce faible chargement.

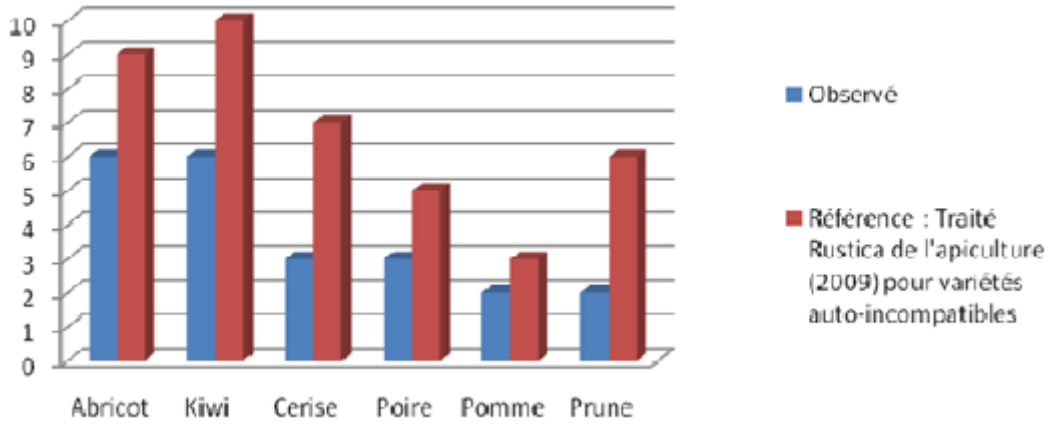


Figure 5 Comparaison des références et des pratiques réelles de chargement moyen en colonies d'abeilles par espèces fruitières (nb ruches/ha). Source : Rault (2011)

Bibliographie

Artz, Derek R., Matthew J. Allan, Gordon I. Wardell, and Theresa L. Pitts-Singer. 2013. “Nesting Site Density and Distribution Affect Osmia Lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) Reproductive Success and Almond Yield in a Commercial Orchard.” Insect Conservation and Diversity 6 (6): 715–24. https://doi.org/10.1111/icad.12026

Badillo-Montano, Raul, Armando Aguirre, and Miguel A. Munguia-Rosas. 2019. “Pollinator-Mediated Interactions between Cultivated Papaya and Co-Flowering Plant Species.” Ecology and Evolution 9 (1): 587–97. https://doi.org/10.1002/ece3.4781

Baude, Mathilde, William E. Kunin, Nigel D. Boatman, Simon Conyers, Nancy Davies, Mark A. K. Gillespie, R. Daniel Morton, Simon M. Smart, and Jane Memmott. 2016. “Historical Nectar Assessment Reveals the Fall and Rise of Floral Resources in Britain.” Nature 530 (7588): 85–88. https://doi.org/10.1038/nature16532

Brittain, Claire, Neal Williams, Claire Kremen, and Alexandra-Maria Klein. 2013. “Synergistic Effects of Non-Apis Bees and Honey Bees for Pollination Services.” Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 280 (1754): 20122767. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2767

Campbell, Alistair J., Andrew Wilby, Peter Sutton, and Felix L. Wäckers. 2017. “Do Sown Flower Strips Boost Wild Pollinator Abundance and Pollination Services in a Spring-Flowering Crop? A Case Study from UK Cider Apple Orchards.” Agriculture, Ecosystems & Environment 239 (February): 20–29. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.005

Clément, Henri. 2002. Traité Rustica de l’Apiculture. Rustica.

Cross J. 2018. “Arthropod Ecosystem Services in Apple Orchards and Their Economic Benefits - CROSS - 2015 - Ecological Entomology - Wiley Online Library.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.12234

Cross, Jerry, Michelle Fountain, Viktor Markó, and Csaba Nagy. 2015. “Arthropod Ecosystem Services in Apple Orchards and Their Economic Benefits.” Ecological Entomology 40 (S1): 82–96. https://doi.org/10.1111/een.12234

Deguines, Nicolas, Clémentine Jono, Mathilde Baude, Mickaël Henry, Romain Julliard, and Colin Fontaine. 2014. “Large-Scale Trade-off between Agricultural Intensification and Crop Pollination Services.” Frontiers in Ecology and the Environment 12 (4): 212–17. https://doi.org/10.1890/130054

Eeraerts, Maxime, Ivan Meeus, Sanne Van Den Berge, and Guy Smagghe. 2017. “Landscapes with High Intensive Fruit Cultivation Reduce Wild Pollinator Services to Sweet Cherry.” Agriculture, Ecosystems & Environment 239: 342–48. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.031 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917300415

Földesi, Rita, Anikó Kovács-Hostyánszki, Ádám Kőrösi, László Somay, Zoltán Elek, Viktor Markó, Miklós Sárospataki, et al. 2016. “Relationships between Wild Bees, Hoverflies and Pollination Success in Apple Orchards with Different Landscape Contexts: Importance of Wild Pollinators in Apple Orchards.” Agricultural and Forest Entomology 18 (1): 68–75. https://doi.org/10.1111/afe.12135

Gallai, Nicola, Jean-Michel Salles, Josef Settele, and Bernard E. Vaissière. 2009. “Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline.” Ecological Economics 68 (3): 810–21. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014

Ganser, Dominik, Barbara Mayr, Matthias Albrecht, and Eva Knop. 2018. “Wildflower Strips Enhance Pollination in Adjacent Strawberry Crops at the Small Scale.” Ecology and Evolution 8 (23): 11775–84. https://doi.org/10.1002/ece3.4631

Garratt, M. P. D., T. D. Breeze, N. Jenner, C. Polce, J. C. Biesmeijer, and S. G. Potts. 2014. “Avoiding a Bad Apple: Insect Pollination Enhances Fruit Quality and Economic Value.” Agriculture, Ecosystems & Environment 184 (February): 34–40. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.032

Kammerer M., 2018.“Local Plant Diversity Across Multiple Habitats Supports a Diverse Wild Bee Community in Pennsylvania Apple Orchards | Environmental Entomology | Oxford Academic.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://academic.oup.com/ee/article-abstract/45/1/32/2465554

Klein, Alexandra-Maria, Bernard E. Vaissière, James H. Cane, Ingolf Steffan-Dewenter, Saul A. Cunningham, Claire Kremen, and Teja Tscharntke. 2007. “Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops.” Proceedings. Biological Sciences 274 (1608): 303–13. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721

Klein, Alexandra-Maria, Claire Brittain, Stephen D. Hendrix, Robbin Thorp, Neal Williams, and Claire Kremen. 2012. “Wild Pollination Services to California Almond Rely on Semi-Natural Habitat.” Journal of Applied Ecology 49 (3): 723–32. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02144.x

Lindgren J., 2018. “Local Conditions in Small Habitats and Surrounding Landscape Are Important for Pollination Services, Biological Pest Control and Seed Predation - ScienceDirect.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917304255

Mody K., 2018, “Within-Orchard Variability of the Ecosystem Service ‘Parasitism’: Effects of Cultivars, Ants and Tree Location - ScienceDirect.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179111000697

Ramírez, Fernando, and Thomas Lee Davenport. 2013a. “Apple Pollination: A Review.” Scientia Horticulturae 162: 188–203. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.007

Rault, Cyrielle. 2011. “Analyse et description des besoins en pollinisation des exploitations arboricoles de Rhône-Alpes.” Chambre d’Agriculture Rhône-Alpes.

Ricard, Jean-Michel, Alain Garcin, Michel Jay, and Jean-François Mandrin. 2012. Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière. Edited by Hortipratic. CTIFL. Hortipratic.

Ricou, Charles, Chloé Schneller, Bernard Amiaud, Sylvain Plantureux, and Christian Bockstaller. 2014. “A Vegetation-Based Indicator to Assess the Pollination Value of Field Margin Flora.” Ecological Indicators 45 (October): 320–31. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.022

Rosa García, Rocío, and Marcos Miñarro. 2014. “Role of Floral Resources in the Conservation of Pollinator Communities in Cider-Apple Orchards.” Agriculture, Ecosystems & Environment 183 (January): 118–26. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.017

Russo L., 2015.“The Challenge of Accurately Documenting Bee Species Richness in Agroecosystems: Bee Diversity in Eastern Apple Orchards - Russo - 2015 - Ecology and Evolution - Wiley Online Library.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.1582

Samnegård, Ulrika, Georgina Alins, Virginie Boreux, Jordi Bosch, Daniel García, Anne-Kathrin Happe, Alexandra-Maria Klein, et al. 2019a. “Management Trade-Offs on Ecosystem Services in Apple Orchards across Europe: Direct and Indirect Effects of Organic Production.” Journal of Applied Ecology 56 (4): 802–11. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13292

Samnegård, Ulrika, Georgina Alins, Virginie Boreux, Jordi Bosch, Daniel García, Anne-Kathrin Happe, Alexandra-Maria Klein, et al. 2019b. “Management Trade-offs on Ecosystem Services in Apple Orchards across Europe: Direct and Indirect Effects of Organic Production.” Edited by Jennifer Firn. Journal of Applied Ecology 56 (4): 802–11. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13292

Saunders M., 2018. “Resource Connectivity for Beneficial Insects in Landscapes Dominated by Monoculture Tree Crop Plantations: International Journal of Agricultural Sustainability: Vol 14, No 1.”

n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14735903.2015.1025496

Saunders Manu E., Gary W. Luck, and Margaret M. Mayfield. 2013. “Almond Orchards with Living Ground Cover Host More Wild Insect Pollinators.” Journal of Insect Conservation 17 (5): 1011–25. https://doi.org/10.1007/s10841-013-9584-6

Sheffield, Cory S., Peter G. Kevan, Alana Pindar, and Laurence Packer. 2013. “Bee (Hymenoptera: Apoidea) Diversity within Apple Orchards and Old Fields in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada.” *Canadian Entomologist* 145 (1): 94–114. https://doi.org/10.4039/tce.2012.89

Sheffield, Cory Silas. 2014. “Pollination, Seed Set and Fruit Quality in Apple: Studies with Osmia Lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada.” *Journal of Pollination Ecology* 12. https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014)11

Silva, S. R., N. M. Almeida, K. M. M. de Siqueira, J. T. Souza, and C. C. Castro. 2019. “Isolation from Natural Habitat Reduces Yield and Quality of Passion Fruit.” *Plant Biology* 21 (1): 142–49. https://doi.org/10.1111/plb.12910

SPIPOLL, 2018. 2018. “Publications Scientifiques.” SPIPOLL Suivi Photographique Des Insectes Pollinisateurs. 2018. http://www.spipoll.org/publications-scientifiques

Sykes, S. R. 2008. “The Effect on Citrus Fruit of Excluding Pollinating Insects at Flowering and Implications for Breeding New Seedless Cultivars.” *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83 (6): 713–18. https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512449

Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.), Accatino F., Biju-Duval L., Bockstaller C., Bohan D., Bonaudo T., Boval M., Cahuzac E., Casellas E., Chauvel B., Choler P., Constantin J., Cousin I., Daroussin J., David M., Delacote P., Derocles S., De Sousa L., Domingues Santos J.P., Dross C., Duru M., Eugène M., Fontaine C., Garcia B., Geijzendorffer I., Girardin A., Graux A-I., Jouven M., Langlois B., Le Bas C., Le Bissonnais Y., Lelièvre V., Lifran R., Maigné E., Martin G., Martin R., Martin-Laurent F., Martinet V., McLaughlin O., Meillet A., Mignolet C., Mouchet M., Nozières-Petit M-O., Ostermann O.P., Paracchini M.L., Pellerin S., Peyraud J-L., Petit-Michaut S., Picaud C., Plantureux S., Poméon T., Porcher E., Puech T., Puillet L., Rambonilaza T., Raynal H., Resmond R., Ripoche D., Ruget F., Rulleau B., Rusch A., Salles J-M., Sauvant D., Schott C., Tardieu L. (2017). Volet "écosystèmes agricoles" de l’Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques (EFESE). Rapport d'étude, Inra (France), 966 pages.

Zulian, Grazia, Joachim Maes, and Maria Paracchini. 2013. “Linking Land Cover Data and Crop Yields for Mapping and Assessment of Pollination Services in Europe.” *Land* 2 (3): 472–92. https://doi.org/10.3390/land20304

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 4.2, Le service de pollinisation*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 4.3
Le service de régulation des ravageurs et les impacts de l'utilisation de pesticides sur la faune utile

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1.1 Le service de régulation des ravageurs et les impacts de l'utilisation de pesticides sur la faune utile

Les spécificités de l'arboriculture posent des défis particuliers en termes de protection contre les bioagresseurs. Le niveau élevé de l'exigence de qualité des produits en est une. Les fruits sont des produits consommés frais et peu de défauts sont tolérés par les cahiers des charges ; or plusieurs de ces défauts sont causés par les bioagresseurs. Le caractère pérenne des vergers en est une autre. L'absence de rotation contribue à de fortes pressions de ravageurs qui peuvent se maintenir d'une année sur l'autre (Blocaille et al., 2017; Demestihas, 2017; Simon et al., 2010). De plus, les arbres fruitiers étant des clones génétiques, l'effet sélection peut être fort (Sylvaine Simon (INRA), communication personnelle). Les bioagresseurs des vergers comprennent les ravageurs (bioagresseurs animaux) et les maladies fongiques, bactériennes ou virales. Dans ce rapport, nous considérons seulement les arthropodes ravageurs car la régulation naturelle des ravageurs est plus étudiée et plus connue en arboriculture.

1.1.1 Le service de régulation des ravageurs bénéficie directement aux producteurs via la réduction de pertes de récolte et indirectement à la société via la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

Il est important de noter que la régulation des ravageurs est une notion encore ambiguë (Sylvaine Simon (INRA), communication personnelle). Elle peut être définie de différentes manières : il peut s'agir des processus de régulation comme la prédation et le parasitisme ou être définie comme le niveau de prédation et de parasitisme qui permet un seuil de dégât acceptable. Le **service écosystémique de régulation naturelle des arthropodes ravageurs des cultures fruitières** est un service rendu par l'agroécosystème du verger **aux arboriculteurs** via **la réduction des dégâts des ravageurs et in fine des pertes de récolte** (Therond et al., 2017). Ce service permet également de réduire le recours aux produits phytosanitaires, ce qui constitue un avantage direct pour l'agriculteur et pour la société du fait des surcoûts de production et des pollutions potentielles évités (Therond et al., 2017). De plus, le service de régulation des ravageurs contribue à l'équilibre des populations naturelles et donc au maintien de la biodiversité.

Deux grands types de régulation existent :

- **Bottom-up** : régulation de l'activité des arthropodes ravageurs par la végétation
- **Top-down** : régulation des arthropodes ravageurs par les ennemis naturels (processus de prédation et de parasitisme)

Dans ce rapport, par manque de temps, seul la régulation Top-down sera évoquée car elle est beaucoup plus documentée.

A noter que le **service de régulation comprend la lutte biologique par conservation** (aménagement du milieu pour optimiser les régulations naturelles) mais **ce service exclut la lutte biologique par acclimatation** (e.g. introduction d'un auxiliaire exotique) et **par augmentation** (e.g. élevage et lâcher d'une espèce auxiliaire dans les vergers).

1.1.2 Les facteurs qui influent le service de régulation des ravageurs

Divers facteurs influent sur le service de régulation des ravageurs (Therond et al., 2017) :

- L'abondance et la diversité des ennemis naturels présents en verger

La relation positive entre le nombre d'espèces d'ennemis naturels et la régulation naturelle des insectes phytophages a été démontrée dans plusieurs études (Letourneau et al., 2009). Cependant, cette relation n'est pas démontrée systématiquement dans l'ensemble des études sur le contrôle biologique (Mesmin, 2018).

- La diversité végétale cultivée et associée au sein de la parcelle de verger

La diversité végétale permet d'augmenter le niveau du service de régulation des ravageurs en vergers (Simon et al., 2010). Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer cette observation (Therond et al., 2017). La première est que la diversité végétale permet d'augmenter l'abondance et la diversité des ennemis naturels grâce à une plus grande disponibilité de ressources alimentaires et d'hôtes alternatifs. De plus, un milieu à forte diversité végétale est associé à une plus grande complexité du milieu qui peut rendre plus difficile la localisation de l'hôte par les ravageurs.

- La complexité du paysage et la présence d'habitats semi-naturels

Ces habitats fournissent des ressources et des fonctions clés (nourritures, sites d'hivernages, hôtes alternatifs) (Therond et al., 2017). **Il a été démontré que 63% des espèces vivants dans les zones agricoles dépendent des habitats semi-naturels** (Ricard et al., 2012). En grandes cultures, des méta-analyses ont montré qu'une augmentation d'habitats semi-naturels serait associée à une augmentation de l'abondance, de la diversité et du niveau de régulation globale des insectes ravageurs (Therond et al., 2017). Une étude a montré qu'une simplification du paysage en grandes cultures conduisait à une diminution de 46% du potentiel de régulation naturelle (Rusch et al., 2016).

Cependant, de nombreux travaux illustrent les possibles effets contradictoires entre la quantité d'habitats semi-naturels présents dans les paysages et la régulation des ravageurs.

1.1.3 Les méthodes d'évaluation de la régulation des ravageurs

Le Tableau 51 présente les différentes méthodes d'évaluation de la régulation des ravageurs, ainsi que leurs avantages et principales limites. A l'heure actuelle, **il n'existe pas d'indicateurs satisfaisants qui évaluent directement le potentiel de régulation des bioagresseurs** (Mesmin, 2018).

De nombreuses études suivent les populations d'ennemis naturels d'une part et les populations de ravageurs d'autres part (Mesmin, 2018). Cependant, cette méthode ne quantifie pas le processus de régulation effectif à savoir le nombre de ravageurs effectivement éliminés par les ennemis naturels (les autres causes de disparition des ravageurs, comme les stress physiques, ne sont pas distinguées de l'action des ennemis).

Tableau 51 Les différentes méthodes d'évaluation du service écosystémique de régulation naturelle des ravageurs de vergers. Tableau construit sur la base de deux sources : Therond et al. (2017) et Mesmin (2018)

Méthode d'évaluation du SE	Avantages	Principales limites
Suivi des populations d'ennemis naturels et de ravageurs en conditions naturelles	Conditions naturelles	Méthode indirecte : ne mesure pas le processus de régulation en lui-même Intègre d'autres effets (climatiques par exemple)
Mesure des capacités de prédation et de	Conditions contrôlées : mesure le processus de régulation relié	Quantifie le processus de régulation mais pas le service de régulation en lui-même

parasitisme (laboratoire)	uniquement à la prédation ou au parasitisme	Ne permet pas de prédire le comportement du prédateur en présence de diverses proies en conditions naturelles
Mesure du taux de prédation (carte de prédation)	Méthode directe La réduction du nombre de proies est uniquement due à la prédation (pas d'autres effets possibles)	Conditions artificialisées : pas d'interaction proies-prédateurs, positionnement et densité des proies non réalistes Mesure un SE potentiel plutôt qu'un SE réel du fait des conditions non naturelles
Mesure des taux de prédation et de parasitisme (méthode d'exclusion)	Méthode directe La réduction du nombre de proies est principalement due à la présence de l'ennemi naturel (peu d'autres effets possibles)	Mesure du SE sur un pas de temps très court. Les interactions avec les autres ennemis sont négligées
Mesure des dégâts et pertes de rendement	Mesure le niveau de SE effectif relié aux avantages que le SE rend aux producteurs Intègre l'ensemble des effets des différents ravageurs et la dynamique temporelle du service	Méthode indirecte Doit se faire en conditions non traitées ou avec de (très) faibles intrants phytosanitaires (sinon la population de ravageurs est biaisée et fortement réduite) Intègre d'autres effets comme les pratiques culturales de l'agriculteur et les conditions pédoclimatiques (rend les comparaisons entre sites difficiles)

Les indicateurs qui résultent la méthode de suivi des populations en conditions naturelles sont principalement des abondances, des diversités d'auxiliaires et de ravageurs, des ratios auxiliaires/ravageurs.

En conditions de laboratoire, de nombreuses études se sont penchées sur l'évaluation du nombre de proies consommées par prédateur (Garcin et al., 2008; Garcin and Mouton, 2006). Ces mesures permettent d'identifier le potentiel de régulation de chaque prédateur mais ne permettent pas d'approcher de manière satisfaisante le service de régulation en conditions naturelles (Mesmin, 2018).

En conditions naturelles, les cartes de prédation sont utilisées afin de quantifier le nombre de ravageurs consommés par les prédateurs (définis comme le processus de régulation). Les cartes de prédation sont des petites surfaces de papier abrasif sur lesquelles sont collées des proies mortes. Un certain nombre de proies sont introduites dans le milieu pendant un certain temps. A la fin de l'expérience, les proies restantes sont comptées et le service de régulation est déduit de la différence de proies entre le début et la fin de l'expérience. Cette méthode présente cependant plusieurs limites : les interactions proies-prédateurs sont biaisées par le collage de proies mortes, le positionnement et la densité des proies est peu réaliste par rapport à leur localisation en milieu naturel (Mesmin, 2018; Therond et al., 2017). De plus, les organismes responsables de la disparition des proies ne sont pas connus. De ce fait, l'interprétation des résultats demeure délicate et il est difficile d'établir un référentiel permettant la comparaison entre études.

Les méthodes d'exclusion consistent à comparer des modalités expérimentales dans lesquelles les ennemis naturels sont retirés et un témoin en condition naturelle (Ricard et al., 2012). L'exclusion peut

être obtenue par des méthodes physiques (cages, filets à différentes tailles de mailles) (Mesmin, 2018). Leur réalisation se heurte à des contraintes pratiques parfois difficiles notamment pour s'assurer de l'absence d'emprisonnement ou de l'imperméabilité de l'enceinte au(x) prédateur(s) exclus.

Les mesures de dégâts et de rendements présentent l'avantage de mesurer le niveau effectif du service de régulation, directement relié à l'avantage fourni aux producteurs. Cependant, le principal inconvénient de cette méthode est qu'elle intègre d'autres effets comme les pratiques culturales ou des stress reliés aux conditions pédoclimatiques. De plus, une autre contrainte est la nécessité de travailler dans des vergers non traités.

Lorsque l'on souhaite évaluer la régulation naturelle, il est important de combiner plusieurs méthodes (e.g. un suivi de populations de ravageurs et d'auxiliaires avec des cartes de prédation) (Sylvaine Simon (INRA), communication personnelle). De plus, afin de vérifier que les niveaux de régulation sont acceptables, la mesure des dégâts sur les fruits semble essentielle d'un point de vue agronomique.

1.1.4 Les principaux ravageurs des cultures fruitières : cycle de développement, dégâts et ennemis naturels présents en vergers

1.1.4.1 Les principaux ravageurs des espèces fruitières

Les principaux ravageurs des vergers sont les tordeuses (dont le carpocapse des pommiers), les pucerons (puceron cendré, puceron vert, puceron lanigère) affaiblissant les pousses et pouvant transmettre des virus, et les mouches des fruits qui blessent les fruits, favorisant l'entrée de champignons (Blocaille et al., 2017). Les ravageurs et leurs ennemis naturels sont recensés dans la base ABBA (Auxiliaires, BioAgresseurs, Accidents physiologiques et climatiques) mise en place sur le portail EcophytoPIC (EcophytoPIC, 2018).

L'annexe 15 présente les principaux ravageurs des cultures fruitières, le type de dégât occasionné et les ennemis naturellement présents en verger. Ce tableau a été construit sur la base de l'ouvrage « Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière » rédigé par une équipe du CTIFL (Ricard et al., 2012).

En verger, de nombreuses études ont montré la grande diversité des ennemis naturels régulant les bioagresseurs : mammifères, oiseaux, araignées, acariens prédateurs, hyménoptères parasitoïdes etc. (Ricard et al., 2012).

1.1.4.2 Localisation des principales familles d'auxiliaires en verger

Pendant 3 ans, la diversité et l'abondance relative de la communauté des auxiliaires ont été observées sur 3 vergers de pommiers à l'INRA de Gotheron (Simon et al., 2007).

Les abondances relatives des auxiliaires identifiés sont présentées dans le Tableau 52. La composition des communautés d'auxiliaires diffère selon leurs localisations. Dans la strate arborée, **les hyménoptères parasitoïdes (principalement *Chalcidoidea Pteromalidae*), les punaises prédatrices (Anthocoridae), les neuroptères et les coléoptères (Coccinalidae) représentent 75% des auxiliaires** présents dans cette strate. **Dans la strate herbacée, les hyménoptères parasitoïdes (Braconidae, Scelionidae et Encyrtidae), les thrips prédateurs et les acariens prédateurs (Anystidae) représentent près de 80% des auxiliaires présents**. Les **hyménoptères prédateurs sont l'ordre d'insectes le plus présent relativement en vergers de pommiers** (38% dans la strate arborée et 58% dans la strate herbacée).

Tableau 52 Diversité et abondance relative des communautés d'auxiliaires observés sur 3 vergers de pommiers pendant 3 ans (INRA de Gotheron). Source : Simon et al. (2007)

Localisation	Auxiliaires identifiés	Abondance relative en verger de pommiers
Strate arborée	Hyménoptères parasitoïdes	38%
	Punaises prédatrices	15%
	Neuroptères	11%
	Coléoptères	10%
	Araignées	9%
	Forficules	8%

	Diptères prédateurs	**6%**
	Acariens prédateurs	**2%**
	Thrips prédateurs	**1%**
Strate herbacée	**Hyménoptères parasitoïdes**	**58%**
	Thrips prédateurs	**13%**
	Acariens prédateurs	**8%**

	Araignées	**8%**
	Punaises prédatrices	**5%**
	Neuroptères	**3%**

1.1.4.3 Des exemples de cycles biologiques de grands ravageurs des espèces fruitières et de régulation par les ennemis naturels aux différents stades de développement

Les Figures 45, 47 et 48 présentent la diversité des ennemis naturels régulant les 3 principaux ravageurs des fruits tout le long de leurs cycles de développement : le carpocapse (Figure 45), un puceron holocyclique (Figure 47) et une mouche des fruits (Figure 48).

1.1.4.3.1 Le carpocapse de la pomme, de la poire et de la noix

Le carpocapse de la pomme, de la poire et de la noix est une tordeuse qui s'attaque aux fruits en cours de saison. C'est un ravageur de première importance de par l'ampleur des dégâts causés, qui peuvent aller de 50% à 90% de la récolte sans pratiques de protection (ACTA, 2016; Chambre d'Agriculture du Nord-Pas-de-Calais, 2015; Demestihas, 2017). Le cycle du carpocapse est représenté par la Figure 45. A la fin du printemps, les adultes émergent et se reproduisent. Les femelles pondent sur les feuilles, les tiges ou l'œil des fleurs fécondées. Les œufs éclosent à la fin du mois de mai et les larves commencent à pénétrer les fruits après quelques jours. Les chenilles creusent des galeries en spirale à l'intérieur du fruit pour atteindre les pépins qu'elles consomment. Les fruits attaqués présentent des traces de piqûre qui les rendent impropres à la commercialisation. Ils finissent pas tomber naturellement (Figure 44). Les larves sortent des fruits au bout d'un mois et cherchent un abri (sol ou tronc) pour tisser un cocon. Chaque année, de 1 à 4 générations de carpocapse peuvent se développer en verger (Ricard et al., 2012).

Figure 1 Symptômes causés par l'attaque du carpocapse sur la pomme. Sur la figure de gauche, les points d'entrée des chenilles sont visibles de l'extérieur de la pomme. La figure de droite présente une mine de chenille atteignant le centre du fruit. Source : ephytia.inra.fr

Les carpocapses peuvent être régulés par une grande diversité d'auxiliaires tout au long de leur cycle (Figure 45). Parmi les ennemis naturels des carpocapses, peu sont des spécialistes (Ricard et al., 2012). Les vertébrés régulent essentiellement le stade adulte du carpocapse (e.g. les chauves-souris). Les œufs de carpocapse peuvent être consommés par les punaises, les araignées et parasités par certains parasitoïdes. A la fin de l'été, les prédateurs généralistes du sol s'attaquent assez fortement aux larves diapausantes (Figure 45). Les oiseaux peuvent également contribuer à leur régulation à cette période (Ricard et al., 2012).

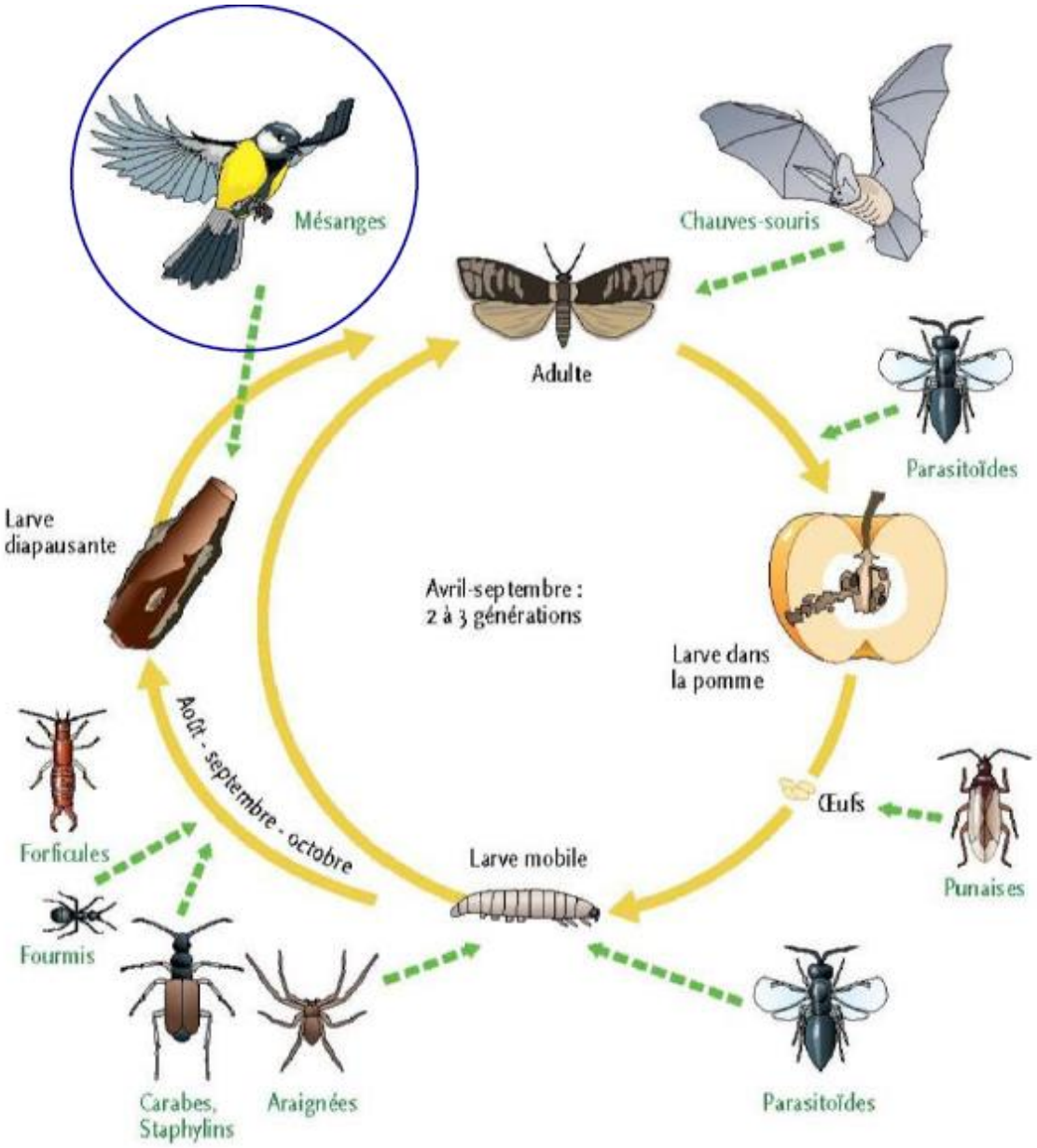


Figure 2 Cycle du carpocapse et régulation naturelle par les auxiliaires tout le long de ce cycle. Dessin par Michel Jay. Source : Ricard et al. (2012)

La Figure 46 présente la proportion de prédateurs présents en vergers de pommiers ayant consommé des œufs de carpocapses (Franck, 2018). Cette figure illustre la variabilité des prédateurs de carpocapses au printemps : punaises, chrysopes, forficules, araignées, coccinelles… Pour le carpocapse, le stade œuf est plus ciblé pour éviter des dommages causés aux fruits : le parasitisme et la prédation des œufs peuvent contribuer au contrôle biologique (Monteiro et al., 2013). Parmi les prédateurs, les forficules sont particulièrement efficaces dans les habitats peu perturbés.

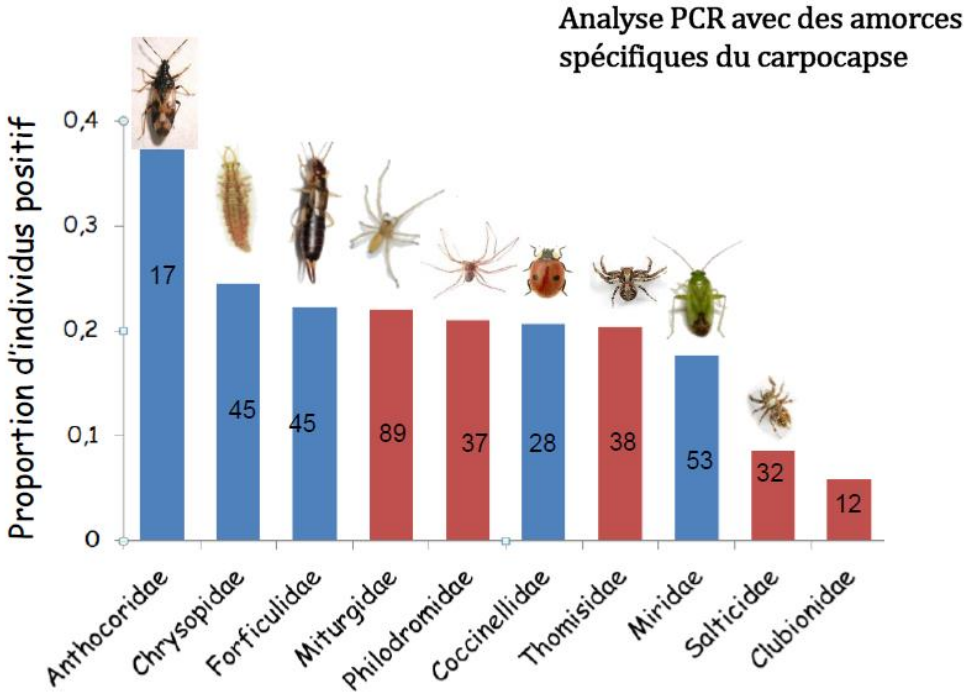


Figure 3 Proportion de prédateurs présents en vergers de pommiers ayant consommé des œufs de carpocapse. Source : Franck et al. (2018)

1.1.4.3.2 L'exemple des pucerons holocycliques (e.g. le puceron cendré Dysaphis plantaginea)

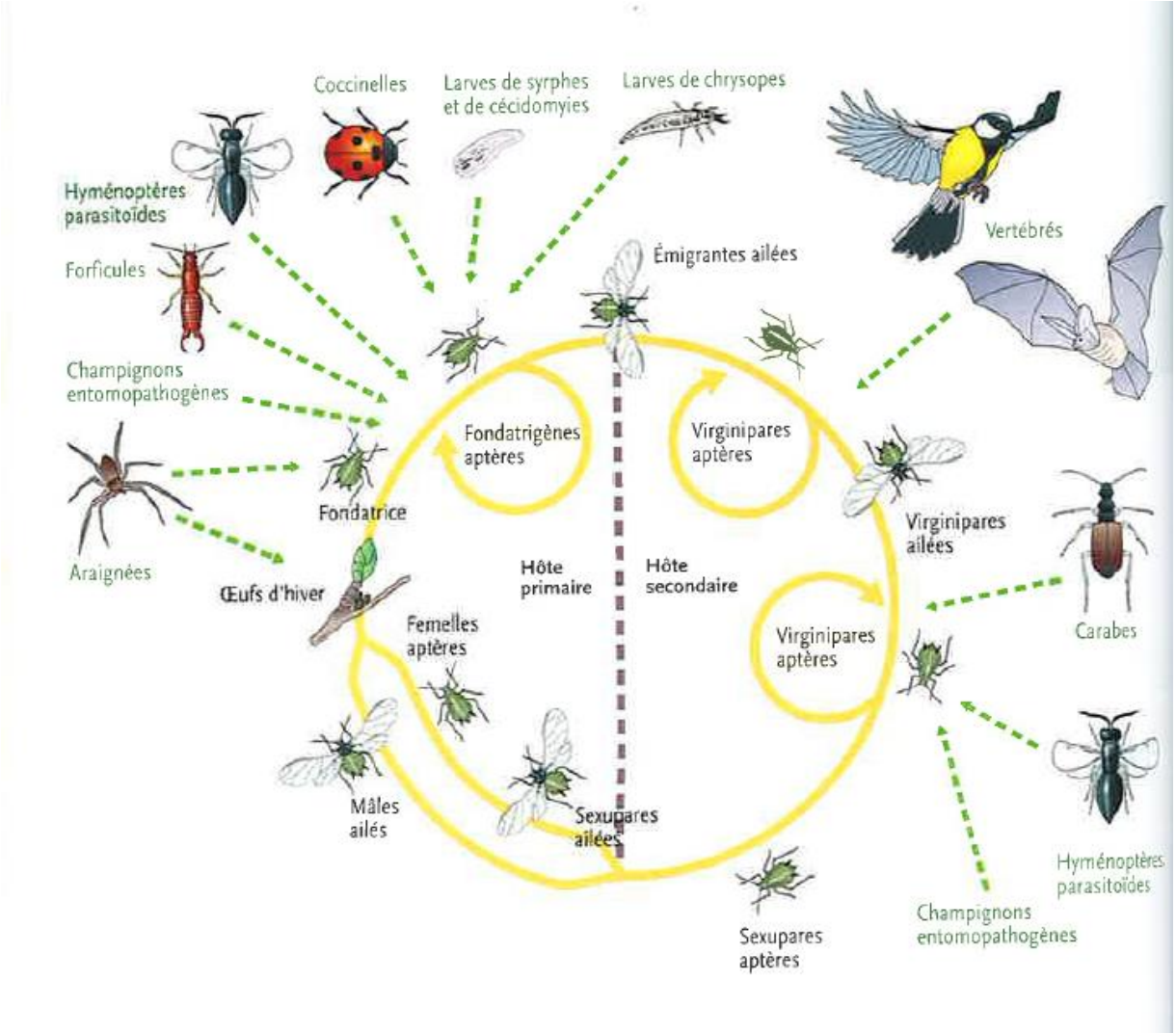


Figure 4 Cycle biologique d'un puceron holocycle dioecique et action possible des auxiliaires. Dessin par Michel Jay. Source : Ricard et al. (2012)

En arboriculture fruitière, plusieurs dizaines d'espèces de pucerons sont nuisibles (Ricard et al., 2012). Les pucerons se nourrissent de sève qu'ils prélèvent en transperçant les parois végétales à l'aide de leurs stylets. L'hôte est affaibli par ce prélèvement de grande quantité et peut réagir à la salive des pucerons sécrétée (malformation des organes). Plus indirectement, le miellat sécrété par les pucerons peut entraîner le développement de fumagine, moisissure empêchant la photosynthèse des feuilles. Enfin, certains pucerons comme le puceron jaune du fraisier peuvent transmettre des virus (e.g. jaunisse du fraisier).

La majorité des pucerons ravageurs des espèces fruitières sont des espèces holocycliques dioéciques (e.g. le puceron cendré *Dysaphis plantaginea*) qui effectuent une reproduction sexuée sur un hôte primaire (e.g. le pommier) et une reproduction parthénogénétique sur un hôte secondaire (e.g. le plantain) (Figure 47). Les pucerons émergent au printemps et les fondatrices engendrent des pucerons non ailés par parthénogénèse. A la fin du printemps, des individus ailés apparaissent et assurent la migration vers leurs hôtes secondaires. A la fin de l'été, des mâles ailés apparaissent et migrent vers leurs hôtes primaires pour féconder les femelles. Les femelles pondent les œufs dans les arbres qui y passeront l'hiver avant d'éclore.

Les pucerons constituent des populations abondantes, pouvant représenter près de 97% du nombre total d'individus d'arthropodes présents dans des vergers de pommiers (Mathews et al., 2002).

Une grande diversité d'auxiliaires peut consommer les pucerons à différents stades de développement. Les arthropodes prédateurs consomment tous les stades (œufs, larves, adultes) sur leurs hôtes primaires et leurs hôtes secondaires. Les arthropodes du sol (carabes, araignées) peuvent se nourrir des pucerons lorsqu'ils sont au sol sur leurs hôtes secondaires. Les parasitoïdes et les champignons entomopathogènes s'attaquent aux individus non ailés quand ils sont sur leurs hôtes secondaires. Les vertébrés (oiseaux insectivores et chauves-souris) peuvent également consommer ces individus. Tous ces auxiliaires sont **capables de bien réguler certaines espèces de pucerons** : **les œufs d'hiver sont par exemple consommés et parasités à 90% en moyenne** (Ricard et al., 2012). Cette régulation peut être cependant jugée insuffisante d'un point de vue économique, selon le niveau de dégâts toléré par le producteur.

1.1.4.3.3 Les mouches des fruits

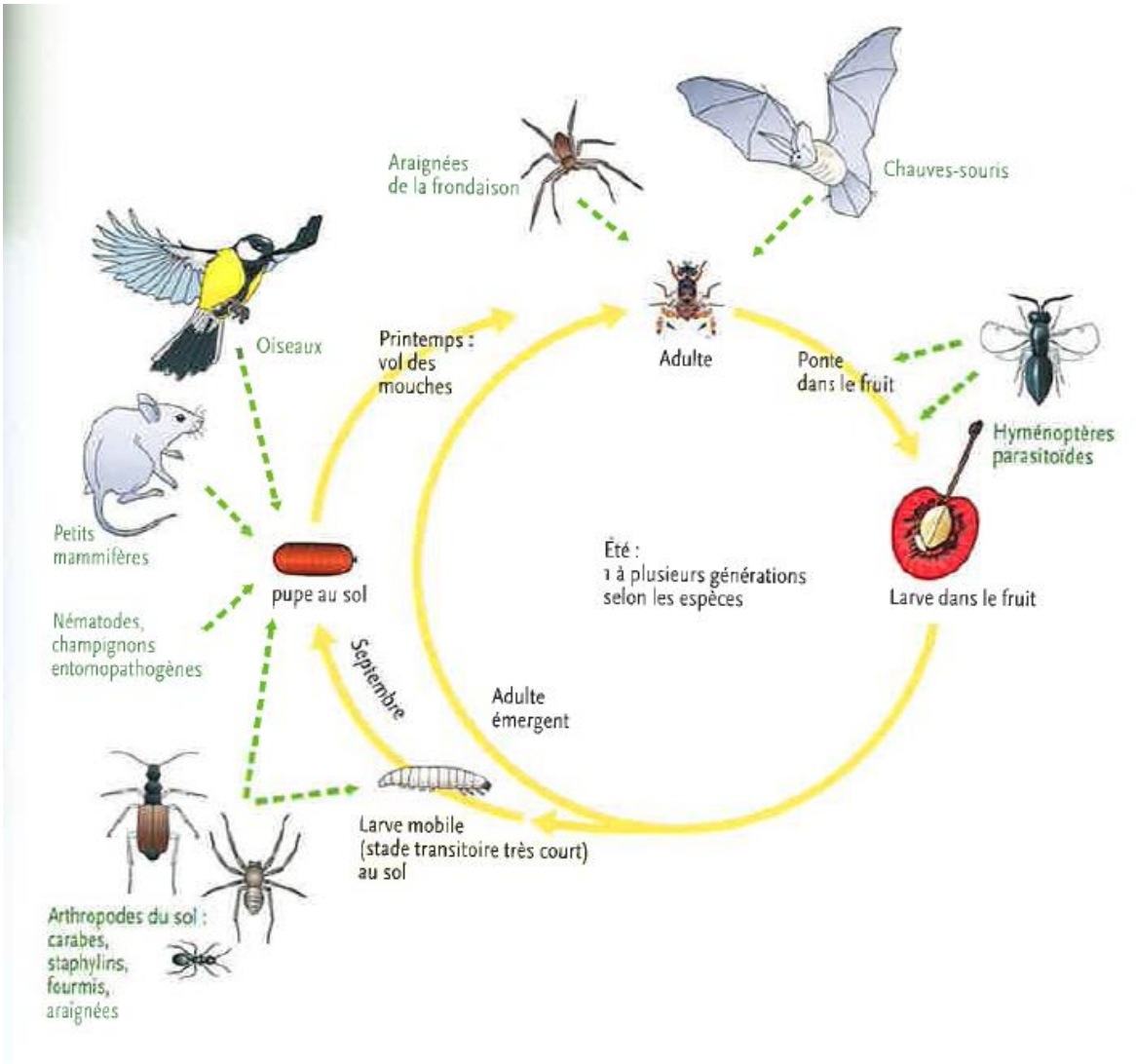


Figure 5 Cycle général d'une « mouche des fruits » et action possible des auxiliaires. Dessin par Michel Jay. Source : Ricard et al. (2012)

Le stade larvaire des mouches des fruits créé les principaux dégâts sur les fruits. Certaines mouches sont spécifiques à certaines espèces fruitières (mouche de la cerise, de l'olive) où elles constituent des

ravageurs de première importance. D'autres mouches sont généralistes comme la mouche méditerranéenne présente sur agrumes, pomme, pêche, abricot, prune….

Le principal dégât lié aux mouches est la présence d'asticots dans les fruits. Les fruits sont mâtures plus rapidement et peuvent chuter avant la récolte. Le brunissement et la pourriture sont favorisés.

Les mouches émergent au printemps et s'accouplent rapidement. Les femelles pondent leurs œufs dans les fruits, au sein desquels les larves se développent. Les larves peuvent faire leur nymphose dans le fruit lui-même ou au sol où elles passent l'hiver.

Les mouches peuvent être régulées par une grande variabilité d'ennemis naturels (Figure 48). Du printemps jusqu'au début de l'automne, les adultes peuvent être parasités par des hyménoptères. En hiver, les pupes au sol peuvent être attaquées par plusieurs espèces de prédateurs généralistes (carabes, staphylins, araignées et fourmis). Les pupes peuvent également être consommées par des petits mammifères et des oiseaux (jusqu'à 70% de mortalité des pupes sur les mouches de l'olive (Ricard et al., 2012)).

La prolifération d'espèces invasives comme *Drosophila suzukii*, ravageur d'origine japonaise qui s'attaque à une vaste gamme de fruits (petits fruits, pêches, abricots…) montre bien l'importance de la régulation naturellement présente en verger. En effet, cette espèce invasive a été introduite accidentellement en Europe sans son cortège de bioagresseurs naturels, qui la régule au Japon. Ainsi, les solutions de biocontrôle consistent à collecter des ennemis naturels efficaces dans le pays d'origine du ravageur et à les introduire à leur tour dans les vergers.

1.1.5 Quantification du niveau de régulation naturelle des ravageurs en verger : l'exemple du carpocapse de la pomme, de la poire et de la noix

La quantification du service de régulation de l'ensemble des ennemis naturels et sur l'ensemble des ravageurs n'est pas possible. Nous avons donc décidé de prendre un exemple de ravageur et de reporter les travaux scientifiques ayant visé à quantifier la régulation naturelle. Notre choix a porté sur le carpocapse de la pomme, un ravageur majeur des vergers de pommiers. Il est également présent en vergers de poiriers et de noyers (cultures ayant les plus grandes surfaces en France).

Le cycle du carpocapse ainsi que la régulation par divers ennemis naturels ont été détaillés dans le paragraphe 1.1.4.3.1. Ci-dessous, nous synthétisons les mesures de taux de régulation des carpocapses par ses principaux prédateurs.

- Les oiseaux insectivores

Figure 6 Mésange charbonnière. Source : luberon.fr

Les oiseaux sont les prédateurs principaux des carpocapses. Les passereaux sont considérés comme les meilleurs prédateurs oiseaux (taux de prédation compris entre 50 et 95%) dans les vergers non traités. En particulier, les mésanges charbonnières (Figure 49) peuvent réduire jusqu'à 50% des populations de carpocapse (Ricard et al., 2012). Une étude indique que sur 100 larves de carpocapses quittant les fruits, **47 sont consommées par les mésanges, 9 sont tuées par un champignons pathogène et moins d'une dizaine sont prises par les coléoptères prédateurs** (Glen and Milsom, 1978). Le Tableau 53 présente quelques études qui quantifient les taux de prédation d'oiseaux dans les vergers selon la revue de Molls&Visser (2002). **La prédation des carpocapses par les oiseaux peut varier de 15% à 84% (mesures issues de la bibliographie utilisant la méthode des cartes de prédation). Les dégâts peuvent être réduits de 6% de fruits touchés à 3%, ce qui correspond à une augmentation du rendement des arbres fruitiers de 4,7 kg/arbre à 7,8 kg/arbre** (Mols and Visser, 2002; Ricard et al., 2012).

Tableau 1 Quelques exemples d'études qui quantifient les taux de prédation d'oiseaux dans des vergers. Source : Mols&Visser (2002)

T

Harmful insect	Bird species	Measured effect	Authors
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Two species of woodpeckers *Dendrocopos* spp.	– Removal of more than 50% of overwintering codling moth larvae	MacLellan (1958)
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Great tits *Parus major*, blue tits *Parus caeruleus*, tree-creepers *Certhia familiaris*, woodpeckers *Dendrocopos* spp. and nut-hatches *Sitta europea*	– Removal of 94·9% of overwintering codling moth larvae – The more larvae the greater the proportional reduction	Solomon *et al.* (1976)
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Great tits *Parus major* and blue tits *Parus caeruleus*	– Removal of 47% of the initial number of overwintering codling moth larvae – Birds annually reduce the population to very low levels	Glen & Milsom (1978)
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Mainly blue tits *Parus caeruleus* and some great tits *Parus major*	– Removal of 95% of the initial density of overwintering codling moth larvae – The more larvae the greater the proportional reduction, but at a declining rate	Solomon & Glen (1979)
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Silvereyes *Zosterops lateralis*	– The more larvae, the higher the consumption rates	Wearing & McCarthy (1992)
Codling moth *Cydia pomonella* in apple orchards	Mainly great tits *Parus major*	– Removal of 46–99% of overwintering codling moth larvae – The more larvae the greater the proportional reduction	Zajac (1979)
Pear psyllas *Cacopsylla* spp. in pear orchards	Oregon juncos *Junco hyemalis*	– Sizeable reduction but may be relatively insignificant due to the small segment of psylla population overwintering in orchard duff	Fye (1982)
European corn borer *Ostrinia nubilalis* in fields of maize	American crows *Corvus brachyrhynchos*	– Survival of overwintering larvae was *c.* 50% less on uncaged than on caged plants	Quiring & Timmins (1988)
Banded fruit weevil *Phlyctinus callosus* in apple orchards	Helmeted guineafowls *Numida meleagris*	– No reduction of weevil numbers by guineafowl	Witt, Little & Crowe (1995)

- Les chauves-souris

37 espèces de chauves-souris sont présentes en France et la grande majorité de ces espèces sont forestières. Toutes les espèces sont protégées. Des travaux ont été menés sur leur présence en verger et leur rôle de prédateur de ravageurs de certaines espèces fruitières. 19 espèces ont été enregistrées dans le Gard soit près de la moitié de la diversité française. Cependant, 1 à 3 espèces composent l'essentiel des effectifs à savoir les pipistrelles communes, de Khul et pygmées. Ces chauves-souris ont la particularité de chasser le long des lisières, aux abords des vergers.

Les chauves-souris consomment principalement des diptères et des lépidoptères, très abondants en verger. Si certaines chauves-souris sont spécialistes, elles demeurent opportunistes et peuvent consommer une grande variété de familles d'insectes. 23 familles d'insectes ont été détectées et identifiées dans les crottes de la Pipistrelle commune et 137 espèces sont consommées par l'Oreillard gris. Une pipistrelle commune peut consommer plus de 3000 insectes par nuit avec un taux de capture maximal de 7 à 10 insectes par minute.

Les chauves-souris consomment notamment les carpocapses adultes (5 à 21% de crottes positives relevant la présence de carpocapse) (Boreau de Roincé, 2010; Ricard et al., 2012) mais elles peuvent consommer d'autres ravageurs comme la mouche de l'olive ou la tordeuse orientale du pêcher (**Tableau** 54).

Tableau 54 Pourcentage de crottes positives (contenant des ravageurs des vergers) de chauves-souris au cours de divers prélèvement par des chercheurs du CTIFL. Source : (Garcin et al., 2016)

Espèce fruitière	Lieu	Mois année	Crottes analysées (n :1449)	Pourcentage de crottes positives		
				Mouche de l'olive (*Bactrocera oleae*)	Carpocapse de la pomme (*Cydia pomonella*)	Tordeuse orientale du pêcher (*Grapholita molesta*)
Olivier	Bellegarde (Gard)	Septembre 2005	12	33%		
Olivier	Bellegarde (Gard)	Octobre 2005	12	17%		
Pommier	Avignon (Vaucluse)	Mai-Octobre 2009	86		7%	15 à 21%
Pommier	Avignon (Vaucluse)	Mai-Juin 2013	93		5 à 14%	
Pommier	Avignon (Vaucluse) Bellegarde (Gard)	Avril-Juin 2014	87		15 à 21%	12 à 14%
Pommier	Bellegarde (Gard)	Avril-Juin 2014	500			2 à 18%
Pommier	Bellegarde, Beaucaire, St Gilles, Garons (Gard)	Juin 2016	507		2 à 10%	1%
Pommier	Volx (Hautes Alpes)		48		12,5%	2%

- Araignées

En verger plus que dans d'autres cultures, les araignées sont des prédateurs particulièrement présents : jusqu'à 77 espèces peuvent être retrouvées selon les situations géographiques (Ricard et al., 2012). Ces prédateurs ont la particularité d'être toujours actifs en période hivernale. Certaines espèces d'araignées vivent dans la strate arborée et d'autres dans la strate herbacée avec une répartition globale des espèces à 50/50. Pour le carpocapse, **la famille des Clubinidae** (Figure 50) **a permis une réduction des dégâts de plusieurs tordeuses dont le carpocapse de l'ordre de 25%**.

Figure 7 Araignées appartenant à la famille des clubionidae. Source : Wikipedia.fr

- Les carabes

L'abondance et la diversité des carabes ont été déterminées dans une large gamme de vergers par piégeage par pots Barber (pose pendant 5 à 7 jours sur 3 à 9 parcelles) (Garcin et al., 2016). 150 espèces de carabes ont été identifiées sur l'ensemble des échantillonnages de l'étude. Les carabes sont les arthropodes du sol les plus abondants dans les vergers avec les araignées et les staphylins (Garcin et al. 2016). Plus de 1000 espèces ont été identifiées en France. Les carabes sont prédateurs à l'état larvaire ainsi qu'à l'état adulte. Les adultes ont cependant un régime alimentaire moins carnivore que les larves. Les carabes, du fait de leur place centrale dans la chaîne alimentaire, contribuent à la préservation d'autres espèces qui les consomment (oiseaux, petits mammifères). **Des méthodes d'exclusion ont montré que les carabes pouvaient réguler les larves diapausantes de carpocapse avec des taux allant de 1 à 9%** (Ricard et al., 2011).

- Les parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des organismes dont les larves se développent dans ou à proximité d'un autre organisme hôte, qui s'en nourrissent et qui finissent par le tuer. Si les hyménoptères parasitoïdes sont parmi les premiers auxiliaires présents en verger, de faibles taux de parasitisme ont été observés dans des vergers de pommiers du Sud Est de la France. Sur 79 vergers étudiés, seulement 15 à 20% comptaient la présence de parasitisme (Ricard et al., 2012). **De 2 à 6% des œufs de carpocapses étaient parasités en vergers de pommiers** (2% en verger conventionnel et 6% en verger biologique) (Ricard et al., 2012).

Le Tableau 55 présente des exemples de mesures de taux de prédation effectuées sur la base de différentes méthodes pour plusieurs prédateurs du carpocapse.

Tableau 55 Quelques exemples de quantification des taux de régulations des carpocapses en vergers via diverses méthodes.

Méthodes d'étude	Prédateurs présumés	Taux de prédation	Référence
Carte de prédation	Forficules et autres arthropodes du sol	12,4% de taux de régulation en juin et 48,3% en août	(Monteiro et al., 2013)
Suivi de ravageurs parasités (PCR)	Parasitoïdes	1% en verger conventionnel 4% en verger en agriculture biologique 31% en verger non traité	(Ricard et al., 2012)
Suivi des populations de ravageurs consommés (crottes positives)	Chauves-souris	5 à 21% de crottes positives (avec présence de carpocapse)	(Boreau de Roincé, 2010; Ricard et al., 2012)
Suivi des populations de ravageurs consommés (PCR)	Parasitoïdes primaires (Braconidae et Ichneumonidae)	6% de parasitisme en agriculture biologique 2% de parasitisme en agriculture conventionnelle	(Maalouly et al., 2013)
Suivi de ravageurs consommés (PCR)	Arthropodes du sol	6% d'arthropodes positifs	(Boreau de Roincé, 2010)
Suivi de ravageurs consommés (PCR)	Araignées, carabes	9% d'araignées et de carabes positifs	(Boreau De Roincé, 2012)
Exclusion	Carabidae (C. *fuscipes*+*P. rufipes*)	1 à 9% de taux de régulation	(Ricard et al., 2011)
Exclusion	Oiseaux	15%-84% de taux de régulation	(Ricard et al., 2012)
Taux de prédation en laboratoire	Carabidae, Staphylinidae	Jusqu'à 5 proies consommées /24h	(Garcin et al., 2008; Garcin and Mouton, 2006)

1.1.6 Les impacts des pratiques et de la composition du paysage sur les taux de régulation des ennemis naturels des carpocapses

Le Tableau 56 synthétise quelques exemples d'impacts de pratiques sur les taux de régulation des ennemis naturels des carpocapses. Les études montrant l'influence des pratiques sur l'abondance et la diversité des prédateurs ne sont pas prises en compte.

Le taux de régulation est impacté par des pratiques locales, au sein des parcelles, et par la composition du paysage dans lequel se trouve la parcelle (Franck, 2018).

Ainsi, des études ont montré que les taux de régulations des arthropodes du sol sont significativement plus faibles en vergers entourés de vergers conventionnels (Maalouly et al., 2013; Monteiro et al., 2013) qu'en vergers entourés de vergers en agriculture biologique. Les niveaux de régulation des parasitoïdes sont fréquemment plus faibles en vergers conventionnels qu'en vergers biologiques

(Maalouly et al., 2013; Monteiro et al., 2013; Ricard et al., 2012). Les plus forts taux de régulation sont trouvés dans des vergers non traités (Ricard et al., 2012).

Tableau 56 Impacts des pratiques sur le niveau de régulation biologique des carpocapses en verger

Prédateurs présumés	Effet des pratiques locales	Effet de la composition du paysage	Référence
Forficules et autres arthropodes du sol	Conventionnel -	Vergers environnants en conventionnel -	(Monteiro et al., 2013)
Parasitoïdes primaires (Braconidae et Ichneumonidae)	Agriculture biologique +	Vergers environnants en conventionnel -	(Maalouly et al., 2013)
Parasitoïdes	Conventionnel – Agriculture biologique + Absence de traitement ++		(Ricard et al., 2012)

1.1.7 Les impacts des pratiques phytosanitaires visant à réguler le carpocapse en vergers sur les auxiliaires et autres ravageurs

Si les pratiques phytosanitaires ciblent en priorité les ravageurs de culture et permettent leurs régulations, elles peuvent également impacter les ennemis naturels de leurs cibles. Simon et al. (2007) ont dénombré les ravageurs, les arthropodes ravageurs et les arthropodes auxiliaires pendant 3 ans au sein de vergers de pommiers qui divergeaient selon leurs modes de protection : chimique, à base de confusion sexuelle ou en agriculture biologique. La diversité spécifique de la faune était également reportée. Ces résultats sont résumés dans le Tableau 57. Dans les vergers sous protection chimique, l'abondance des ravageurs était significativement plus faible que dans les autres vergers, mais les abondances d'arthropodes auxiliaires y étaient également plus faibles.

Tableau 57 Impact des pratiques phytosanitaires visant à réguler les carpocapses en verger de pomme sur les autres arthropodes (ravageurs et auxiliaires). Résultats d'un recensement de ravageurs, d'arthropodes non ravageurs et d'auxiliaires sur 3 ans en vergers de pommiers. Source : Simon et al. (2007)

Protection	Abondance (nombre d'individus)			Richesse spécifique	
	Ravageurs	Arthropodes non ravageurs	Arthropodes auxiliaires	Arthropodes non ravageurs	Arthropodes auxiliaires
Chimique	4 932	643	238	73	38
Confusion sexuelle	5758	714	264	66	35
Biologique	19 012	843	348	59	34

La diversité des arthropodes non ravageurs et auxiliaires n'était pas affectée dans cette étude par le mode de protection. En effet, certaines études démontrent que la diversité des arthropodes est plus affectée par le contexte régional (composition du paysage, hétérogénéité, structure) que par les pratiques culturales (Bengtsson et al., 2005; Brown, 1993; Liss et al., 1986; Whalon and Croft, 1986).

Annexe 15

Les principaux ravageurs des cultures fruitières, les dégâts occasionnés et les prédateurs naturels présents en vergers. Source principale : Ricard et al. (2012)

Espèces fruitières	Exemples de ravageurs principaux	Dégâts	Quantification des dégâts occasionnés (% de pertes de rendement)	Ennemis naturels
Pommier	Carpocapse (*Cydia pomonella*)	Pénétration de la larve dans le fruit, consommation des pépins ce qui provoque la chute du fruit	50-90% (ACTA, 2016; Chambre d'Agriculture du Nord-Pas-de-Calais, 2015; Demestihas, 2017)	Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
	Puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*)	Piqûre des jeunes pousses, déformation des feuilles et développement de fumagine liée à la production de miellat	30% (Demestihas, 2017)	Oiseaux, chauves-souris, carabes, hyménoptères parasitoïdes, champignons entomopathogènes, araignées, forficules, coccinelles, larves de syrphes, de cécidomyies et de chrysopes Cf **Figure 47**
Poirier	Psylle du poirier (*Psylla pyri*)	Prélèvement de sève en forte dose et apparition de fumagine → diminution de la récolte et épuisement progressif de la vigueur de l'arbre		Punaises Anthocodidae, forficules, punaises miridae, hyménoptères parasitoïdes, syrphes, chrysopes et hémérobes
	Carpocapse (*Cydia pomonella*)	Pénétration de la larve dans le fruit, consommation des pépins ce qui provoque la chute du fruit		Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
Noyer	Carpocapse (*Cydia pomonella*)	Pénétration de la larve à travers le brou jusqu' l'amande, consommation des pépins ce qui provoque la chute du fruit	30% (Syngenta, 2019a)	Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**

Pêchers et nectariniers	Tordeuse orientale (*Cydia molesta*)	Attaque des pousses et des fruits par les larves		Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
	Thrips (*Frankliniella occidentalis*)	Piqûre d'organes floraux → coulures des fruits et production de fruits atrophiés		Acariens prédateurs, punaises prédatrices, nématodes parasitoïdes
Cerisier	Mouche de la cerise (*Drosophila suzukii)*	Ponte d'œufs dans les fruits et galeries creusées dans la chair du fruit par les larves		Oiseaux, chauves-souris, araignées de la frondaison, hyménoptères parasitoïdes, carabes, staphylins, fourmis, araignées du sol, nématodes, champignons entomopathogènes, petits mammifères Cf Figure 48
Prunier	Carpocapse des prunes (*Grapholita fune brana*)	Pénétration de la larve à travers le brou jusqu' l'amande, consommation des pépins ce qui provoque la chute du fruit		Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
	Puceron vert du prunier (*Brachycaudus helichrysi*)	Piqûre des jeunes pousses, déformation des feuilles et développement de fumagine reliée à la production de miellat		Oiseaux, chauves-souris, carabes, hyménoptères parasitoïdes, champignons entomopathogènes, araignées, forficules, coccinelles, larves de syrphes, de cécidomyies et de chrysopes Cf **Figure 47**
Oliver	Mouche de l'olive (*Bactrocera (Dacus) oleae*)	Ponte d'œufs dans les olives et consommation du fruit par les larves	100% (BASF, 2018)	Oiseaux, chauves-souris, araignées de la frondaison, hyménoptères parasitoïdes, carabes, staphylins, fourmis, araignées du sol, nématodes, champignons

				entomopathogènes, petits mammifères Cf Figure 48
Abricotier	Tordeuse orientale (*Cydia molesta*)	Attaque des pousses et des fruits par les larves		Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
	Thrips (*Frankliniella occidentalis*)	Piqûre d'organes floraux → coulures des fruits et production de fruits atrophiés		Acariens prédateurs, punaises prédatrices, nématode parasitoïdes
Amandier	Guêpe de l'amande (*Eurytoma amygdali*)	Ponte d'œufs dans les amandes et consommation de l'amandon par les larves	80% (SudArbo, 2017)	Oiseaux, araignées
Noisetier	Balanin des noisettes (*Balaninus nucum*)	Piqûre des jeunes noisettes	50% (Syngenta, 2019b)	Oiseaux, carabes
	Acarien des bourgeons (*Phytoptus avellanae*)	Piqûre des jeunes pousses	20% (Syngenta, 2019c)	Acariens prédateurs, coccinelles, staphylins…
Châtaignier	Xylébore disparate (*Xyleborus dispar*)	Ponte et développement des larves dans le bois		Cléridés, coléoptères
	Carpocapse des châtaignes (*Cydia splendana*)	Pénétration des larves dans les bogues de châtaignes et peut provoquer la chute des fruits	50% (Verpont et al., 2012)	Mésanges charbonnières, chauves-souris, parasitoïdes, punaises, araignées, carabes, staphylins, fourmis, forficules Cf **Figure 45**
Fraise	Thrips californien (*Frankliniella occidentalis*)	Piqûre d'organes floraux → coulures des fruits et production de fruits atrophiés		Acariens prédateurs, punaises prédatrices, nématode parasitoïdes
	Puceron jaune du fraisier (*Chaetosiphon fragaefolii*)	Piqûre des jeunes pousses, déformation des feuilles et développement de fumagine liée à la production de		Oiseaux, chauves-souris, carabes, hyménoptères parasitoïdes, champignons entomopathogènes, araignées, forficules, coccinelles, larves de

		miellat. Possible transmission de virus		syrphes, de cécidomyies et de chrysopes Cf **Figure 47**
Kiwi	Cochenille blanche du mûrier (*Pseudaulacaspis pentagona*)	Piqûre provoquant un affaiblissement général de la plante par prélèvement de sève. Possible transmission de virus		Coccinelles, hyménoptères parasitoïdes
	Cicadelle pruineuse (*Metcalfa pruinosa*)	Piqûres provoquant un affaiblissement général de la plante par prélèvement de sève et développement de fumagine reliée à la production de miellat. Possible transmission de virus		Guêpe parasitoïde, punaises, araignées, fourmis, chrysopes
Framboisier	Ver des framboises (*Byturus tomentosus*)	Galeries creusées dans les framboises par les larves		Oiseaux, chauves-souris, araignées de la frondaison, hyménoptères parasitoïdes, carabes, staphylins, fourmis, araignées du sol, nématodes, champignons entomopathogènes, petits mammifères
	Puceron vert du framboisier (*Aphis idaei*)	Piqûre des jeunes pousses, déformation des feuilles et développement de fumagine reliée à la production de miellat. Possible transmission de virus (plus de 50 différents)		Oiseaux, chauves-souris, carabes, hyménoptères parasitoïdes, champignons entomopathogènes, araignées, forficules, coccinelles, larves de syrphes, de cécidomyies et de chrysopes Cf **Figure 47**
Cassisier	Pou de San-José (*Diaspidiotus perniciosus*)	Piqûre provoquant un affaiblissement général de la plante par prélèvement de sève		Oiseaux, chauves-souris, carabes, hyménoptères parasitoïdes, champignons entomopathogènes, araignées, champignons entomopathogènes, forficules, hyménoptères parasitoïdes,

				coccinelles, larves de syrphes, de cécidomyies et de chrysopes
	Cochenille blanche du mûrier (*Pseudaulacaspis pentagona*)	Piqûre provoquant un affaiblissement général de la plante par prélèvement de sève		Coccinelles, hyménoptères parasitoïdes

Bibliographie

Albert, Laurence, Pierre Franck, Yann Gilles, and Manuel Plantegenest. 2017. “Impact of Agroecological Infrastructures on the Dynamics of Dysaphis Plantaginea (Hemiptera: Aphididae) and Its Natural Enemies in Apple Orchards in Northwestern France.” Environmental Entomology 46 (3): 528–37. https://doi.org/10.1093/ee/nvx054.

BASF. 2018. “La mouche de l’olive - Ravageurs des arbres fruitiers.” 2018. https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/arboriculture/ravageurs_des_arbres_fruitiers/mouche_de_l_olive.html.

Benayas, José M. Rey, Jorge Meltzer, Daniel de las Heras-Bravo, and Luis Cayuela. 2017. “Potential of Pest Regulation by Insectivorous Birds in Mediterranean Woody Crops.” PLOS ONE 12 (9): e0180702. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180702.

Bengtsson, Janne, Johan Ahnström, and Ann-Christin Weibull. 2005. “The Effects of Organic Agriculture on Biodiversity and Abundance: A Meta-Analysis.” Journal of Applied Ecology 42 (2): 261–69. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x.

Billeter, R., J. Liira, D. Bailey, R. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, S. Aviron, et al. 2008. “Indicators for Biodiversity in Agricultural Landscapes: A Pan-European Study.” Journal of Applied Ecology 45 (1): 141–50. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x.

Brown, M. W. 1993. “Resilience of the Natural Arthropod Community on Apple to External Disturbance.” Ecological Entomology 18 (3): 169–83. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1993.tb01087.x.

Brown, Mark W. 2012. “Role of Biodiversity in Integrated Fruit Production in Eastern North American Orchards.” Agricultural and Forest Entomology 14 (1): 89–99. https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00540.x.

Chaplin-Kramer, Rebecca, and Claire Kremen. 2012. “Pest Control Experiments Show Benefits of Complexity at Landscape and Local Scales.” Ecological Applications 22 (7): 1936–48. https://doi.org/10.1890/11-1844.1.

Colloff, Matthew J., Elizabeth A. Lindsay, and David C. Cook. 2013. “Natural Pest Control in Citrus as an Ecosystem Service: Integrating Ecology, Economics and Management at the Farm Scale.” Biological Control 67 (2): 170–77. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.07.017.

CROSS “Arthropod Ecosystem Services in Apple Orchards and Their Economic Benefits - CROSS - 2015 - Ecological Entomology - Wiley Online Library.” n.d. Accessed November 15, 2018. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.12234.

Cross, J. V., M. G. Solomon, D. Chandler, P. Jarrett, P. N. Richardson, D. Winstanley, H. Bathon, et al. 1999. “Biocontrol of Pests of Apples and Pears in Northern and Central Europe: 1. Microbial Agents and Nematodes.” Biocontrol Science and Technology 9 (2): 125–49. https://doi.org/10.1080/09583159929721.

Debras, Jean-François, Rachid Senoussi, René Rieux, Elise Buisson, and Thierry Dutoit. 2008. “Spatial Distribution of an Arthropod Community in a Pear Orchard (Southern France): Identification of a Hedge Effect.” Agriculture, Ecosystems & Environment 127 (3): 166–76. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.015.

Dib, Hazem, Benoît Sauphanor, and Yvan Capowiez. 2016. “Effect of Management Strategies on Arthropod Communities in the Colonies of Rosy Apple Aphid, Dysaphis Plantaginea Passerini (Hemiptera: Aphididae) in South-Eastern France.” Agriculture, Ecosystems & Environment 216 (January): 203–6. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.003.

Dib, Hazem. 2010. “Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, Dysaphis plantaginea Passerini (Hemiptera aphididae) en vergers de pommiers,” December. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00665080.

EcophytoPIC. 2018. “Index Base ABAA – Auxiliaires, BioAgresseurs, Accidents Physiologiques et Climatiques.” EcophytoPIC. July 16, 2018. http://www.ecophytopic.fr/tr/surveillance/base-abaa/base-abaa-%e2%80%93-auxiliaires-bioagresseurs-accidents-physiologiques-et.

Franck, Pierre. 2018. “Dynamique et Régulation Des Insectes Ravageurs En Vergers de Pommiers.” Paris.

Fredon Corse. 2018. “Le cynips du châtaignier.” 2018. http://fredoncorse.com/ravageurs/cynips-du-chataignier.html.

García, Daniel, Marcos Miñarro, and Rodrigo Martínez-Sastre. 2018. “Birds as Suppliers of Pest Control in Cider Apple Orchards: Avian Biodiversity Drivers and Insectivory Effect.” Agriculture, Ecosystems & Environment 254: 233–43. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.034.

Garcin, Alain, Muriel Millan, Jean-Michel Ricard, Laurie Castel, Bénédicte Maurouard, and IFPC Albert. 2016. “Les carabes, auxiliaires des cultures fruitières françaises: bilan de 15 ans d’études en verger.” Infos CTIFL, 2016.

Grove, G. G., K. C. Eastwell, A. L. Jones, and T. B. Sutton. 2003. “Diseases of Apple.” Apples: Botany, Production and Uses, 459–88. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073012724.

Jedlicka, Julie A, Russell Greenberg, and Deborah K Letourneau. 2011. “Avian Conservation Practices Strengthen Ecosystem Services in California Vineyards.” PLoS ONE 6 (11): 8.

Karp, Daniel S., Rebecca Chaplin-Kramer, Timothy D. Meehan, Emily A. Martin, Fabrice DeClerck, Heather Grab, Claudio Gratton, et al. 2018. “Crop Pests and Predators Exhibit Inconsistent Responses to Surrounding Landscape Composition.” Proceedings of the National Academy of Sciences 115 (33): E7863–70. https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115.

KOKI. 2018. “Les insectes ravageurs de la noisette.” KOKI KROC. 2018. http://www.koki-krok.fr/2018/07/les-insectes-ravageurs-de-la-noisette.html.

La Clinique Des Plantes. 2018. “Le Phytopte Du Noisetier : Symptômes et Traitements – Clinique Des Plantes.” 2018. https://www.cliniquedesplantes.fr/fiches/le-phytopte-du-noisetier.

Le biocontrôle séduit les maraîchers et les arboriculteurs. 2019. L’Arboriculture fruitière. February 6, 2019. http://www.arboriculture-fruitiere.com/articles/vie-de-filiere/le-biocontrole-seduit-les-maraichers-et-les-arboriculteurs.

Lefebvre, Manon, Julien Papaïx, Gregory Mollot, Pauline Deschodt, Claire Lavigne, Jean-Michel Ricard, Jean-François Mandrin, and Pierre Franck. 2017a. “Bayesian Inferences of Arthropod Movements between Hedgerows and Orchards.” Basic and Applied Ecology 21: 76–84. https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.05.002.

Lefebvre, Manon, Pierre Franck, Jean-François Toubon, Jean-Charles Bouvier, and Claire Lavigne. 2016. "The Impact of Landscape Composition on the Occurrence of a Canopy Dwelling Spider Depends on Orchard Management." Agriculture, Ecosystems & Environment 215: 20–29. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.003.

Lefebvre, Manon, Pierre Franck, Jérôme Olivares, Jean-Michel Ricard, Jean-François Mandrin, and Claire Lavigne. 2017. "Spider Predation on Rosy Apple Aphid in Conventional, Organic and Insecticide-Free Orchards and Its Impact on Aphid Populations." Biological Control 104: 57–65. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.10.009.

Letourneau, Deborah K., Julie A. Jedlicka, Sara G. Bothwell, and Carlo R. Moreno. 2009. "Effects of Natural Enemy Biodiversity on the Suppression of Arthropod Herbivores in Terrestrial Ecosystems." Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 40 (1): 573–92. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120320.

Lindgren, Jessica, Regina Lindborg, and Sara A. O. Cousins. 2018. "Local Conditions in Small Habitats and Surrounding Landscape Are Important for Pollination Services, Biological Pest Control and Seed Predation." Agriculture, Ecosystems & Environment 251 (January): 107–13. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.025.

Liss, W J, L J Gut, and P H Westigard. 1986. "Perspectives on Arthropod Community Structure, Organization, and Development in Agricultural Crops." Annual Review of Entomology 31 (1): 455–78. https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.002323.

Maalouly, Mariline, Pierre Franck, Jean-Charles Bouvier, Jean-François Toubon, and Claire Lavigne. 2013a. "Codling Moth Parasitism Is Affected by Semi-Natural Habitats and Agricultural Practices at Orchard and Landscape Levels." Agriculture, Ecosystems & Environment 169: 33–42. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.008.

Markó, Viktor, Zoltán Elek, Anikó Kovács-Hostyánszki, Ádám Kőrösi, László Somay, Rita Földesi, Ákos Varga, Ágnes Iván, and András Báldi. 2017. "Landscapes, Orchards, Pesticides–Abundance of Beetles (Coleoptera) in Apple Orchards along Pesticide Toxicity and Landscape Complexity Gradients." Agriculture, Ecosystems & Environment 247 (September): 246–54. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.038.

Mathews, Clarissa R, Dale G Bottrell, and M. W Brown. 2002. "A Comparison of Conventional and Alternative Understory Management Practices for Apple Production: Multi-Trophic Effects." Applied Soil Ecology 21 (3): 221–31. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00105-1.

Miliczky, E. R., and D. R. Horton. 2005a. "Densities of Beneficial Arthropods within Pear and Apple Orchards Affected by Distance from Adjacent Native Habitat and Association of Natural Enemies with Extra-Orchard Host Plants." Biological Control 33 (3): 249–59. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.03.002.

Mille, Mickaël. 2011. "Mille_2011.pdf." Mémoire de fin d'étude, Avignon: Université Montpellier 2.

Mody, Karsten, Charlotte Spoerndli, and Silvia Dorn. 2011. "Within-Orchard Variability of the Ecosystem Service 'Parasitism': Effects of Cultivars, Ants and Tree Location." Basic and Applied Ecology 12 (5): 456–65. https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.05.005.

Monetti, L. N., and N. A. Fernandez. 1995. "Seasonal Population Dynamics of the European Red Mite (Panonychus Ulmi) and Its Predator Neoseiulus Californicus in a Sprayed Apple Orchard in Argentina (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae)." Acarologia 36 (4): 325–31.

Monteiro, Lino B., Claire Lavigne, Benoît Ricci, Pierre Franck, Jean-François Toubon, and Benoît Sauphanor. 2013. “Predation of Codling Moth Eggs Is Affected by Pest Management Practices at Orchard and Landscape Levels.” Agriculture, Ecosystems & Environment 166: 86–93. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.012.

Prokopy, Ronald J., Jennifer L. Mason, Margaret Christie, and Starker E. Wright. 1996. “Arthropod Pest and Natural Enemy Abundance under Second-Level versus First-Level Integrated Pest Management Practices in Apple Orchards: A 4-Year Study.” Agriculture, Ecosystems & Environment 57 (1): 35–47. https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00657-5.

RICARD-JM-Arboriculture-et-Biodiversité.Pdf.” n.d. Accessed May 28, 2019. http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2016/09/1-JM.RICARD-arboriculture-et-biodiversit%C3%A9.pdf.

Ricci, B, C Lavigne, A Alignier, S Aviron, L Biju-Duval, J C Bouvier, F Mezerette, et al. n.d. “Local Pesticide Use Intensity Conditions Landscape Effects on Biological Pest Control,” 10.

Ricci, Benoît, Pierre Franck, Jean-Charles Bouvier, Daniel Casado, and Claire Lavigne. 2011. “Effects of Hedgerow Characteristics on Intra-Orchard Distribution of Larval Codling Moth.” Agriculture, Ecosystems & Environment 140 (3): 395–400. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.001.

Ricci, Benoît, Pierre Franck, Jean-François Toubon, Jean-Charles Bouvier, Benoît Sauphanor, and Claire Lavigne. 2009. “The Influence of Landscape on Insect Pest Dynamics: A Case Study in Southeastern France.” Landscape Ecology 24 (3): 337–49. https://doi.org/10.1007/s10980-008-9308-6.

Rusch, A., G. Sentenac, J. Thierry, L. Delbac, D. Thiery, M. Madejski, P. Guilbault, and M. Guisset. 2017. “Effect of the landscape environment of a vine plot on the abundance of budworm and their natural control.” Écologie Chimique: nouvelles contributions à la protection des cultures contre les ravageurs et 11e Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 24 au 26 octobre 2017, Montpellier, France, 352–60. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183082715.

Rusch, Adrien, Rebecca Chaplin-Kramer, Mary M. Gardiner, Violetta Hawro, John Holland, Douglas Landis, Carsten Thies, et al. 2016. “Agricultural Landscape Simplification Reduces Natural Pest Control: A Quantitative Synthesis.” Agriculture, Ecosystems & Environment 221 (April): 198–204. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039.

Santoiemma, Giacomo, Nicola Mori, Lorenzo Tonina, and Lorenzo Marini. 2018. “Semi-Natural Habitats Boost Drosophila Suzukii Populations and Crop Damage in Sweet Cherry.” Agriculture, Ecosystems & Environment 257 (April): 152–58. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.013.

Santos, Luan Alberto Odorizzi, Marlice Botelho Costa, Claire Lavigne, Odair Aparecido Fernandes, Armin Bischoff, and Pierre Franck. 2018. “Influence of the Margin Vegetation on the Conservation of Aphid Biological Control in Apple Orchards.” Journal of Insect Conservation 22 (3–4): 465–74. https://doi.org/10.1007/s10841-018-0074-8.

Schäckermann, Jessica, Yael Mandelik, Noam Weiss, Henrik von Wehrden, and Alexandra-Maria Klein. 2015. “Natural Habitat Does Not Mediate Vertebrate Seed Predation as an Ecosystem Dis-Service to Agriculture.” Journal of Applied Ecology 52 (2): 291–99. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12402.

Schmidt, Martin H., Indra Roschewitz, Carsten Thies, and Teja Tscharntke. 2005. “Differential Effects of Landscape and Management on Diversity and Density of Ground-Dwelling Farmland Spiders.” Journal of Applied Ecology 42 (2): 281–87. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01014.x.

Settele, Josef, and William H. Settle. 2018. “Conservation Biological Control: Improving the Science Base.” Proceedings of the National Academy of Sciences 115 (33): 8241–43. https://doi.org/10.1073/pnas.1810334115.

Solomon, M. G., J. V. Cross, J. D. Fitzgerald, C. A. M. Campbell, R. L. Jolly, R. W. Olszak, E. Niemczyk, and H. Vogt. 2000. “Biocontrol of Pests of Apples and Pears in Northern and Central Europe - 3. Predators.” Biocontrol Science and Technology 10 (2): 91–128. https://doi.org/10.1080/09583150029260.

Syngenta, France. 2019a. “Acariens des bourgeons.” Syngenta France. May 30, 2019. https://www.syngenta.fr/traitements/acariens-des-bourgeons.

The Species and Functional Diversity of Birds in Almond Orchards, Apple Orchards, Vineyards and Eucalypt Woodlots: Emu - Austral Ornithology: Vol 115, No 2. n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1071/MU14022.

Todd, Jacqui H., Louise A. Malone, Jayson Benge, Joanne Poulton, Emma I. Barraclough, and Mark W. Wohlers. 2016. “Relationships between Management Practices and Ground-Active Invertebrate Biodiversity in New Zealand Kiwifruit Orchards: Management Practices and Invertebrate Biodiversity.” Agricultural and Forest Entomology 18 (1): 11–21. https://doi.org/10.1111/afe.12121.

Verpont, Florence, Bernard Hennion, and Nathalie Pasquet. 2012. “Le carpocapse de la châtaigne: vers une meilleure connaissance de la biologie de ce ravageur.” Infos CTIFL, no. 280: 39–45. http://www.ctifl.fr/ecophytopic/infos_ctifl/infos%20280/280p39-45.pdf.

Whalon, Mark E., and Brian A. Croft. 1986. “Immigration and Colonization of Portable Apple Trees by Arthropod Pests and Their Natural Enemies.” Crop Protection 5 (6): 376–84. https://doi.org/10.1016/0261-2194(86)90068-2.

Whitehouse, T. Seth, Ashfaq A. Sial, and Jason M. Schmidt. 2018. “Natural Enemy Abundance in Southeastern Blueberry Agroecosystems: Distance to Edge and Impact of Management Practices.” Environmental Entomology 47 (1): 32–38. https://doi.org/10.1093/ee/nvx188.

XX 2013b. “Codling Moth Parasitism Is Affected by Semi-Natural Habitats and Agricultural Practices at Orchard and Landscape Levels.” Agriculture, Ecosystems & Environment 169 (April): 33–42. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.008.

XX 2017b. “Bayesian Inferences of Arthropod Movements between Hedgerows and Orchards.” Basic and Applied Ecology 21: 76–84. https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.05.002.

XX. 2005b. “Densities of Beneficial Arthropods within Pear and Apple Orchards Affected by Distance from Adjacent Native Habitat and Association of Natural Enemies with Extra-Orchard Host Plants.” Biological Control 33 (3): 249–59. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.03.002.

XX. 2019b. “Balanins : Balanicus nucum.” Syngenta France. May 30, 2019. https://www.syngenta.fr/traitements/balanins.

XX. 2019c. “Carpocapse sur noyer.” Syngenta France. May 30, 2019. https://www.syngenta.fr/traitements/carpocapse-sur-noyer.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 4.3, *Le service de régulation des ravageurs et les impacts de l'utilisation des pesticides sur la faune utile*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : **https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres**

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 4.4
Le service de régulation du climat

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1.1 Le service de régulation du climat

L'émission de gaz à effet de serre (GES) influe la température à la surface du globe. Depuis le début de l'ère industrielle, elle a augmenté de 0,85+/-0,2°C (Therond et al., 2017). Cette augmentation est attribuable aux émissions d'origine anthropiques, notamment liées à la combustion d'énergies fossiles. A l'échelle de la planète, le secteur de l'agriculture représente 24% des émissions de GES et 19% à l'échelle française (Therond et al., 2017). Trois GES principaux sont émis en agriculture :

- Le dioxyde de carbone (CO_2)
- Le protoxyde d'azote(N_2O)
- Le méthane (CH_4)

L'arboriculture émet principalement du CO_2 et du N_2O liée aux pratiques culturales. Dans la suite de ce chapitre, nous évoquerons la séquestration de carbone par les vergers ainsi que les émissions de gaz à effet de serre (CO2 et N2O) par les vergers émis par les pratiques culturales. Cependant, les vergers représentent également un puit à carbone, de par les processus de stockage de carbone dans les organes pérennes et dans le sol.

Une étude chinoise a par exemple montré que la séquestration nette de carbone par les vergers chinois représentaient 14 à 32 millions de tonnes de carbone de 1990 à 2010 (Wu et al., 2012). Les vergers représentent 0,9% de la surface totale de la Chine (8,67 millions d'hectares sur une surface totale de 959,7 millions d'hectares) et représentent 4,5% de la séquestration de carbone de l'ensemble des écosystèmes terrestres en Chine (Wu et al., 2012).

1.1.1 Les processus de stockage et de déstockage de carbone dans un verger

La Figure 51 présente les différents processus qui permettent le stockage et le déstockage du carbone dans le sol et dans les arbres. Le processus majeur de stockage de CO_2 est la photosynthèse. A partir du CO_2 capté dans l'atmosphère, les arbres constituent un stock de carbone de réserve dans la biomasse aérienne (tronc, branches…) et souterraine (racines). Dans les vergers, les arbres fruitiers, l'enherbement et les haies représentent donc une certaine quantité de carbone stocké temporairement sur la durée de vie du verger. Les compartiments « temporaires » de carbone que constituent les feuilles, les fruits, les brindilles, retournent rapidement le carbone au sol et forme la litière. Elle s'incorpore petit à petit dans le sol, est fragmentée par les gros décomposeurs (vers de terre, les cloportes ou les mille-pattes) mais également par des petits décomposeurs (acariens et les collemboles) et constitue une fraction de la matière organique du sol : la matière organique libre. Une partie de cette matière organique libre est conservée sous une forme stable associée aux particules du sol : c'est l'humus. **L'humus reste en moyenne 27 ans dans le sol avant d'être minéralisé (processus de minéralisation secondaire)** (Stockmann et al., 2013). L'autre part du carbone fragmenté est minéralisée par les microorganismes **(minéralisation primaire). Lors de cette minéralisation, en moyenne, 60% du carbone est transformé en CO_2 et 40% est assimilé par les microorganismes du sol** (Therond et al., 2017). Le flux de CO2 libéré par la minéralisation de la matière organique du sol est appelé « la respiration du sol ». **Il s'agit du principal flux émetteur de CO_2 des vergers : en moyenne 6,8 t/ha/an sont émis** (Tableau 58). Les racines peuvent stocker du carbone dans le sol via le processus de rhizodéposition. Ce processus de sécrétion de composés représente de 5 à 15% du carbone fixé mais peut atteindre 40% dans des parcelles de blé (Swinnen et al., 1994).

Tableau 58 Valeurs de respiration du sol mesuré en verger, en champs et en forêt issues de la bibliographie.

Espèce fruitière	Respiration du sol (t/ha/an)	Références
Citronniers	4,2-5,9 (2)	(Scandellari et al., 2016)
Clémentiniers	3	(Iglesias et al., 2013)
Oliviers	4,27	(Almagro et al., 2010)
	8,95	(Scandellari et al., 2016)
Pêchers	3,11	(Montanaro et al., 2016)
	3,35	(Montanaro et al., 2016)
Pommiers	2,28	(Scandellari et al., 2016)
	6,14	(Zanotelli et al., 2013)
	12,1-15,9	(Wu et al., 2012)
Moyenne +/- écart type en verger	**6,8 +/- 4,2**	
Autre référence : champs abandonnés	6,48	(Almagro et al., 2010)
Autre référence : forêts	7,66	(Almagro et al., 2010)

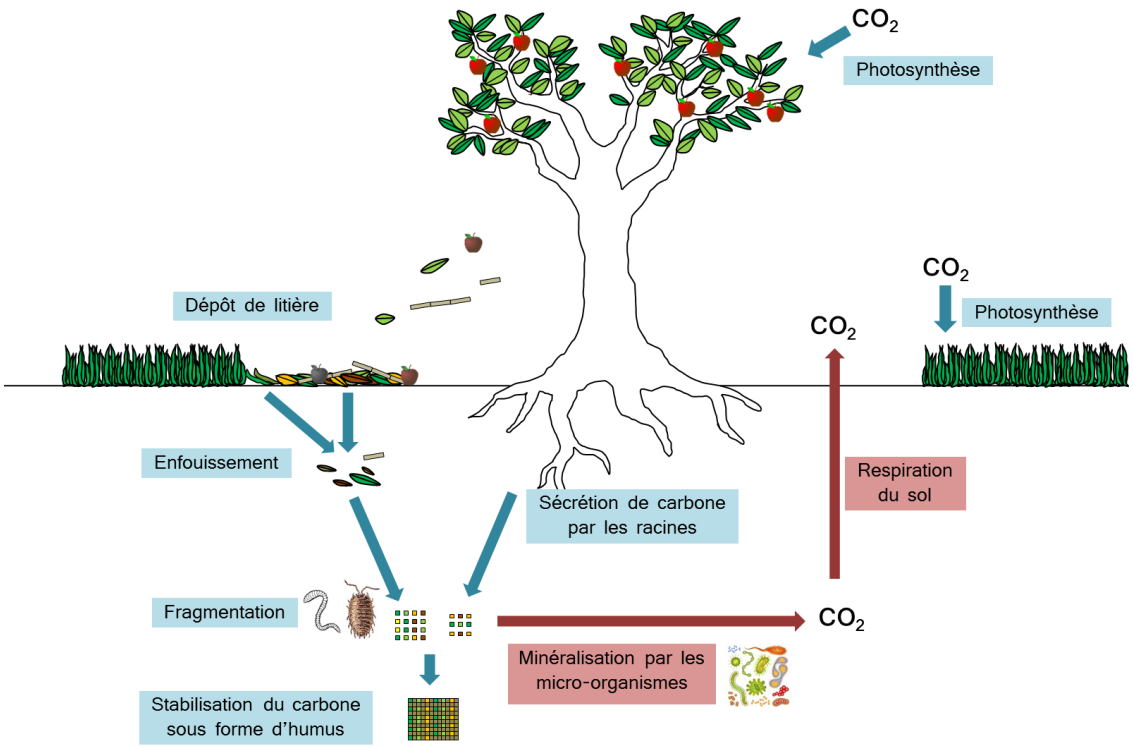


Figure 1 Les flux et processus de transformation de carbone au sein du verger

Dans la suite de ce rapport, **nous ne considèrerons pas le stockage de carbone dans les feuilles et les fruits**. En effet, le carbone stocké dans les feuilles est restitué au sol et se décompose dans le sol en matière organique. Le carbone des fruits est enlevé du système via la récolte ou se retrouve dans la matière organique du sol, si le fruit n'a pas été ramassé (pratiques d'éclaircissage par exemple).

Les vergers se distinguent des cultures annuelles par différentes caractéristiques qui contribuent à un stockage de carbone plus important et plus long (**Encadré 2**). Les vergers ont des durées de vie de plusieurs dizaines d'années et peuvent stocker du carbone sur cette durée dans leurs organes pérennes (branches, tronc, racines) (Baldi et al., 2018). Les autres atouts des vergers sont reliés à leurs pratiques culturales. Le travail du sol est réduit, préservant la matière organique du sol de la minéralisation (le travail du sol a généralement lieu en amont de la plantation d'un verger). Les inter-rangs sont généralement enherbés, limitant l'érosion et contribuant à l'apport de matière organique au sol par les tontes régulières (Baldi et al., 2018).

Encadré 1 Les atouts des vergers pour séquestrer du carbone par rapport à des cultures annuelles (Baldi et al., 2018)

- **Cycle long : accumulation du carbone dans les organes pérennes (tronc, branches et racines)**
- **Travail du sol réduit**
- **Enherbement des inter-rangs**

La régulation du climat global bénéficie à l'ensemble de la société, incluant les agriculteurs. Les avantages d'un climat stable sont multiples : pas de régression de glaciers, pas d'élévation du niveau de la mer, pas d'expansion de zones désertiques, d'extinction d'espèces etc. (Therond et al., 2017). Notons cependant qu'une modification du climat peut aussi être perçue plus localement comme un avantage, par exemple pour le développement de nouvelles cultures dans les pays de l'hémisphère nord.

Stocker du carbone dans les sols et dans la biomasse fournit d'autres services écosystémiques que la régulation climatique (Chenu et al., 2014; Pellerin et al., 2019). Le Tableau 59 présente les services reliés à une augmentation du stockage de carbone dans le sol.

Augmenter le stock de carbone dans le sol contribue à :

- L'augmentation de la capacité du sol à retenir l'eau ;
- L'amélioration de la structure du sol et la limitation de l'érosion ;
- La filtration des polluants (pesticides, éléments traces métalliques) ;
- La disponibilité des nutriments via la minéralisation de la matière organique.

Augmenter le stock de carbone dans la biomasse ligneuse peut contribuer à :

- La promotion de la biodiversité (haie, enherbement) ;
- La filtration des polluants avec la présence d'un enherbement.

Tableau 59 Les autres services et impacts négatifs reliés à une augmentation du stockage de carbone dans les sols (pas spécifique aux sols des vergers). Source : d'après Pellerin et al. (2019)

Processus	Service/Impact	Type de sol concerné
Propriétés et fertilité chimiques		
Réserve de N, P, S libérés par minéralisation	Fourniture de nutriments aux plantes	Tous sols
	Détérioration de la qualité de l'eau (nitrate en solution)	Tous sols

Augmentation de la capacité d'échange cationique	Fourniture de nutriments aux plantes (par rétention de K, Ca, Mg)	Sol de texture sableuse
Augmentation des charges de surface, de la capacité d'adsorption et de la capacité de complexation	Amélioration de la qualité de l'eau (par rétention des éléments traces métalliques et des contaminants organiques)	Sol de texture sableuse
Propriétés et fertilité physiques		
Agrégation des particules et augmentation de la stabilité de la structure	Diminution de l'érosion	Sols limoneux battants
Augmentation de la porosité grossière et fine	Augmentation de la capacité du sol à fournir de l'eau (augmentation de la réserve utile)	Tous sols
	Diminution de l'érosion (augmentation de l'infiltration de l'eau)	Sols limoneux battants, sols argileux
Propriétés et fertilité biologiques		
Ressources trophiques pour les microorganismes et la faune du sol : augmentation de l'abondance et de la diversité des microorganismes	Augmentation de la régulation des bioagresseurs	Tous sols
	Amélioration de la qualité de l'eau (augmentation de la biodégradation et de la minéralisation de contaminants organiques)	Tous sols
	Régulation du climat (Augmentation des émissions de N_2O)	Sols hydromorphes[1]

1.1.2 Les facteurs déterminant le stockage et le déstockage de CO2 en verger

Différents facteurs déterminent le niveau de stockage et d'émission de CO2 (Therond et al., 2017).

- **Facteurs qui déterminent le niveau de stockage de carbone dans le sol**
  - **Nature, densité et durée de vie des vergers et de l'enherbement**

Ils conditionnent la quantité de carbone apportée au sol via les racines et les résidus, ainsi que la biodégradabilité du carbone

  - **Faune du sol et biomasse microbienne**

L'abondance totale et la diversité de la faune et des micro-organismes peuvent impacter la quantité de carbone incorporé au sol ainsi que sa minéralisation.

[1] Sol montrant des marques caractéristiques d'une saturation en eau régulière. Généralement, un sol à dominante argileuse a plus de chances d'être hydromorphe. Dans un sol hydromorphe la vie microbienne est noyée.

- **Constituants minéraux du sol (argiles, allophanes, carbonates) et la structure du sol**

Ces facteurs contrôlent les processus de stabilisation du carbone organique dans le sol : une faible disponibilité en azote peut ralentir la minéralisation du carbone car la biomasse microbienne nécessite des matières azotées pour réaliser ce processus.

- **Température et teneur en eau du sol**

Ces deux facteurs contrôlent directement l'activité des organismes du sol et donc indirectement la minéralisation du carbone. Un sol aux températures et teneurs en eau élevées aura une forte minéralisation (jusqu'à atteindre des teneurs en eau qui provoquent l'anoxie des sols et qui ralentissent le processus de minéralisation). En France, les zones contenant des forts stocks de carbone sont situées en altitude (Alpes, Pyrénées, Massif central, Vosges, Jura), avec des températures de sol plutôt froides et des pluviométries élevées (Therond et al., 2017).

- **Stabilisation des sols et contrôle de l'érosion**

Ces deux facteurs contribuent à la conservation des stocks de carbone dans le sol, notamment des couches superficielles qui sont fréquemment les plus riches en matière organique. Le contrôle de l'érosion est favorisé en verger par la présence du couvert végétal (Cf le chapitre 4.5 Le service de contrôle de l'érosion ».

- **Facteurs qui contribuent au stockage de carbone dans la biomasse de l'arbre**

Les **facteurs qui contribuent au stockage de carbone dans la biomasse** sont principalement reliés à **l'importance et à la nature de la végétation ligneuse présente dans la parcelle** - espèce fruitière, variété fruitière, porte-greffe, haies de différentes natures - et à la **durée de vie du verger**.

Les changements d'usage des sols et finalement de la nature des écosystèmes agricoles influencent le stockage global du carbone.

1.1.3 Les différentes méthodes et indicateurs d'estimation de la séquestration et de l'émission de gaz à effet de serre dans les vergers

- **Méthodes d'estimation de la séquestration et de l'émission de gaz à effet de serre en verger**

Différentes méthodes existent. Elles se basent sur les mesures de stock de carbone (stock de carbone dans les sols et dans la biomasse) ou des flux (flux de GES). Deux grandes catégories d'approche se distinguent (Therond et al., 2017):

1) Approche de type « source-puits ».

Elle quantifie les flux de GES pour un périmètre délimité (parcelle, territoire, pays…). L'avantage de cette approche réside dans le fait qu'elle quantifie précisément les échanges de GES. L'inconvénient principal est qu'elle ne considère pas les émissions et séquestration des étapes intervenant en amont ou en aval des vergers en eux même. Pourtant ces émissions et séquestrations peuvent constituer d'importantes quantités de CO_2. Cette approche est illustrée par un exemple en partie (4.4.4.1).

2) Approche de type « analyse de cycle de vie » (ACV)

Elle évalue les impacts environnementaux d'un produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa fin de vie. L'ACV évalue l'ensemble des émissions mais n'évalue pas les flux de stockage. C'est une approche globale qui considère les émissions en amont provenant notamment des intrants

utilisés (engrais, produits phytosanitaires) et les émissions reliées au devenir du produit (transport, transformation). Cette méthode est détaillée dans le paragraphe 4.4.5.2.

- **Indicateurs du service de régulation du climat**

Les indicateurs du service de régulation peuvent être des stocks, des variations annuelles de carbone et des flux d'émissions. Quatre indicateurs peuvent être retenus :

1) **Stock de carbone organique actuel dans le sol (t/ha)**
2) **Stockage annuel de carbone organique dans le sol (t/ha/an)**
3) **Stock de carbone dans la biomasse des formations ligneuses (arbres fruitiers, haies)**
4) **Emission de gaz à effet de serre (CO_2 et N_2O) du système verger (t/ha/an)**

L'évaluation de ces indicateurs peut se faire de diverses manières : la mesure directe (pour le stock de carbone organique dans le sol ou le stock de carbone dans la biomasse des formations ligneuses) ou la prédiction à partir de modèle comme STICS (pour le stockage annuel de carbone organique dans le sol). Les émissions de carbone sont calculées grâce aux méthodes d'ACV.

- **Indicateurs d'impacts négatifs sur le climat**

Les indicateurs sont principalement des émissions de gaz à effet de serre en masse d'équivalent CO_2 ou en masse de carbone (= masse de CO_2 divisée par 272,2). Ces indicateurs d'émission sont généralement exprimés par masse de fruits produits ou ramenés à l'hectare.

1.1.4 Stockage de carbone par les vergers

1.1.4.1 Un exemple de bilan carbone pour un verger de pêcher d'après l'étude de Montanaro et al. (2016)

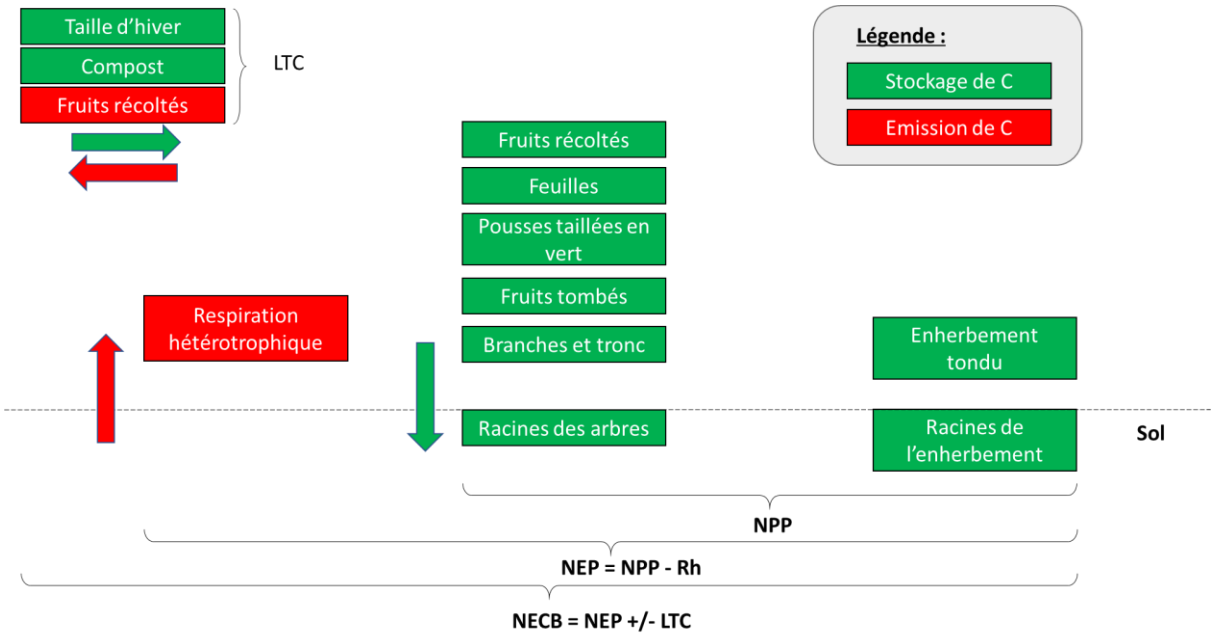


Figure 2 Bilan des flux de carbone dans un verger selon la méthode de Chapin et al. (2006). C = Carbon, NPP = Net Primary Production, Rh = Respiration hétérotrophique, NEP = Net Ecosystem Production, NECB = Net Ecosystem Carbon Balance.

La Figure 52 présente les différents flux de carbone au sein d'un verger et la méthode de bilan des flux selon Chapin et al. (2006). La méthode consiste à calculer dans un premier temps la production primaire nette (Net Primary Production ou NPP) qui est la somme du carbone produit chaque année par un arbre fruitier (fruits récoltés, feuilles, pousses de la taille en vert, fruits tombés, branches, le tronc et les racines des arbres) et par l'enherbement (biomasse tondue et racines). La production nette de l'écosystème (Net Ecosystem Production ou NEP) est égale à la production primaire nette (NPP) dont on soustrait la respiration hétérotrophique. La respiration hétérotrophique[2] est le flux principal émis naturellement par la dégradation de la matière organique du sol. Enfin, le bilan de carbone est approché par le calcul du Bilan carbone net de l'écosystème (Net Ecosystem Carbon Balance ou NECB). Le NECB est égal à la production nette de l'écosystème (NEP) à laquelle on soustrait les exportations (ex : récolte des fruits) et importations (ex : compost organique) de carbone dans la parcelle. Si le NECB est négatif, le verger est considéré comme une source de carbone (Chapin et al., 2006). S'il est positif, le verger est considéré comme un puit de carbone.

Montanaro et al. (2016) ont utilisé cette approche et quantifié les différents flux de CO2 au sein de vergers de pêchers en pleine production. Les détails d'un bilan de flux de carbone en verger conventionnel et raisonné sont présentés dans la Figure 53. **Le NECB est positif pour les deux conduites (7,3 t/ha/an pour la conduite raisonnée et 0,9 t/ha /an pour la conduite en conventionnel). Dans cette étude, ce verger de pêchers est considéré comme un puit de carbone.**

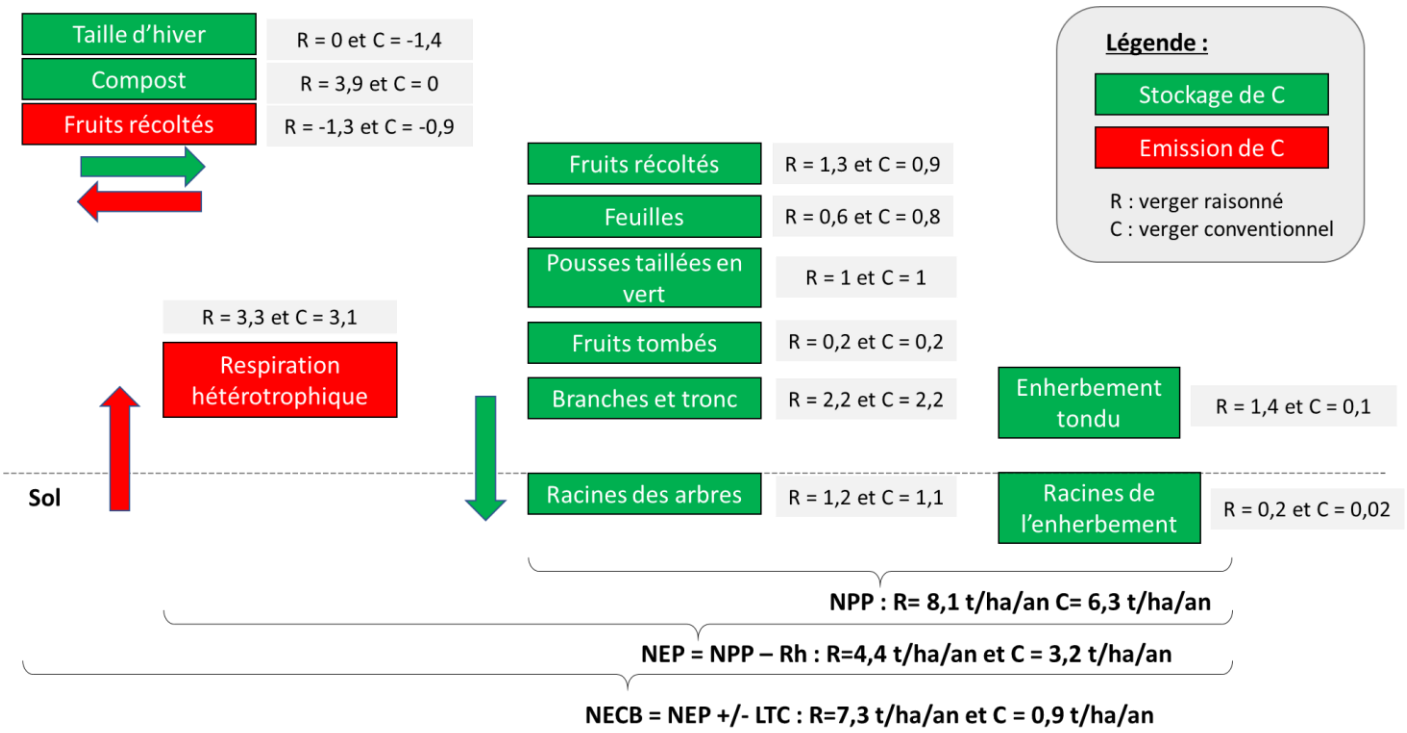


Figure 3 Exemple du calcul du bilan des flux annuels de carbone pour un verger de pêchers issus de l'étude de Montanaro et al. (2016). L'étude compare le bilan net de vergers en conduite conventionnelle et en conduite raisonné.

[2] On distingue la respiration hétérotrophe de la respiration autotrophe, cette dernière étant la respiration des racines et des mycorhizes. En pratique, l'ensemble de la respiration est mesuré sur le terrain et on approche la respiration hétérotrophique à 75% de la respiration totale du sol.

Il est important de noter que ces flux annuels peuvent fluctuer. Par exemple, un jeune verger qui n'est pas en phase de production produira moins de fruits.

Cette même étude a également quantifié le stock de carbone total contenu dans la biomasse ligneuse de pêchers, à la fin de leurs vies, en calculant la différence de biomasse entre un verger de pêcher de 1 an et un verger de pêchers de 15 ans en fin de vie. **Cette étude a montré qu'un verger de pêchers stocke approximativement 25 t C/ha dans sa biomasse ligneuse dont 17t/ha contenue dans la biomasse aérienne et 8 t C/ha contenue dans la biomasse racinaire.**

Le stockage de carbone dans le sol des vergers de pêchers a été estimé en faisant la différence entre le stock de carbone dans le sol et dans la litière en début de culture et en fin de culture (Tableau 60). **Le taux d'accumulation de carbone dans le sol est de l'ordre de 0,03 à 0,8t/ha selon les pratiques culturales.**

Tableau 60 Changement de stock de carbone dans profil de sol de 0 à 40cm de profondeur et dans la litière dans des vergers de pêchers conduit en conventionnel et en raisonné

	Sol		**Litière**	
	Conduite raisonnée	Conduite conventionnelle	Conduite raisonnée	Conduite conventionnelle
Changement de stock de carbone au bout de 7 ans	5,8 t/ha	0,2 t/ha	4,4 t/ha	0,3 t/ha
Taux d'accumulation de carbone	0,8 t/ha/an	0,03 t/ha/an	0,6 t/ha/an	0,04 t/ha/an

1.1.4.2 Stockage de carbone atmosphérique dans les parties ligneuses

Un premier stock de carbone se situe dans le compartiment ligneux : tronc, branches, racines des arbres fruitiers et des haies.

- **Stock de carbone dans le compartiment ligneux des arbres fruitiers**

Les valeurs de stocks de carbone estimées dans la littérature sont fortement variables d'une espèce à une autre et au sein d'une même espèce. Le Tableau 61 présente quelques résultats de stock de carbone dans le compartiment ligneux de différentes espèces fruitières issus de la littérature internationale. Les valeurs du carbone contenu dans la biomasse ligneuse totale varient de 4,14 t/ha pour des pommiers de 18 ans (Wu et al., 2012) à 180 t/ha pour des vieux pommiers à cidre (Rosemary, 2013). **Une expérimentation effectuée au CTIFL en 2019 a permis de mesurer un stock de carbone total d'une parcelle de pommiers de 25 ans s'élevant entre 15,6 et 17,5 t/ha**. Cependant, les racines n'ont pas pu être entièrement prélevées, donc ce stockage est sous-estimé.

La dynamique du stockage de carbone annuel a été estimée à des valeurs comprises entre 1,4 t C/ha/an pour des vergers de citronniers et à 3,2 t C/ha/an pour des vergers de pommiers (Figure 54) (Scandellari

et al., 2017). Ces valeurs correspondent à la croissance annuelle de l'arbre et par conséquent du stock de carbone dans la biomasse ligneuse.

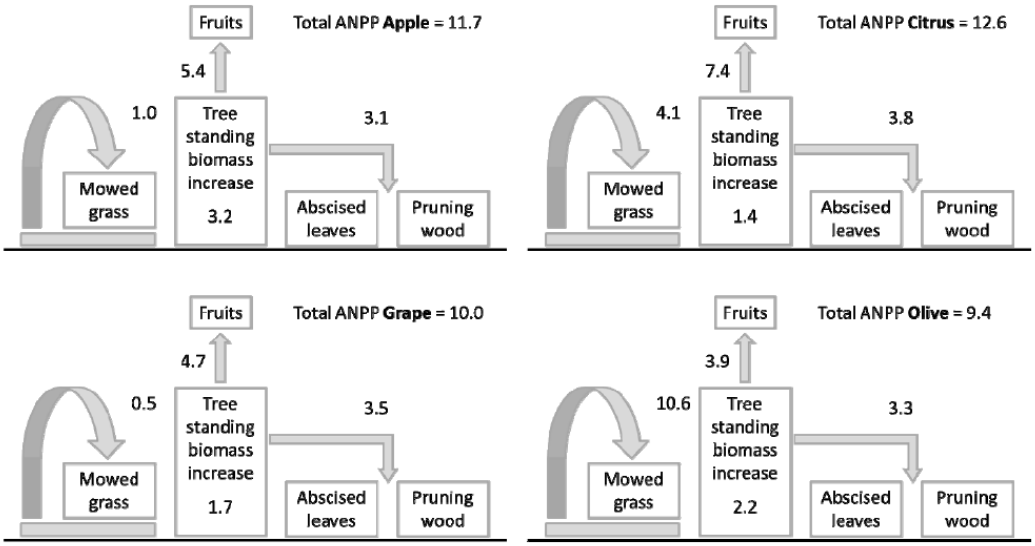


Figure 4 Répartition de la dynamique de stockage annuel pour 4 espèces fruitières en tC/ha/an. Source : Scandellari et al. (2017)

Tableau 61 Valeur du stock de carbone (t/ha) dans la biomasse ligneuse de différentes espèces d'arbres fruitiers.

Compartiment	Espèce	Variété	Age	Densité	Pratique	Quantité de carbone (t/ha)	Références
Biomasse totale	Nectariniers	Stark RedGold x Hydride GF677 (Prunus persica × Prunus amygdalus)	13	525	Absence de fertilisation	**10,6**	(Baldi et al., 2018)
					Fertilisants organiques (5t/ha)	**10,8**	
					Fertilisants organiques (10t/ha)	**13,3**	
					Fertilisants minéraux	**13,5**	
	Pommiers	Royal Empire' x 'M.9'/ 'MM.111' rootstock	15	555	Herbicide de pré-émergence	**13,5**	(Leinfelder et al., 2012)
					Gazon	**14,6**	
					Herbicide de post émergence	**14,8**	
					Mulch	**19,3**	
		Non indiqué	5 ans	1250	Conventionnel	**1,4**	(Wu et al., 2012)
		Non indiqué	18 ans	666	Conventionnel	**4,2**	
		Non indiqué	21 ans	666	Conventionnel	**5,7**	
	Pommiers	Golden Smoothee x PI80	10	1000	Biologique	**8,5**	(Demestihas, 2017)
					Conventionnel	**10,4**	
					Bas-intrants	**12,3**	
	Pommiers	Fuji x EMLA 9	12	3 333	Biologique	**11,6**	(Zanotelli et al., 2013)
	Vignes	Cabernet-Sauvignon	15	1631		**10**	(Morande et al., 2017)
	Champs abandonnés	-	25	-	-	**6,0**	(Almagro et al., 2010)

Tableau 61 Valeur du stock de carbone (t/ha) dans la biomasse ligneuse de différentes espèces d'arbres fruitiers.

Compartiment	Espèce	Variété	Age	Densité	Pratique	Quantité de carbone (t/ha)	Références
	Forêts	-	15è0	-	-	**36,0**	
	Oliviers	Non indiqué	100	107	Non indiqué	**9,9**	
	Pommiers à cidre (traditionnel)		10 à 100	280		**179,5**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers à cidre (buisson)					**28,8**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers		<15			**9,6**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers		> 15			**12,2**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Cox	1 à 25	1454 (569 à 1905)		**6,7**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Bramley	2 à 30	884 (247 à 2308)		**14,7**	(Rosemary, 2013)
	Pêchers		15			**25,3**	(Montanaro et al., 2016)
Biomasse aérienne	Champs abandonnés	-	25		NA	**3,5**	(Almagro et al., 2010)
	Forêts	-	150		NA	**33**	
	Oliviers	Non indiqué	100	107	NA	**8,3**	
	Vignes	Cabernet-Sauvignon	15	1631		**5,9**	(Morande et al., 2017)
	Pommiers	Golden Smoothee x PI80	10	1000	Biologique	**6,9**	(Demestihas, 2017)
					Conventionnel	**8,4**	
					Bas-intrants	**9,9**	
	Pommiers	Fuji x EMLA 9	12	3 333	Biologique	**8,4**	(Zanotelli et al., 2013)

Tableau 61 Valeur du stock de carbone (t/ha) dans la biomasse ligneuse de différentes espèces d'arbres fruitiers.

Compartiment	Espèce	Variété	Age	Densité	Pratique	Quantité de carbone (t/ha)	Références
	Pommiers à cidre (traditionnel)		10 à 100	280		**170,0**[3]	(Rosemary, 2013)
	Pommiers à cidre (buisson)					**25,2**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers		<15			**7,0**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers		> 15			**9,0**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Cox	1 à 25	1454 (569 à 1905)		**5,0**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Bramley	2 à 30	884 (247 à 2308)		**10,6**	(Rosemary, 2013)
Biomasse souterraine	Champs abandonnés	-	25		NA	**2,5**	(Almagro et al., 2010)
	Forêts	-	150		NA	**3,1**	
	Oliviers	Non indiqué	100	107	NA	**1,6**	
	Pommiers	Golden Smoothee x PI80	10	1000	Biologique	**1,6**	(Demestihas, 2017)
					Conventionnel	**2**	
					Bas-intrants	**2,5**	
	Pommiers	Fuji x EMLA 9	12	3 333	Biologique	**3,2**	(Zanotelli et al., 2013)
	Vignes	Cabernet-Sauvignon	15	1631		**4,1**	(Morande et al., 2017)
	Pommiers à cidre (traditionnel)		10 à 100	280		**9,6**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers à cidre (buisson)					**3,6**	(Rosemary, 2013)

[3] **Cette estimation est une moyenne entre un verger de 60 ans à 218 t/ha, des vergers entre 10 et 100 ans à 31 t/ha, et des vergers de 12 ans à 25 t/ha**

Tableau 61 Valeur du stock de carbone (t/ha) dans la biomasse ligneuse de différentes espèces d'arbres fruitiers.

Compartiment	Espèce	Variété	Age	Densité	Pratique	Quantité de carbone (t/ha)	Références
	Pommiers		<15			**2,7**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers		> 15			**3,3**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Cox	1 à 25	1454 (569 à 1905)		**1,7**	(Rosemary, 2013)
	Pommiers	Bramley	2 à 30	884 (247 à 2308)		**4,1**	(Rosemary, 2013)

- **Stock de carbone dans le compartiment ligneux des haies**

Peu d'études ont été consacrées à la mesure de la quantité totale de carbone stockée dans les haies, et aucune en verger à notre connaissance. En France, le projet Carbocage, financé par l'ADEME a permis de quantifier le stockage de carbone dans la biomasse ligneuse des haies (Colombie, 2018). Cette étude n'est pas spécifique aux haies en bordure de verger. Ce projet visait à expérimenter un marché carbone local sur 3 territoires (le Pays des Mauges, le Pays du Roi Morvant et le Pays de la Vallée de la Sarthe) à partir des résidus issus du renouvellement des haies. Les valorisations possibles de ce bois peuvent être la production de bois énergie ou de bois d'œuvre. Par convention, on estime qu'il y a 100 m linéaire de haies par hectare (Arrouays et al., 2002a). Ainsi, le stockage par kilomètre linéaire de haie est 10 fois le stockage par hectare. D'après cette étude, la biomasse aérienne d'un arbre composant une haie est de l'ordre de 0,5 à 5 t C/km/an soit 0,05 à 0,5 t C/ha/an et la biomasse racinaire est quantifiée à 0,12 à 0,7tC/km/an soit 0,012 à 0,07 t C/ha/an (Figure 55). **Au total, la biomasse ligneuse d'une haie est de l'ordre de 0,062 à 0,57 t C/ha/an (soit environ 0,3 t C/ha/an en moyenne).**

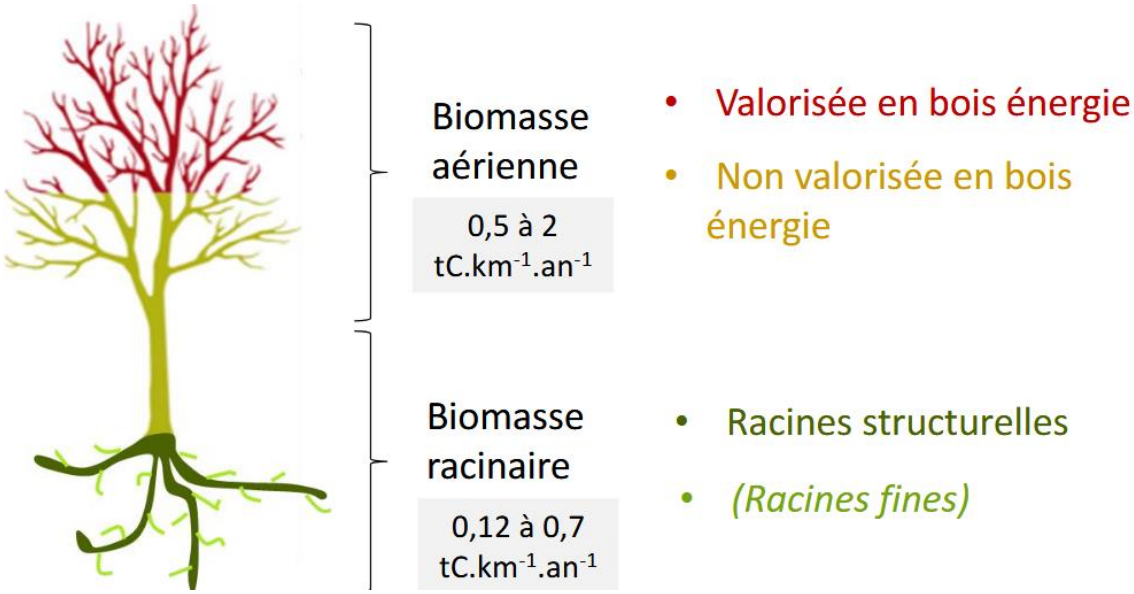


Figure 5 Quantification du carbone dans la biomasse ligneuse d'une haie. Source: Colombie (2018)

Une étude du Kenya quantifie le stock de carbone de haies entourant différents types d'usage de sol de 1,4 à 3,4 tonnes de carbone par hectare (Henry et al., 2009).

1.1.4.3 Stock de carbone dans le sol

Le Tableau 63 présente les stocks moyens de carbone sur les 30 premiers centimètres par grand type d'usage de sol. Ces données proviennent de la base de données RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) qui est un outil de surveillance de la qualité des sols français mis en place depuis les années 2000. **Le stock moyen de carbone dans les sols de verger est de l'ordre de 47 t/ha dans les 30 premiers centimètres.** Les vergers ont des stocks de carbone plutôt faibles par rapport aux cultures annuelles (52 t/ha) et aux prairies (85 t/ha) mais supérieurs aux stocks de carbone en vignoble (34 t/ha).

Tableau 63 Stocks de carbone sous différents types d'usage de sol. Source : RMQS du GIS Sol (Saby et al., 2014) & (Meersmans et al. 2012)

Type d'usage de sol	Stock de carbone dans l'horizon 0-30cm du sol (t/ha)
Vignobles	34 (n=42)
Vergers	47 (n=22)
Forêt	81 (n=586)
Prairies	85 (n=601)
Cultures annuelles	52 (n=884)

Le Tableau 64 recense les stocks de carbone mesurés dans quelques études de la littérature. Ce tableau montre la variabilité des mesures d'une étude à une autre ainsi que la variabilité des mesures au sein d'une même étude. En effet, les sols peuvent être très différents entre parcelles.

Tableau 64 Quelques références de stock de carbone dans le sol des vergers issues de la littérature

Espèce	Modalité	Age du verger	Stock de carbone effectivement mesuré dans le sol (t/ha)	Profondeur de mesure	Référence
Champs abandonnés	Absence de fertilisation	25	30,6	Mesuré sur 15 cm de profondeur	(Almagro et al., 2010)
Forêts	Absence de fertilisation	150	51,9	Mesuré sur 15 cm de profondeur	
Oliviers	Fertilisation minérale[4]	100	26,6	Mesuré sur 15 cm de profondeur	
Nectariniers	Absence de fertilisation	13	84,6	Mesuré sur 40 cm de profondeur	(Baldi et al., 2018)
Nectariniers	Fertilisants minéraux	13	99	Mesuré sur 40 cm de profondeur	
Nectariniers	Fertilisants organiques (5t/ha)	13	115	Mesuré sur 40 cm de profondeur	
Nectariniers	Fertilisants organiques (10t/ha)	13	143	Mesuré sur 40 cm de profondeur	
Pommiers	Fertilisation minérale[1]	Non indiqué	31,4	Mesuré sur 70 cm et extrapolé à 1m	(Gentile et al., 2014)
Pommiers	Fertilisation minérale[1]	Non indiqué	64	Mesuré sur 1 m de profondeur	

[4] Dans la publication, le mode de fertilisation n'est pas précisé mais la conduite du verger est conventionnelle. Nous avons donc fait l'hypothèse qu'il s'agissait d'une fertilisation minérale

Pommiers	Fertilisation minérale[1]	Non indiqué	117	Mesuré sur 1 m de profondeur	
Pommiers	Mulch	15	24,7	Mesuré sur 20 cm	(Leinfelder et al., 2012)
Pommiers	Gazon	15	11,8	Mesuré sur 20 cm	
Pommiers	Herbicide de post emergence	15	9,4	Mesuré sur 20 cm	
Pommiers	Herbicide de pré-emergence	15	9,5	Mesuré sur 20 cm	
Pêchers	Durable	19	10,9	Mesuré sur 40 cm de profondeur	(Montanaro et al., 2016)
Pêchers	Fertilisation minérale	19	12,9	Mesuré sur 40 cm de profondeur	

D'après le RMQS du GIS Sol, le stock de carbone dans les sols des vergers s'élève à 47 t/ha ce qui est plus faible que la majorité des autres cultures (Saby et al., 2014).

1.1.4.4 Quantification de la séquestration de carbone annuelle dans le sol des vergers

Lors de la conférence 4 pour 1000 sur le potentiel de séquestration de carbone dans les sols agricoles du jeudi 13 juin 2019, il a été souligné que les tendances de séquestration ou de déséquestration des sols ne sont pas encore tout à fait connues. Une nouvelle campagne de mesure de stock de carbone dans le sol pour différents types d'occupation de sol dans le cadre du RMQS du GIS Sol sera menée en 2020 et devrait renseigner ces tendances.

Les références des taux de séquestration annuels sont donc issues de la littérature scientifique. Les flux de séquestration ou d'émissions annuels peuvent être estimés par modélisation. Certaines études mesurent les stocks de carbone initiaux dans les sols puis les stocks de carbone finaux à différents intervalles de temps (Baldi et al., 2018; Gentile et al., 2014).

Certaines études ont démontré que les stocks de carbone dans le sol n'étaient pas significativement différents après plusieurs années de culture. Gentile et al. (2014) et Montanaro et al. (2010) ont mesuré les stocks de carbone dans des vergers à 4 années d'intervalles. Aucune différence significative n'a été relevée entre ces deux mesures effectuées à 1m de profondeur.

Baldi *et al.* (2018) ont quantifié la séquestration de carbone dans le sol sous des parcelles de nectariniers commerciaux de 14 ans sous différents amendements organiques. Pour cela, ils ont comparé la teneur de carbone dans le sol (SOC) en 2001 à la plantation des nectariniers à la SOC de 2014, en fin de vie du verger (Tableau 65). Sans fertilisation, les nectariniers rejettent du CO_2 plus qu'ils n'en séquestrent dans le sol (-2,50 t/ha au bout de 14 ans). Avec ajout de fertilisation, la tendance s'inverse : les nectariniers séquestrent du carbone dans le sol. L'ajout de fertilisants organiques à la plus forte dose est la modalité qui accélère le plus la séquestration de carbone (54,8 t/ha au bout de 14 ans), puis de la fertilisation organique à plus faible dose (16,3 t/ha sur 14 ans) et de la fertilisation minérale (16,3 t/ha sur 14 ans).

Tableau 65 Différence des teneurs en carbone à la plantation et en fin de vie de nectariniers et séquestration de carbone dans le sol selon 4 modalités de fertilisation. Source : (Baldi et al., 2018).

Modalité de fertilisation	Différence de teneur en carbone dans le sol entre la plantation et la fin de vie du verger (14 ans) (t/ha)	Séquestration de carbone dans le sol si la séquestration était constante chaque année (t/ha/an)
Absence de fertilisation	-2,50	-0,18
Fertilisants minéraux	1,75	0,12
Fertilisants organiques (5t/ha)	16,3	1,16
Fertilisants organiques (10t/ha)	54,8	3,9

1.1.4.5 Stockage de carbone additionnel dans le sol lié à la présence d'un enherbement et de haies

- **Stockage de carbone additionnel dans le sol lié à la présence de haies**

Une haie est définie comme une structure linéaire boisée caractérisée par une largeur inférieure à 15m, une longueur supérieure à 25m et un recouvrement en arbres ou en arbustes supérieur à un tiers (Arrouays et al., 2002b). Cette définition étant large, une grande diversité de haies existe : monospécifique comme les haies de cyprès brise vent dans le quart Sud-Est, ou composite. Le stock de carbone contenu dans une haie dépend fortement des espèces composant cette haie. Les haies permettent une augmentation des restitutions carbonées au sol via la restitution de matière organique au sol via la litière (feuilles mortes, brindilles), le renouvellement des racines fines et les exsudats racinaires (Arrouays et al., 2002b; Pellerin et al., 2013). Peu de travaux ont quantifié le stockage additionnel de carbone dans le sol relié aux implantations de haies (Pellerin et al., 2013). En effet, de nombreux travaux en grandes cultures démontrent que les teneurs en matière organique des sols sont plus élevées sous haies. Les sols sous haie ont une meilleure stabilité culturale et une infiltrabilité accrue, ce qui limite les phénomènes d'érosion.

Il existe peu d'études sur le stockage de carbone dans le sol, relié à la présence de haies en milieu tempéré. **A notre connaissance, il n'existe pas d'études en verger. En grandes cultures, le stockage additionnel lié à la présence de haies est entre 0,02 t C/ha/an** (Pellerin et al., 2013, 2019)**.**

- **Stockage de carbone additionnel dans le sol lié à la présence d'un enherbement**

L'enherbement permanent en verger et en vignoble permet de stocker additionnellement de **0,1 à 0,5 t C/ha chaque année** si on le compare avec une parcelle sans enherbement (Chenu et al., 2014; Pellerin et al., 2013, 2019).

1.1.5 Les émissions de GES en verger

1.1.5.1 AGRIBALYSE®, une base de données française d'inventaires de cycle de vie des productions agricoles.

Le programme AGRIBALYSE, lancé par l'ADEME suite au Grenelle de l'Environnement, vise à fournir des références sur les impacts environnementaux des productions agricole se basant sur la méthodologique de l'ACV. AGRIBALYSE® est une base de données publique, régulièrement mise à jour et enrichie. Le travail autour de cette base de données réunit un consortium de plusieurs organismes : Ademe, Inra, Agroscope, Cirad, ACTA, et 9 instituts techniques (Arvalis, CTIFL, IFIP, IFV, Institut de l'élevage, ITAVI, Terres Inovia, ITB, Astredhor). Cette base de données contient plus de 200 produits agricoles (cultures annuelles, fourrages, fruits, vigne, cultures tropicales, productions animales…). En

verger, 5 cultures de climat tempérée sont étudiées : la pomme de table, la pomme à cidre, la pêche/nectarine, la poire et la noix. Les résultats présentés ci-après ne portent que sur les émissions de GES

1.1.5.2 La méthode de l'ACV employée dans AGRIBALYSE®

La construction de la base de données AGRIBALYSE® s'est faite en plusieurs étapes, suivant la méthode de l'ACV. La première est la description des itinéraires techniques des différentes cultures. Dans le cas des vergers, la collecte de données s'est faite pour un verger « moyen France », c'est-à-dire caractérisé par des pratiques représentatives de la moyenne française. Les données ont été collectées à dires d'experts pour les principales régions de production et l'itinéraire moyen France calculé au prorata des volumes de fruits de chaque région. A partir de cette description exhaustive des pratiques culturales, les flux de GES sont calculés à partir de modèles implémentés dans le fichier de calcul. L'ACV comprend l'ensemble des étapes de la production d'un produit à sa fin de vie (Figure 56) (Roux et al., 2018). Dans le cadre d'AGRIBALYSE®, seuls les GES reliés à l'étape de production ont été quantifiés. En verger, 4 phases sont définies : (i) les pratiques au moment de la plantation du verger (qui comprennent également les pratiques au moment de l'arrachage), (ii) les pratiques pendant les années sans production pour certains vergers (e.g. noix, pommes), (iii) les pratiques pendant les premières années de production et (iv) les pratiques en période de pleine production. La production de plants en pépinière a également été étudiée pour être prise en compte dans la phase de plantation du verger.

Les postes d'émission des vergers sont résumés dans le Tableau 66.

Tableau 66 Description des postes d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) pour les vergers

Poste d'émission de GES	Description du poste d'émission
Plateforme automotrice	Plateforme utilisée pour la taille, l'éclaircissage la récolte de fruits et la manipulation des filets paragrêle
Application insecticides et fongicides	Passage de tracteurs pour l'application des produits phytosanitaires
Production engrais minéraux	Emissions liées à la production d'engrais minéraux en usine
Emissions directes	Emissions de N_2O dans la parcelle
Mécanisation	Passage de tracteurs pour le désherbage, la fertilisation, le broyage de bois de taille, la tonte
Autres intrants	Matériaux pour le palissage, les filets paragrêles
Production pesticides	Emissions liées à la production de pesticides en usine
Electricité irrigation	Matériaux et émissions liés à l'irrigation et l'électricité
Transports intrants	Transports des intrants de leurs lieux de production à la parcelle
Pépinière	Emissions liées à la production de plants d'arbres fruitiers
Chaulage	Passage de tracteurs pour amender les parcelles avant plantation
Production engrais organiques	Emissions liées à la production d'engrais organiques en usine

Figure 6 Les différentes étapes du cycle de vie d'une pomme. Source : Roux et al. (2018)

1.1.5.3 Evaluation de l'émission de GES en verger

Les résultats de quatre des cinq espèces fruitières étudiées sont présentés ci-après : le verger pommier moyen France, le verger pêcher moyen France, le verger conventionnel Poire du Sud-Est et le verger de noix du sud-est.

- **Pommier moyen France**

Le Tableau 67 présente les émissions totales liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen France de 20 ans. **Les émissions totales sur la durée de vie du verger sont de l'ordre de 23,6 tonnes de carbone par hectare de pommiers. Divisées par la durée de vie du pommier de 20 ans, les émissions par année sont en moyenne de 1,2 tC/ha/an.**

Tableau 67 Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen France de 20 ans. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Total des émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen France de 20 ans (tC/ha)	**23,6 tC/ha**
Durée de vie du verger	**20 ans**
Emissions moyennes par année (tC/ha/an)	**1,2 tC/ha/an**

Le Tableau 68 présente les postes d'émission par hectare d'un verger de pommiers moyen France sur l'ensemble de sa durée de vie**.** Les principaux postes d'émission sont l'utilisation de plateforme automotrice (un tiers des émissions totales), le passage de tracteurs pour appliquer les insecticides et les fongicides (16%), la production d'engrais minéraux en usine (15%) et les émissions directes de N_2O liées aux apports d'engrais azotés (13%) (Tableau 68). En pommier, les plateformes automotrices sont utilisées pour les chantiers de taille, d'éclaircissage, de récolte ainsi que pour la manutention des filets

paragrêle. Au total, l'utilisation d'engins motorisés utilisant du gazole au sein du verger compte pour 50% des émissions totales d'un verger de pommier conventionnel.

Tableau 68 Postes d'émission d'un verger de pommiers moyen France par hectare. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Postes d'émission de GES	Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen France de 20 ans (tC/ha)	Part de chaque poste d'émission par rapport aux émissions totales liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen France de 20 ans
Plateforme automotrice	8,1	34%
Application insecticides et fongicides	3,7	16%
Production engrais minéraux	3,7	15%
Emissions directes	3,0	13%
Mécanisation	1,7	7%
Autres intrants	1,6	7%
Production pesticides	1,1	5%
Electricité irrigation	0,4	2%
Transports intrants	0,2	1%
Pépinière	0,2	1%
Chaulage	0,02	0%
Production engrais organiques	0,00	0%
Total	**23,6**	**100%**

- **Pêcher moyen France**

Le Tableau 69 présente les émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pêchers moyen France sur une durée de 15 ans. **Le total des émissions s'élève à 16,7 t C/ha. Les émissions moyennes annuelles sont de l'ordre de 1,1 t C/ha/an.**

Tableau 69 Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pêchers moyen France de 20 ans. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Total des émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pêchers moyen France de 20 ans (tC/ha)	**16,7 tC/ha**
Durée de vie du verger	**15 ans**
Emissions moyennes par année (tC/ha/an)	**1,1 tC/ha/an**

Le Tableau 70 présente les émissions d'un verger de pêchers moyen France par hectare en tonnes de carbone. Les principaux postes d'émission sont liés à la fertilisation[5] (67% des émissions) et à la mécanisation[6] (25%).

[5] La fertilisation comprend les postes d'émission « production des engrais organiques », « émissions directes » et « production des engrais minéraux »
[6] La mécanisation comprend les postes d'émission « mécanisation » et « application des pesticides »

Tableau 70 Postes d'émission d'un verger de pêchers moyen France par hectare. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Postes d'émission de GES	Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pêchers moyen France de 15 ans (t/ha)	Part de chaque poste d'émission par rapport aux émissions totales liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pêchers moyen France de 15 ans
Production des engrais organiques	5,3	32%
Emissions directes	3,5	21%
Mécanisation	2,8	17%
Production des engrais minéraux	2,3	14%
Application des pesticides	1,4	8%
Production de produits phytosanitaires	0,5	3%
Electricité irrigation	0,5	3%
Transport des intrants	0,2	1%
Pépinière	0,1	0%
Total	**16,7**	**100%**

- **Poirier conventionnel Sud-Est**

Le Tableau 71 présente les émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de poiriers conventionnel du Sud-Est de 50 ans. **Les émissions de carbone sur l'ensemble de la durée de vie d'un verger de poiriers s'élèvent à 46,4 t C/ha. Les émissions moyennes par année sont de l'ordre de 0,9 t C/ha/an.**

Tableau 71 Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de poiriers conventionnel du Sud-Est de 50 ans. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Total des émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de poiriers moyen France de 50 ans (tC/ha)	**46,4 tC/ha**
Durée de vie du verger	**50 ans**
Emissions moyennes par année (tC/ha/an)	**0,9 tC/ha/an**

Le Tableau 72 présente les émissions d'un verger de poiriers moyen France par hectare en tonnes de carbone. Les principaux postes d'émission sont la mécanisation (40%) et la fertilisation (42%).

Tableau 72 Postes d'émission d'un verger de poiriers conventionnel du Sud-Est par hectare. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Poste d'émission de GES	Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de poiriers	Part de chaque poste d'émission par rapport aux émissions totales liées à la mise en place et à l'entretien d'un

	conventionnel du Sud-Est de 50 ans (t/ha)	verger de poiriers conventionnel du Sud-Est de 50 ans
Mécanisation	18,5	40%
Production engrais minéraux	11,8	25%
Emissions directes	7,9	17%
Irrigation	3,0	6%
Production engrais organiques	2,8	6%
Production produits phytosanitaires	1,6	4%
Autres intrants	0,4	1%
Transport	0,2	1%
Arrachage	0,2	0%
Plants	0,0	0%
Total	**46,4**	**100%**

- **Noyer traditionnel (variétés de l'AOP Noix de Grenoble)**

Le Tableau 73 présente les émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de noyers AOP pendant une durée de vie de 70 ans. **Les émissions totales sur la durée de vie du verger s'élèvent à 44,2 t C/ha. Les émissions moyennes par années sont de l'ordre de 0,6 t C/ha/an.**

Tableau 73 Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de noyers AOP de 70 ans. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Total des émissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de noyers moyen France de 50 ans (tC/ha)	**44,2 tC/ha**
Durée de vie du verger	**70 ans**
Emissions moyennes par année (tC/ha/an)	**0,6 tC/ha/an**

Le Tableau 74 présente les émissions d'un verger de noyers moyen France par hectare en tonnes équivalent CO_2 et en tonnes de carbone. Pour cette espèce fruitière, le séchage des noix a été également pris en compte car elles sont principalement consommées séchées. Les principaux postes d'émission sont la fertilisation (55%), la mécanisation (22%) et le séchage (19%).

Tableau 74 Postes d'émission d'un noyer AOP de 70 ans par hectare. Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Poste d'émission de GES	Emissions liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de noyers AOP de 70 ans (t/ha)	Part de chaque poste d'émission par rapport aux émissions totales liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de noyers AOP de 70 ans
Production engrais minéraux	13,3	30%
Emissions directes	11,3	25%
Mécanisation	9,6	22%

Séchage	8,4	19%
Production de produits phytosanitaires	0,6	1%
Transport	0,4	1%
Arrachage	0,4	1%
Irrigation	0,2	0%
Chaulage	0,1	0%
Plants	0,0	0%
Production engrais organiques	0,0	0%
Total	**44,2**	**100%**

1.1.6 Les pratiques améliorant le bilan carbone des vergers

1.1.6.1 Les pratiques favorables au stockage dans le sol et dans le bois

1.1.6.1.1 Influence des pratiques culturales sur la quantité de carbone stockée dans le sol

- **Pratiques annuelles**
  - **Absence de travail du sol**

L'absence de travail de sol permettrait d'augmenter les stocks de carbone des sols par différents processus (Pellerin et al., 2013):

- Le sol étant mieux agrégé quand il n'est pas labouré, les matières organiques sont mieux protégées physiquement et se minéralisent moins ;
- Les surfaces supérieures du sol sont plus froides et plus humides ce qui ralentit également la minéralisation. De plus, la composition microbienne du sol est modifiée sans labour. Ce sont les champignons qui dominent la microflore (contrairement aux bactéries dans un sol labouré). Or, les champignons respirent moins de carbone, ce qui limite les émissions de carbone ;
- L'érosion d'un sol non labouré est plus faible, ce qui limite les pertes de carbone.

D'après la littérature, il existerait bel et bien un effet positif du non-labour sur le carbone du sol, mais celui-ci serait significatif sur l'horizon 0-30 cm. **L'investigation d'un horizon plus profond 0-1m n'a pas permis de montrer une augmentation significative de la teneur en carbone dans une situation de non-labour** (Pellerin et al., 2019)**.**

  - **Etendre la surface enherbée, choix et gestion des couverts**

Dans les vergers, l'enherbement des inter-rangs est souvent permanent. Il permet d'augmenter le stock de carbone car il produit de la biomasse et la restitue au sol lors de sa décomposition. Peu d'études ont été effectuées en verger. Dans l'expertise INRA 2002, les flux de stockage ont été évalués à **0,49 t/ha +/-0,26 sur une durée de 20 ans pour un enherbement sur la totalité de la surface du verger**. En vigne, les flux de stockage liés à un enherbement permanent de tous les inter-rangs (soit 2/3 de la surface en vigne) ont été évalués en moyenne à 0,33 t/ha sur 20 ans. La gestion du couvert va déterminer les apports au sol : la fréquence des tontes a donc une influence sur le stock de carbone du sol.

- **Pratiques en fin de vie du verger : l'importance de la gestion des résidus en fin de culture**

Les résidus de culture en vergers peuvent être des résidus ligneux (résidus de taille, résidus issus de l'éclaircissage et résidus issus de l'arrachage des vergers) ou organiques comme les fruits tombés au sol, les feuilles et le mulch de l'enherbement à chaque tonte.

En France, à l'heure actuelle, une grande majorité de producteurs brûlent leurs bois issus de l'arrachage, libérant le stock de carbone stocké pendant la durée de vie du verger. Pourtant, diverses solutions existent pour préserver ce stockage à plus long terme : broyage et épandage des résidus de taille, production de Bois Raméal Fragmenté, de biochar etc. (cf paragraphe XX)

En résumé, le Tableau 75 présente des exemples de pratiques culturales qui peuvent être mises en place en verger et leurs impacts sur le stock de carbone dans le sol (Tailleur et al., 2018).

Tableau 75 Exemple de pratiques culturales en verger et leurs impacts sur le stock de carbone dans le sol. Source : d'après Tailleur et al. (2018)

Types de pratiques culturales	Pratiques culturales	Influence sur le carbone du sol et de la biomasse dans le temps	
Pratiques annuelles	Taille et gestion des résidus de taille (retour de bois de taille au sol)	+	Entrée de carbone dans le sol par les parties aériennes lignifiées et augmentation du stock de carbone du sol par humification à moyen terme
	Enherbement	+	Stockage de carbone dans le sol à moyen terme sous réserve d'une durée suffisante de présence du couvert
	Apport de matière organique (amendements externes, éclaircissage…)	+	Apport de carbone au sol et augmentation du stock de carbone du sol par humification à moyen terme
Pratiques en fin de vie du verger	Arrachage	-	Pertes de carbone de la biomasse souterraine
	Combustion du bois après arrachage	-	Déstockage de carbone de la biomasse et émission ponctuelle de CO_2
	Epandage de chips de bois comme amendement après déchiquetage après arrachage	+	Apport de carbone au sol et augmentation du stock de carbone du sol par humification à moyen terme

1.1.6.1.2 Influence des pratiques culturales sur la quantité de carbone stockée dans la biomasse

- **La nature et la quantité des apports de fertilisants**

(Baldi et al., 2018) montrent que la fertilisation peut modifier la biomasse et donc la quantité de carbone séquestré dans les arbres. Dans des vergers de nectariniers, les valeurs totales de stock sont plus faibles en l'absence de fertilisation et en faible apport (5t/ha) de fertilisation organique (10,6 t/ha et 10,7 t/ha respectivement). La capacité d'un verger à stocker dépend de la quantité et de la nature des fertilisants apportés. Avec l'apport de fertilisants organiques supplémentaires (10t/ha) ou avec l'apport de fertilisants minéraux, le stock atteint respectivement 13,3 t/ha et 13,5 t/ha. L'effet de la

fertilisation sur le stockage de carbone pourrait être relié à une plus forte vigueur de l'arbre et une accumulation plus élevée de biomasse au sein du verger.

- **Influence de la variété sur la quantité de carbone stockée dans le sol**

(Rosemary, 2013) ont montré que les stocks de carbone dans le sol étaient significativement différents selon la variété présente dans la parcelle (la variété Bramley ayant des stocks plus élevés que Cox).

D' autres facteurs peuvent impacter le stock de carbone dans la biomasse comme le choix du porte-greffe, les distances de plantation, les modes de conduite des arbres, la charge en fruits, etc.

1.1.6.2 Les pratiques limitant l'émission de carbone

Les leviers majeurs de diminution d'émission de carbone sont de diminuer **les fréquences de passage de tracteurs et de s'équiper de plateforme électrique (chantier de récolte, de taille, d'éclaircissage)**[7].

Pour illustrer l'impact de changements de pratiques sur les émissions de carbone, nous avons pris l'exemple du pommier. La Figure 58 présente les résultats de différentes simulations de changement de pratique afin de diminuer les émissions de GES liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommiers moyen conventionnel. Le premier changement de pratique simulé est l'installation d'un système de pulvérisation fixe (Figure 57). Il permet de s'affranchir des passages de tracteurs pour appliquer les pesticides, les produits de biocontrôle ou les engrais foliaires. **Ainsi, les émissions de carbone diminuent de 7% avec l'installation d'un tel système par rapport au verger de pommier moyen France. La réduction peut être plus importante en utilisant un compresseur électrique.**

Figure 57 Installation d'un pulvéfix dans un verger de pommiers

[7] Uniquement pour les pommiers qui sont les seules cultures à les utiliser

Le second changement de pratique simulé est la plantation de variétés résistantes à la tavelure. Ce verger nécessite moins de traitements et permet de diminuer les émissions de carbone de 8% (Figure 58).

L'utilisation des plateformes à traction électrique en remplacement des plateformes à traction à moteur diésel permet de réduire fortement les émissions de carbone (près de 26%) (Figure 58).

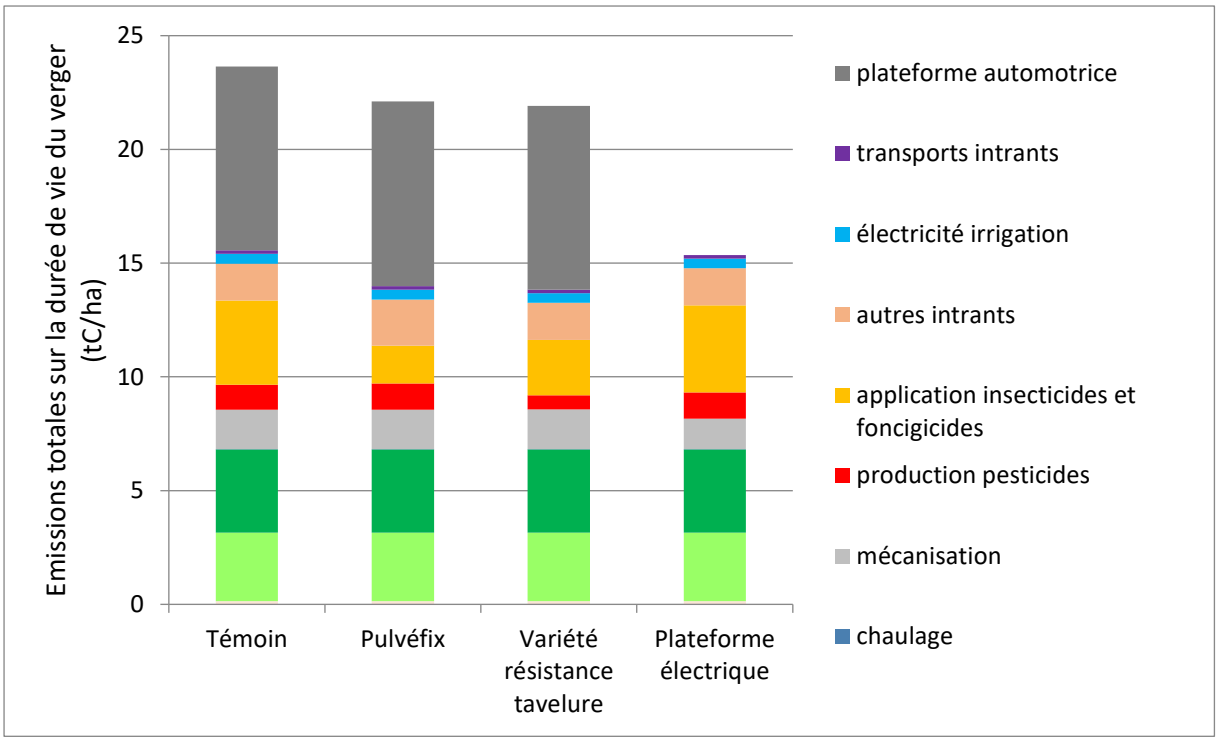


Figure 7 Différentes simulations de changement de pratique afin de diminuer les émissions de GES liées à la mise en place et à l'entretien d'un verger de pommier moyen conventionnel (tC/ha). Source : CTIFL (AGRIBALYSE)

Bibliographie

A Sustainable Model for the Management of Olive Orchards Located in Semi-Arid Marginal Areas: Some Remarks and Indications for Policy Makers - ScienceDirect." n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901112002031.

Alaphilippe, A., J. Boissy, S. Simon, and C. Godard. 2016. "Environmental Impact of Intensive versus Semi-Extensive Apple Orchards: Use of a Specific Methodological Framework for Life Cycle Assessments (LCA) in Perennial Crops." *Journal of Cleaner Production* 127: 555–61. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.031.

Almagro, M., J. López, C. Boix-Fayos, J. Albaladejo, and M. Martínez-Mena. 2010. "Belowground Carbon Allocation Patterns in a Dry Mediterranean Ecosystem: A Comparison of Two Models." Soil Biology and Biochemistry 42 (9): 1549–57. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.031.

Almagro_2010.Pdf." n.d.

Arrouays, D, J Balesdent, J C Germon, P A Jayet, J F Soussana, and P Stengel. 2002a. "Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?" . . *L*, 36.

Avian Conservation Practices Strengthen Ecosystem Services in California Vineyards." n.d. Accessed November 15, 2018. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0027347.

Baldi, E., L. Cavani, A. Margon, M. Quartieri, G. Sorrenti, C. Marzadori, and M. Toselli. 2018. "Effect of Compost Application on the Dynamics of Carbon in a Nectarine Orchard Ecosystem." Science of The Total Environment 637–638: 918–25. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.093.

Balesdent, J., I. Basile-Doelsch, J. Chadœuf, S. Cornu, Z. Fekiacova, S. Fontaine, B. Guenet, and C. Hatté. 2017. "Renouvellement du carbone profond des sols cultivés : une estimation par compilation de données isotopiques." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 21 (3): 181-190–190. http://www.pressesagro.be/base/index.php/base/article/view/2342.

Belowground Carbon Allocation and Net Primary and Ecosystem Productivities in Apple Trees (Malus Domestica) as Affected by Soil Water Availability | Springer for Research & Development." n.d. Accessed November 15, 2018. https://rd.springer.com/article/10.1007/s11104-012-1235-2.

Belowground Carbon Allocation Patterns in a Dry Mediterranean Ecosystem: A Comparison of Two Models - ScienceDirect." n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003807171000204X.

Brunori, Elena, Roberta Farina, and Rita Biasi. 2016. "Sustainable Viticulture: The Carbon-Sink Function of the Vineyard Agro-Ecosystem." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 223 (May): 10–21. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.012.

Carbon Budget in a Mediterranean Peach Orchard under Different Management Practices - ScienceDirect." n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788091630295X.

Carbon Sequestration in Kiwifruit Orchard Soils at Depth to Mitigate Carbon Emissions: Communications in Soil Science and Plant Analysis: Vol 46, No Sup1." n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2014.988583.

Climatic Impact of Land Use in LCA—Carbon Transfers between Vegetation/Soil and Air | Springer for Research & Development." n.d. Accessed February 20, 2019. https://rd.springer.com/article/10.1007/s11367-009-0144-y.

Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments - Environmental Science & Technology (ACS Publications)." n.d. Accessed February 20, 2019. https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/Es9030003.

Evaluating Carbon Fluxes in Orange Orchards in Relation to Planting Density | The Journal of Agricultural Science | Cambridge Core." n.d. Accessed February 8, 2019. https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/evaluating-carbon-fluxes-in-orange-orchards-in-relation-to-planting-density/38AF4BD93F673D8A9C0F2C3B90E133B5.

Gentile, Roberta, Brent Clothier, Carlo van den Dijseel, Mason Karen, Andrew McLachlan, David Cornwall, Marcus Hardie, and Justin Direen. 2014. "Trends in Carbon Stocks in Apple Orchard." *Pips*, 3.

Grasselly, Dominique, Maëlie Trédan, CTIFL, Vincent Colomb, and ADEME. 2017. "Agribalyse Fruits et Légumes : Compléments à La Base de Données d'inventaires de Cycle de Vie et Démarches d'écoconception de Systèmes de Culture."

Henry, M., P. Tittonell, R. J. Manlay, M. Bernoux, A. Albrecht, and B. Vanlauwe. 2009. "Biodiversity, Carbon Stocks and Sequestration Potential in Aboveground Biomass in Smallholder Farming Systems of Western Kenya." Agriculture, Ecosystems & Environment 129 (1): 238–52. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.006.

Iglesias, Domingo J., Ana Quiñones, Antonio Font, Belén Martínez-Alcántara, María Ángeles Forner-Giner, Francisco Legaz, and Eduardo Primo-Millo. 2013. "Carbon Balance of Citrus Plantations in Eastern Spain." Agriculture, Ecosystems & Environment 171: 103–11. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.015.

Kroodsma, David A., and Christopher B. Field. 2006. "Carbon Sequestration in California Agriculture, 1980–2000." Ecological Applications 16 (5): 1975–85. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1975:CSICA]2.0.CO;2.

Lal, Rattan. 2015. "FEATURE Sequestering Carbon and Increasing Productivity by Conservation Agriculture." *Journal of Soil and Water Conservation*, 8.

Leinfelder, M.M., I.A. Merwin, and M.G. Brown. 2012. "Soil Health Indicators, Apple Tree Growth, and Carbon Sequestration Differ among Orchard Groundcover Management Systems." *Acta Horticulturae*, no. 938: 333–40. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.938.43.

Levasseur, Annie, Pascal Lesage, Manuele Margni, Louise Deschênes, and Réjean Samson. 2010. "Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments." Environmental Science & Technology 44 (8): 3169–74. https://doi.org/10.1021/es9030003.

Liguori, G., G. Gugliuzza, and P. Inglese. 2009. "Evaluating Carbon Fluxes in Orange Orchards in Relation to Planting Density." *The Journal of Agricultural Science* 147 (6): 637–45. https://doi.org/10.1017/S002185960900882X.

Montanaro, G., G. Celano, B. Dichio, and C. Xiloyannis. 2010a. "Effects of Soil-Protecting Agricultural Practices on Soil Organic Carbon and Productivity in Fruit Tree Orchards." *Land Degradation & Development* 21 (2): 132–38. https://doi.org/10.1002/ldr.917.

Montanaro, Giuseppe, Angelo C. Tuzio, Evangelos Xylogiannis, Antonis Kolimenakis, and Bartolomeo Dichio. 2016. “Carbon Budget in a Mediterranean Peach Orchard under Different Management Practices.” Agriculture, Ecosystems & Environment 238: 104–13. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.031.

Montanaro, Giuseppe, Cristos Xiloyannis, Vitale Nuzzo, and Bartolomeo Dichio. 2017. “Orchard Management, Soil Organic Carbon and Ecosystem Services in Mediterranean Fruit Tree Crops.” *Scientia Horticulturae* 217 (March): 92–101. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.012.

Morande, Jorge Andres, Christine M. Stockert, Garrett C. Liles, John N. Williams, David R. Smart, and Joshua H. Viers. 2017. “From Berries to Blocks: Carbon Stock Quantification of a California Vineyard.” *Carbon Balance and Management* 12 (February): 5. https://doi.org/10.1186/s13021-017-0071-3.

Nardino, M., F. Pernice, F. Rossi, T. Georgiadis, O. Facini, A. Motisi, and A. Drago. 2013. “Annual and Monthly Carbon Balance in an Intensively Managed Mediterranean Olive Orchard.” Photosynthetica 51 (1): 63–74. https://doi.org/10.1007/s11099-012-0079-6.

Panzacchi, Pietro, Giustino Tonon, Christian Ceccon, Francesca Scandellari, Maurizio Ventura, Marco Zibordi, and Massimo Tagliavini. 2012. “Belowground Carbon Allocation and Net Primary and Ecosystem Productivities in Apple Trees (Malus Domestica) as Affected by Soil Water Availability.” Plant and Soil 360 (1–2): 229–41. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1235-2.

Pellerin, Sylvain, Laure Barrière, Isabelle Savini, Lénaïc Pardon, and Philippe Chemineau. n.d. “Quelle contribution de l’agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?,” 96.

Rosemary, Anthony. 2013. “Carbon Storage in Orchard.” Bangor: School of Environment, Natural Resources and Geography Bangor University.

Roux, Philippe, Colin Miriam, Loiseau Elèonore, Dominique Grasselly, and A. Alaphilippe. 2018. “Sustain’apple: l’Analyse du Cycle de Vie comparée de circuits de commercialisation de la pomme.” presented at the Journée de restitution Inra Paris, Paris, November 31.

Scandellari, F., G. Liguori, G. Caruso, F. Meggio, P. Inglese, R. Gucci, A. Pitacco, G. Celano, and M. Tagliavini. 2017a. “Carbon Sequestration Potential of Italian Orchards and Vineyards.” Acta Horticulturae, no. 1177: 145–50. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1177.19.

Scandellari, Francesca, G. Liguori, F. Meggio, M. Palese Assunta, D. Zanotelli, G. Celano, R. Gucci, et al. 2016. “A Survey of Carbon Sequestration Potential of Orchards and Vineyards in Italy.” European Journal of Horticultural Science 81 (2): 106–14. https://doi.org/10.17660/eJHS.2016/81.2.4.

Špulerová, Jana, Veronika Piscová, Katarína Gerhátová, Andrej Bača, Henrik Kalivoda, and Róbert Kanka. 2015. “Orchards as Traces of Traditional Agricultural Landscape in Slovakia.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199: 67–76.

Stockmann, Uta, Mark A. Adams, John W. Crawford, Damien J. Field, Nilusha Henakaarchchi, Meaghan Jenkins, Budiman Minasny, et al. 2013. “The Knowns, Known Unknowns and Unknowns of Sequestration of Soil Organic Carbon.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164: 80–99. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001.

Tailleur, A., Benoist, A., Bessou, C., Gac, A., Godard, C., de Lacour, L., 2018. Application de différentes méthodes pour la prise en compte de l’évolution du stock de carbone organique en ACV sur 5 filières

agricoles Projet SOCLE, soil organic carbon changes in LCA, which evaluations to improve environmental assessments? ADEME.

Tozzini, L., A.N. Lakso, and J.A. Flore. 2015. “ESTIMATING THE CARBON FOOTPRINT OF MICHIGAN APPLE AND CHERRY TREES - LIFETIME DRY MATTER ACCUMULATION.” *Acta Horticulturae*, no. 1068: 85–90. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1068.9.

Wu, Ting, Yi Wang, Changjiang Yu, Rawee Chiarawipa, Xinzhong Zhang, Zhenhai Han, and Lianhai Wu. 2012. “Carbon Sequestration by Fruit Trees - Chinese Apple Orchards as an Example.” Edited by Carl J. Bernacchi. PLoS ONE 7 (6): e38883. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038883.

XX 2017b. “Carbon Sequestration Potential of Italian Orchards and Vineyards.” Acta Horticulturae, no. 1177: 145–50. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1177.19.

XX. 2002b. “Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?” . . *L*, 36.

XX. 2010b. “Effects of Soil-Protecting Agricultural Practices on Soil Organic Carbon and Productivity in Fruit Tree Orchards.” *Land Degradation & Development* 21 (2): 132–38. https://doi.org/10.1002/ldr.917.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 4.4, Le service de régulation du climat*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur **:** **https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres**

DOI : **https://prodinra.inra.fr/record/483007**

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 4.5
Le service de contrôle de l'érosion

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1.1 Le service du contrôle de l'érosion

En France, la seule érosion hydrique est responsable de 1,5 t/ha de perte de sol chaque année (Eurostat, 2018), soit une valeur supérieure au seuil d'irréversibilité à l'échelle d'une vie humaine, égal à 1 t/ha/an (Grimm et al., 2001). **Face à ce constat, les vergers sont des cultures présentant divers atouts pour préserver les sols et réguler cette érosion à la fois hydrique et éolienne : pérennité et systèmes racinaires puissants qui permettent une bonne fixation du sol pendant la durée de vie du verger, présence d'un enherbement permanent sur l'inter-rang et parfois sur le rang, faible travail du sol…**Les bénéficiaires directs de ce service de régulation de l'érosion par les vergers sont les producteurs, grâce à l'amélioration du potentiel agronomique du sol et à la potentielle diminution de l'utilisation d'engrais (Figure 1) (Therond et al., 2017). La société est également un bénéficiaire direct de ce service par la diminution des risques naturels (réduction des coulées boueuses, des inondations) et le maintien des paysages (stabilisation des versants de montagne) (Therond et al., 2017).

Il n'existe pas de données permettant d'évaluer le service de contrôle de l'érosion des vergers français. A l'échelle européenne, une étude estime les taux d'érosion moyens en vigne et en vergers à 9,3 t/ha/an, ce qui semble élevé par rapport à ceux des cultures annuelles (2,7 t/ha/an) et des prairies permanentes (1,9 t/ha/an) (Panagos et al., 2015). Cependant, cette comparaison directe entre cultures est biaisée si on ne considère pas les facteurs topographiques et les caractéristiques spécifiques des sols en cultures pérennes, entre autre la localisation de certains vignobles et vergers dans des zones à forte érodibilité (fortes pentes, épisodes de pluviométrie élevés), implantés justement dans le but de réduire l'érosion (García-Ruiz, 2010). Une autre étude à l'échelle européenne démontre que les vignobles ont des taux d'érosion avoisinant les 17 t/ha/an tandis que les vergers et les terres arables auraient des taux d'érosion de l'ordre de 3t/ha/an (Service de l'observation et des statistiques, 2015). A nouveau, le moindre enherbement des vignobles par rapport aux vergers peut expliquer en partie ces résultats. Ainsi, hors contexte ces chiffres ne permettent pas d'évaluer correctement le potentiel des vergers dans la régulation de l'érosion. Seule une étude chinoise, conduite à pentes égales pour toutes les cultures étudiées, indique que les vergers ont des taux d'érosion trois fois plus forts que les forêts et dix fois plus faibles que les terres arables (Chen et al., 2019) (Figure 2).

Les pratiques liées à la gestion du sol entrainent des variations du niveau de fourniture du service (Figure 1). L'implantation d'un enherbement par exemple est une pratique qui permet de diminuer l'érosion des sols : le choix d'espèces couvrantes ainsi que la gestion de l'enherbement au fil du temps (tonte, roulage, resemis) pourraient ainsi moduler la fourniture du service. L'enherbement doit néanmoins être raisonné en tenant compte également des effets de concurrence possible avec les arbres fruitiers pour la ressource en eau et nutriments du sol, surtout en période juvénile, concurrence qui peut générer alors un disservice au producteur.

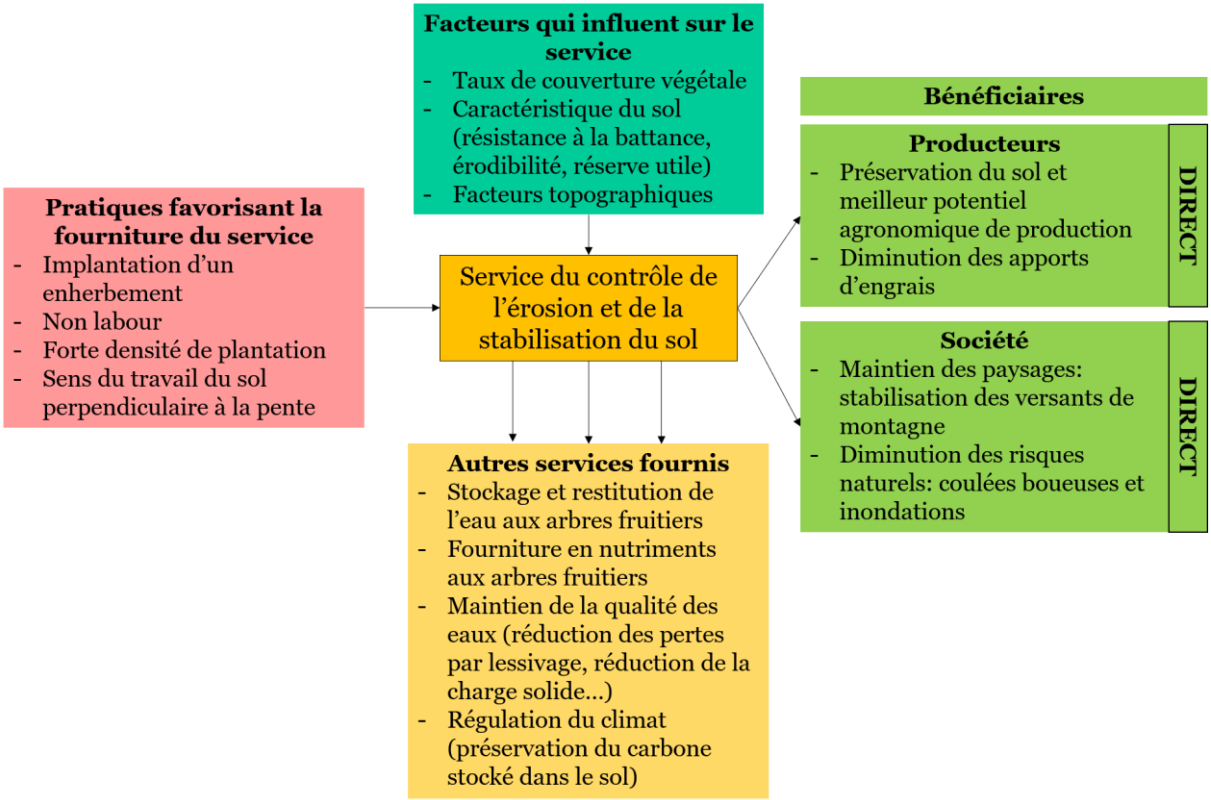
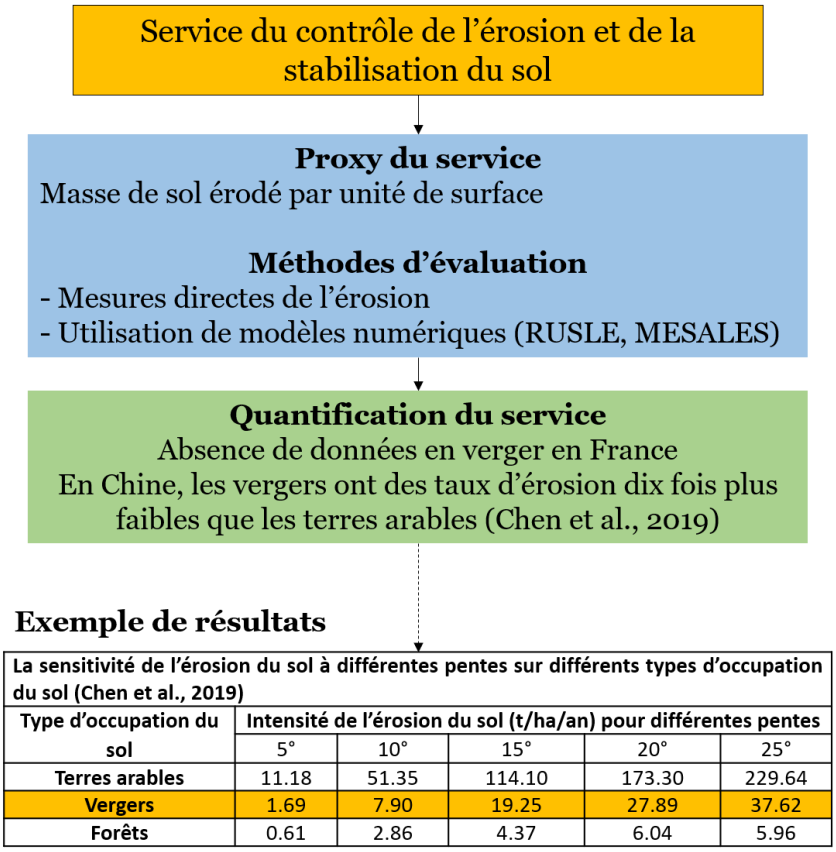


Figure 1 Déterminants et conséquences du service de contrôle de l'érosion fourni par les vergers aux producteurs et à la société



La sensitivité de l'érosion du sol à différentes pentes sur différents types d'occupation du sol (Chen et al., 2019)					
Type d'occupation du sol	Intensité de l'érosion du sol (t/ha/an) pour différentes pentes				
	5°	10°	15°	20°	25°
Terres arables	11.18	51.35	114.10	173.30	229.64
Vergers	1.69	7.90	19.25	27.89	37.62
Forêts	0.61	2.86	4.37	6.04	5.96

Figure 2 Indicateurs, méthode d'évaluation et résultats des recherches sur le service d'érosion en verger

1.1.1 Définition du service de stabilisation du sol et du contrôle de l'érosion

L'érosion est le flux de matières arrachées et transportées hors de la parcelle principalement par l'eau (érosion hydrique) et le vent (érosion éolienne). Elle est communément exprimée en tonnes de matières solides perdues par hectare et par an.

L'érosion est responsable de la perte de sol cultivable, c'est-à-dire de la couche superficielle du sol enrichie en matière organique. La quantité de sol présente sur une culture est le bilan de ce qui est produit par altération de la roche mère et de ce qui est perdu par érosion superficielle. La formation de sol est très lente et ne suffit pas à compenser les pertes par érosion**. Il est considéré qu'une érosion de plus de 1 t/ha/an est responsable d'une perte de sol qui sera irréversible à l'échelle de la vie humaine** (Grimm et al., 2001).

Le service de stabilisation des sols et de contrôle de l'érosion bénéficie aux producteurs via la préservation du sol et un meilleur potentiel agronomique de production (Figure 1) (Therond et al., 2017). Plus généralement**, la société est également bénéficiaire de ce service car il contribue à la stabilisation des versants dans les zones de montagnes, à la limitation des phénomènes de coulées**

boueuses, à la qualité des eaux de surface par réduction de sa charge solide[1] **(Figure 1)** (Therond et al., 2017)**.** La stabilisation des sols permet également d'éviter la contamination des eaux par l'éventuel relargage de pesticides présents dans les sols.

Les vergers présentent **plusieurs avantages pour réguler l'érosion des sols** (Dale and Polasky, 2007):

- **Caractère pérenne** qui permet d'éviter des périodes de sols nus
- **Systèmes racinaires puissants** qui permettent de bien fixer le sol de la parcelle
- **Présence fréquente d'un enherbement permanent sur l'inter-rang** qui limite le sol nu, plus facilement érodable
- **Absence de travail du sol après plantation pour la majorité des vergers.** Cependant, pour certains vergers, l'absence de labour peut entrainer la compaction du sol
- **Présence de haies**

Le sol étant un lieu de stockage d'eau et de nutriments, **le service de régulation de l'érosion qui** limite la perte de sol **permet de fournir d'autres services aux producteurs et à la société** en limitant la perte de sol (Figure 1) (Dale and Polasky, 2007; Lemercier and Walter, 2011; Therond et al., 2017) :

- Service de fourniture en nutriments aux arbres fruitiers
- Service de régulation du climat (réduction de la perte du carbone présent dans les sols)
- Service de stockage et de restitution de l'eau aux arbres fruitiers
- Service de maintien de la qualité des eaux de surfaces (par réduction de la charge solide, par diminution du ruissellement et lessivage des nitrates et des molécules de pesticides…)

1.1.2 Les facteurs qui influent sur le service de régulation de l'érosion

Les principaux facteurs qui influent sur le service de contrôle de l'érosion hydrique et éolienne sont présentés par ordre décroissant d'importance.

- **Le taux de couverture végétale du sol**

Il s'agit du premier facteur qui influe sur le taux d'érosion (Therond et al., 2017). La couverture végétale permet d'éviter l'érosion par divers mécanismes :

- Interception des précipitations par la végétation qui réduit l'énergie cinétique des gouttes de pluie et leur capacité à désagréger les sédiments de surface
- Augmentation de l'infiltration de l'eau le long de l'appareil racinaire des espèces herbacées
- Interception des particules solides dans l'eau qui ruisselle en formant une barrière physique
- Augmentation des flux d'évapotranspiration en période de risque de saturation du sol en eau. En période de sécheresse, l'évapotranspiration peut cependant augmenter le dessèchement superficiel du sol et en fonction de la texture des sols, augmenter le risque de battance.

Plusieurs études démontrent que le **ruissellement décroît de manière exponentielle avec le taux de couverture végétale** (Zuazo and Pleguezuelo, 2009). Ainsi, le choix des espèces semées dans les vergers impacte directement le service de régulation de l'érosion en fonction de leur capacité à recouvrir le sol.

- **La résistance à la battance du sol**

Il s'agit de la tendance d'un sol à former une croûte superficielle de colmatage. La battance d'un sol est directement reliée à sa stabilité structurale. La formation d'une croûte de battance limite les

[1] La charge solide regroupe les matériaux restant en suspension dans l'eau pendant un certain temps sans toucher le fond du lit, ni s'y déposer. Cette charge est fréquemment responsable de la turbidité des eaux.

capacités d'infiltration de l'eau dans le sol et favorise ainsi le ruissellement de surface lorsque le sol est nu.

- **L'érodibilité du sol**

Il s'agit de la tendance d'un sol à s'éroder pour un niveau de couverture végétale donnée. Elle dépend directement de la stabilité structurale du sol qui varie en fonction de nombreux facteurs physiques (texture, taux de matière organique, minéralogie, perméabilité…) et biologiques du sol (activités macro et microbiologiques…).

- **Les facteurs topographiques de la parcelle**

Les parcelles en pente ont des risques plus élevés de ruissellement de surface et donc d'érosion.

- **La réserve utile du sol**

La réserve utile est la quantité d'eau que le sol peut stocker. Un sol à faible réserve utile tendra à favoriser le ruissellement de surface et donc l'érosion. Cependant, en sols sableux, les faibles réserves utiles sont en partie compensées par une bonne infiltration de l'eau limitant ainsi les phénomènes de ruissellement de surface.

1.1.3 Méthodes et indicateurs pour évaluer le niveau de fourniture du service

- **Méthode d'évaluation du taux d'érosion éolienne en verger**

La grande majorité des études d'érosion porte sur l'érosion hydrique. Pourtant, l'érosion éolienne peut être importante dans les régions ventées comme l'Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur (Service de l'observation et des statistiques, 2015). Le quart des surfaces de ces régions est classé en zone à très forte sensibilité à l'érosion (Borrelli et al., 2014). Une carte européenne de la sensibilité des sols a été proposée par Borrelli et al. (2014) à partir des données de fractions érodables (Figure 61). La fraction érodable d'un sol est le pourcentage d'agrégats dont le diamètre est inférieur à 0,84 mm (López et al., 2007). Il s'agit de la taille maximale des particules qui peuvent être transportées par une large gamme de vitesses de vent testée (Chepil, 1950). La fraction érodable est calculée à partir des données de composition des sols (taux d'argile, de sable, de matière organique et de calcaire).

- **Méthodologie d'évaluation du taux d'érosion hydrique en verger**

A notre connaissance, il n'existe pas d'études qui discutent de la validité des indicateurs choisis pour évaluer le service de contrôle d'érosion hydrique et de stabilité des sols. Les indicateurs choisis sont très variés : surface sous la canopée d'une forêt dans une parcelle de cacaoyer, quantité de sédiments transférés dans la mer, fréquence de glissement de terrain, proportion de sols nus, type d'occupation du sol (Dale and Polasky, 2007; Layke et al., 2012).

  - **Evaluation du service de contrôle de l'érosion hydrique à l'échelle de la parcelle**

Une méthode directe d'évaluation du service de contrôle de l'érosion à l'échelle parcellaire est la mesure du maintien et de la redistribution des matières du sol. Après avoir délimité des plots de quelques m², sur des parcelles de sol homogène et de même pente, il s'agit de récupérer dans des contenants les eaux qui ruissellent jusqu'aux plots les plus en contrebas et de quantifier les sédiments recueillis (Dunjó et al., 2004). Afin d'étudier l'impact des paramètres de pluviométrie, certaines études utilisent des simulateurs de pluies mis en place sur le terrain (Cerdà et al., 2009; Keesstra et al., 2016). D'autres études quantifient les signatures isotopiques de certains éléments constituant les particules

de sol. Ces éléments isotopiques (comme le césium) peuvent être tracés et mesurés jusqu'à l'échelle du bassin versant (Van Oost et al., 2006).

Une autre approche est fondée sur des dispositifs observatoires de longue durée, comme le RMQS avec des mesures et un suivi dans le temps (tous les 10 ans) d'un réseau de parcelles en France.

- **Evaluation du service de contrôle de l'érosion hydrique à l'échelle nationale**

Plusieurs modèles empiriques ont été développés pour simuler les taux d'érosion du sol à de larges échelles en Europe. Ces modèles se basent sur une combinaison de données pédologiques, climatiques et agroécologiques. Le modèle RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard et al., 1997) a été utilisé pour l'évaluation du service de contrôle de l'érosion (Panagos et al., 2015; Therond et al., 2017). Ce modèle utilise 4 familles d'indicateurs en entrées :

- L'érodibilité du sol : proxy de la susceptibilité du sol à l'érosion par l'eau, qui dépend de sa texture, de sa structure et de son contenu en matière organique. Cet indicateur prend en compte la nature du couvert végétal et le mode de gestion de ce couvert ;
- Un indicateur topographique qui décrit les propriétés de la pente (angle, longueur, forme) ;
- L'érosivité des précipitations : proxy de la capacité des précipitations à transporter et à arracher les particules du sol par ruissellement.

D'autres modèles existent comme le modèle MESALES (Modèle d'Evaluation Spatiale de l'Aléa Erosion des Sols) (Le Bissonnais et al., 2002) ou le modèle PESERA (Kirkby et al., 2008).

Si ces modèles ont l'avantage de pouvoir évaluer les taux d'érosion sur de larges échelles spatiales, les limites principales résultent du manque de données et des incertitudes concernant les modes d'utilisation des terres et les propriétés du sol. De manière générale, l'information pédologique reste encore trop grossière en France (carte de sols au 1/1 000 000ème) pour faire tourner les modèles avec des grains d'analyse spatiale très fins. Il est également regrettable que la plupart de ces modèles ne comprennent pas une description explicite des processus physiques impliqués (Therond et al., 2017).

1.1.4 Evaluation des taux d'érosion en verger

- **Cartographie du taux d'érosion éolienne**

A notre connaissance, il n'existe pas d'études qui évaluent spécifiquement la capacité des vergers à réguler l'érosion par le vent. De manière générale, il existe peu d'études qui évaluent l'érosion éolienne.

La cartographie européenne de la sensibilité des sols à l'érosion éolienne (toute culture confondue), a été réalisée par Borrelli et al. (2014) à partir des données de fractions érodables, mais sans prendre en compte le mode d'occupation des sols. La Figure 3 présente la carte française issue de ce travail. Le pourtour méditerranéen ainsi que la vallée du Rhône ont des sensibilités élevées, dues notamment à la présence de vents forts et de sols secs (Service de l'observation et des statistiques, 2015).

Sans prise en compte de la diversité des facteurs de variabilité du mode d'occupation des sols, cette carte ne permet pas de faire un lien direct entre occupation des sols et risque d'érosion éolienne, et ne permet pas d'évaluer le rôle des vergers dans la limitation de cette érosion.

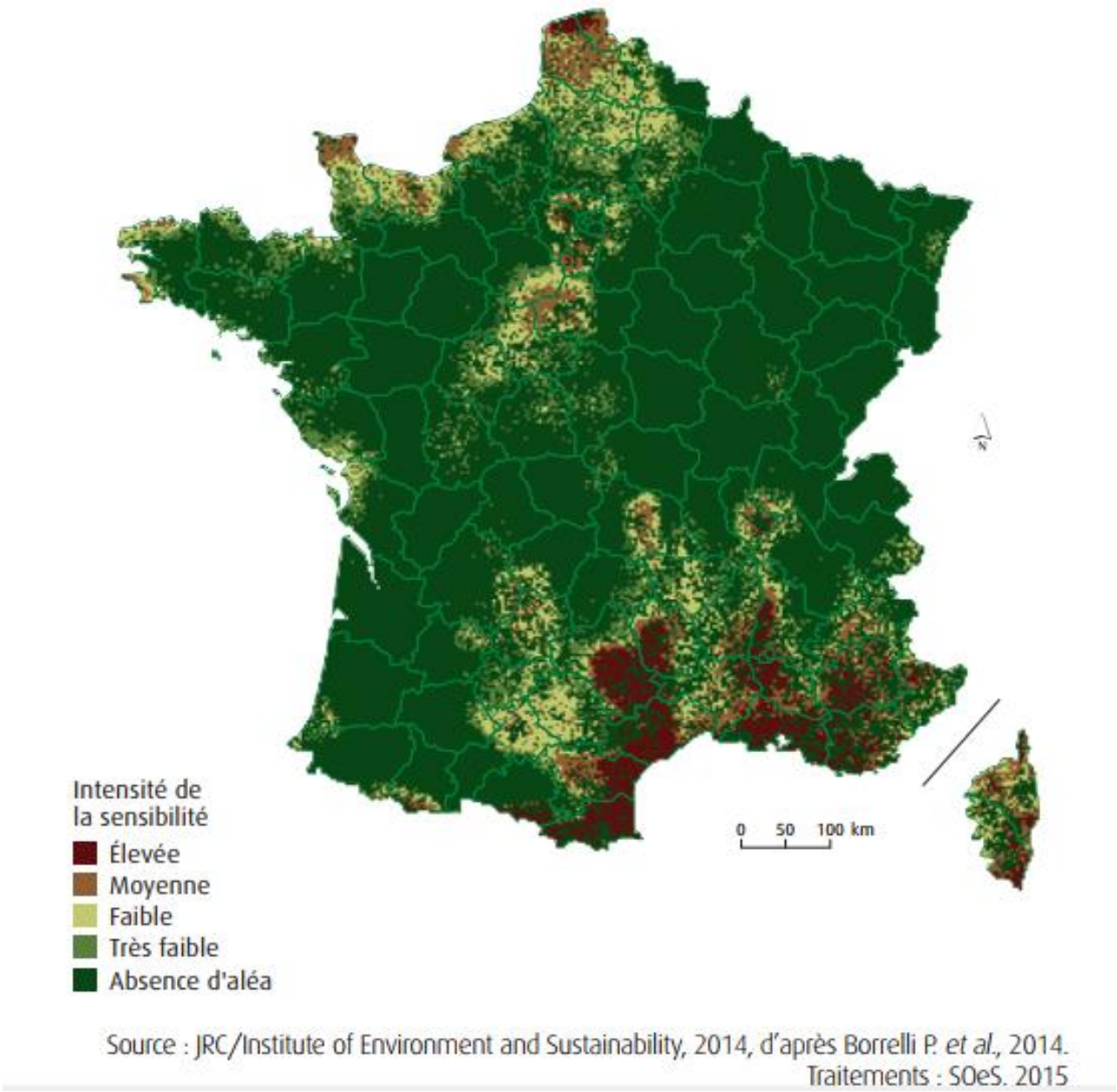


Figure 3 Intensité de la sensibilité à l'érosion éolienne en France. Source : Borrelli et al. (2014)

- **Taux d'érosion hydrique en verger**

En France, l'érosion hydrique des sols est estimée à 1,5 t/ha/an en moyenne, toute occupation du sol confondue, avec une très forte hétérogénéité spatiale (Eurostat, 2018). Elle est plus faible que la moyenne européenne qui s'élève à 2,4 t/ha/an (Panagos et al., 2015) mais demeure au-delà du seuil d'irréversibilité à l'échelle d'une vie humaine (1t/ha/an) (Grimm et al., 2001).

Le taux d'érosion moyen des sols a été cartographié à l'échelle européenne à partir du modèle RUSLE (Panagos et al., 2015; Renard et al., 1997). La Figure 4 présente la carte de l'aléa d'érosion hydrique en France lorsque celui-ci est le plus élevé en raison des fortes précipitations (septembre, octobre et novembre). Les régions fortement touchées par l'aléa de l'érosion hydrique pendant cette période et plus généralement sur l'ensemble de l'année sont le Nord, l'Est du Bassin Parisien, la vallée du Rhône

et le Sud-Ouest. Ces régions présentent la particularité d'avoir des sols limoneux, fortement arrosés et cultivés. Le pourtour méditerranéen présente des aléas d'érosion particulièrement forts en automne mais faibles pendant le reste de l'année (Therond et al., 2017), dus aux épisodes de précipitations intenses lorsque les sols sont secs à la fin de l'été. Il est intéressant de noter que cette carte des risques d'érosion hydrique se distingue de la carte de sensibilité d'érosion éolienne (Borrelli et al., 2014). Les processus de ces deux types d'érosion étant différents, les mécanismes de régulation sont également différents. Ainsi, la quantification du service de régulation de l'érosion doit également être différentiée suivant la cause de l'érosion.

Comme précédemment, cette carte permet de localiser les zones les plus sensibles à l'érosion hydrique, mais ne permet pas de quantifier le rôle de régulation de ce risque en verger.

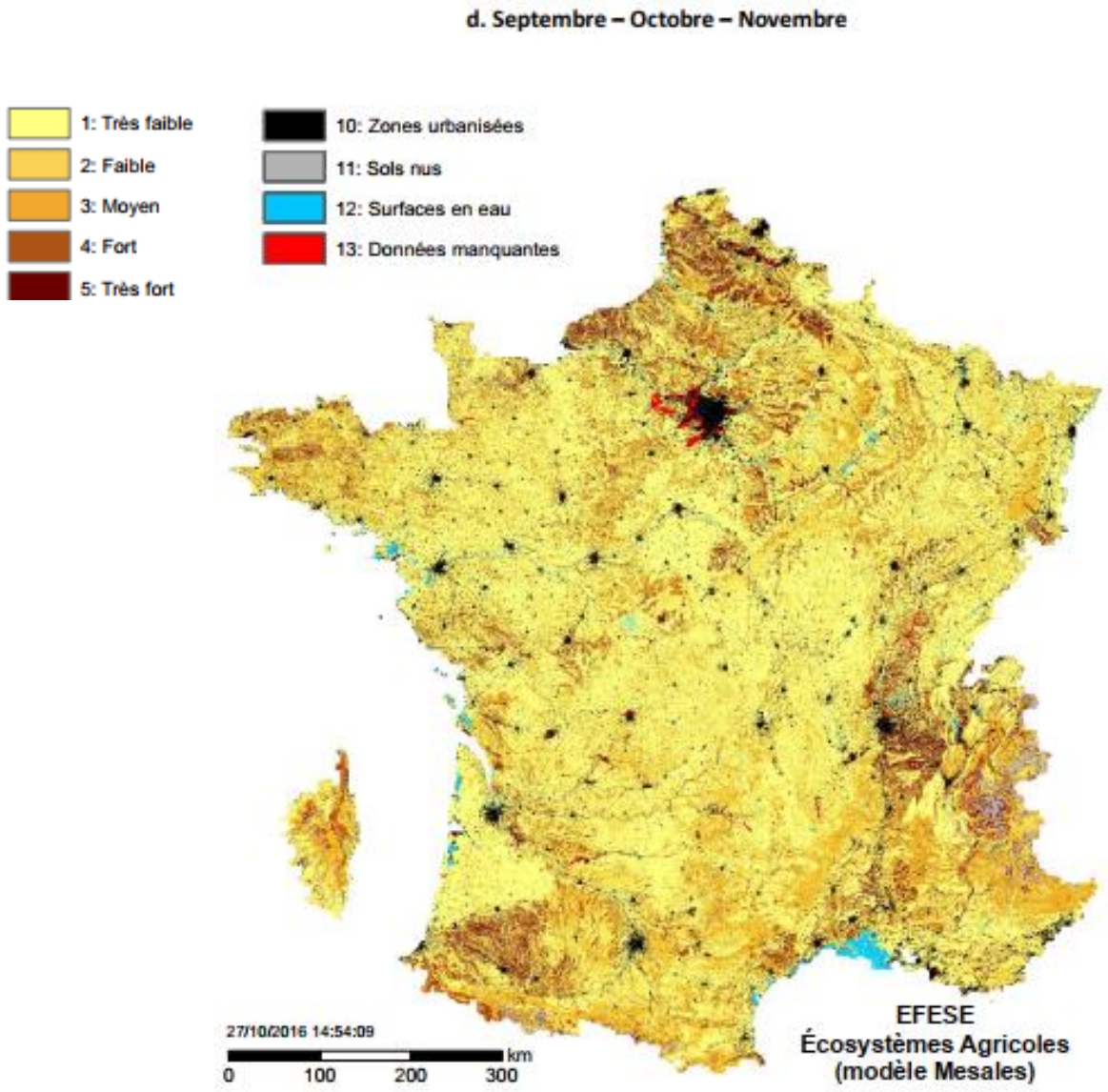


Figure 4 Carte française de l'aléa d'érosion hydrique en septembre, en octobre et en décembre. Source : Therond et al. (2017)

Le croisement de cette carte avec la carte des occupations de sols issues de la base de données CORINE Land Cover a permis d'estimer un taux d'érosion moyen par grands types de culture (Panagos et al., 2015). Le Tableau 1 indique que **les cultures permanentes se situent sur des zones ayant des taux d'érosion moyens plus élevés (9,26 t/ha/an) que les autres cultures.**

Cependant, ces résultats ne renseignent pas sur la capacité des vergers à réguler l'érosion car ils ne s'affranchissent pas des effets des caractéristiques des sols où ils sont implantés (pente, texture du sol, contexte pédoclimatique, etc.). Ils **ne permettent pas de prouver que l'érosion d'une parcelle de verger est plus faible ou plus forte que l'érosion de cette même parcelle si elle était occupée par une autre culture. Ainsi, les taux d'érosion plus élevés en cultures pérennes ne signifient pas que ces cultures ne fournissent pas un service de régulation de l'érosion.** Au contraire, certaines mesures de la PAC dans les années 90 visaient à inciter la plantation de vergers plutôt que d'autres cultures pour stabiliser le sol dans des zones à fortes érosions (García-Ruiz, 2010). Ce fait explique la localisation actuelle de certains vergers comme les oliviers, dans des zones fortement érodables (fortes pentes, fortes précipitations) : dans ce cas l'érosion est donc la cause de la présence de l'olivier et non l'inverse !

Par ailleurs, il n'est pas satisfaisant de mélanger les résultats de l'ensemble des plantes pérennes qui n'ont pas le même poids dans l'occupation des surfaces (87% de vignobles et 13% de vergers) : le taux d'érosion sur les vergers ne peut être déduit, sans précaution, des valeurs obtenues sur l'ensemble des pérennes. **Ainsi, selon une autre référence, les taux d'érosion enregistrés en vignoble s'élèveraient en moyenne à 17 t/ha/an tandis que les taux d'érosion en terres arables et en vergers seraient en moyenne de 3 t/ha/an** (Service de l'observation et des statistiques, 2015)**.** A nouveau, ces taux d'érosion élevés des vignobles peuvent en partie résulter de leur localisation importante dans des zones méditerranéennes vallonnées avec d'importantes précipitations érosives (Panagos et al., 2015). De plus, les vignobles sont généralement caractérisés par des proportions de sol nu plus élevées que les autres espèces cultivées, dont les vergers.

Tableau 1 Taux d'érosion moyens des grands types de culture estimés à partir du modèle RUSLE à l'échelle européenne. Source : (Panagos et al., 2015)

Culture	Taux d'érosion moyens (t/ha/an)
Terres arables	2,72
Cultures permanentes	9,26
Prairies permanentes	1,93
Zones agricoles hétérogènes	4,36
Forêt	0,07

Une étude chinoise a estimé l'intensité de l'érosion en fonction de différents types d'occupation du sol et de différentes pentes (Tableau 2). L**es vergers représentaient 39% de la surface agricole mais étaient responsables de 12% de l'érosion totale sur le lieu d'étude (Bassin versant du Yujiahe). En faible pente, les vergers ont montré une intensité d'érosion du sol 10 fois plus faible que les terres arables, et 3 fois plus fortes que les forêts (Chen et al., 2019). A l'inverse des cas précédents, cette étude permet de distinguer de façon pertinente l'effet de la pente des effets propres aux caractéristiques du couvert, mais elle est moins représentative du service du contrôle de l'érosion par les vergers français du fait des différences de contexte pédoclimatique et d'espèces étudiées.**

Tableau 2 Intensité de l'érosion du sol à différentes pentes et pour différents types d'occupation du sol. Source : Chen et al. (2019)

Type d'occupation du sol	Intensité de l'érosion du sol (t/ha/an) pour différentes pentes				
	5°	10°	15°	20°	25°
Terres arables	11.18	51.35	114.10	173.30	229.64
Vergers	1.69	7.90	19.25	27.89	37.62
Forêts	0.61	2.86	4.37	6.04	5.96

Ainsi, il existe peu de données vraiment spécifiques aux vergers en France. La plupart des études européennes portant sur l'érosion en verger sont situées en zones méditerranéennes et plus particulièrement en Espagne (Cerdà et al., 2009; Dunjó et al., 2004; García-Ruiz, 2010; Keesstra et al., 2016) où les terres agricoles sont particulièrement touchées par ce phénomène. Elles ne peuvent donc être facilement généralisées à l'ensemble du territoire français.

Il existe aussi des spécificités liées aux espèces fruitières. Ainsi l'olivier, souvent implanté sur des pentes raides, à de faibles densités et dans des zones méditerranéennes aux événements climatiques pluvieux ponctuellement intenses, semble plus exposé que d'autres espèces aux risques d'érosion (Dunjó et al., 2004; García-Ruiz, 2010). Le Tableau 3 présente les taux de ruissellement et taux d'érosion moyens mesurés sur un été en Espagne. Ces deux taux sont globalement plutôt bas (de 1,3 à 4,3 l/m² pour le ruissellement et 0,2 à 1,6 t/ha pour le taux d'érosion). Le taux d'érosion maximal est atteint dans les parcelles d'oliviers (1,6t/ha), résultat probablement à relier à la plus forte pente (25%) et à un taux très faible de végétation (25%).

Tableau 3 Taux de ruissellement et d'érosion moyens en été selon l'occupation du sol en Espagne. La somme du taux de végétation et de sol nu n'est pas égale à 100% car les auteurs de l'étude ont considéré la surface de pierrosité. Source : Dunjó et al. (2004)

Espèce fruitière	Pente	Taux de végétation	Taux de sol nu	Taux de ruissellement (l/m²)	Taux d'érosion (t/ha)
Oliviers	25%	25%	70%	4,3	1,6
Oliviers abandonnés	20%	75%	20%	1,6	0,03
Vignes	18%	15%	70%	2,8	0,1
Vignes abandonnées	20%	30%	50%	1,3	0,2

Cultivés dans des conditions assez proches de celles des oliviers, les amandiers peuvent également être présents sur sols pentus. Cependant, il existe peu de données sur le taux d'érosion pour cette espèce (Dunjó et al., 2004).

- **Les taux d'enherbement des vergers par rapport aux autres cultures**

La couverture d'un sol étant l'un des facteurs principaux qui influent sur l'érosion, examiner les taux de couverture des vergers peut être un proxy de leur capacité de contrôler l'érosion.

L'indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un proxy de la quantité de tissus chlorophylliens présents sur une surface donnée de sol, évaluée sur des images obtenues en télédétection. Ces données sont accessibles à une résolution spatiale de 250m et une résolution temporelle de 8 jours. Cet indice estime donc le taux de recouvrement végétal des terres agricoles.

L'étude EFESE a défini des classes de valeurs de NDVI en fonction du type d'occupation de sol (Therond et al., 2017). Les valeurs de NDVI sont des moyennes effectuées sur l'ensemble de l'année de 2005 à 2015. Le Tableau 4 présente ces fourchettes de valeurs pour chaque type d'occupation du sol.

Les cultures permanentes (arboriculture et viticulture) ont des NDVI légèrement supérieurs aux terres arables (ces dernières, non permanentes, peuvent avoir des périodes de sols nus). Ces NDVI sont cependant légèrement inférieurs à ceux des zones agricoles hétérogènes (agroforesterie, cultures annuelles associées à des cultures pérennes…) et inférieurs à ceux des prairies et pâturages.

Tableau 4 Valeurs moyennes des classes de NDVI en fonction de chaque occupation du sol. Source : Therond et al. (2017)

Type d'occupation du sol	Classe NDVI
Terres arables	0-0,5
Cultures permanentes	0,5-0,6
Zones agricoles hétérogènes[2]	0,6-0,7
Prairies et pâturages	0,7-1

1.1.5 Les pratiques culturales qui modulent le service de régulation de l'érosion

- Densité de plantation des vergers

La densité de plantation des vergers impacte directement le niveau d'érosion. Si de forts niveaux d'érosion sont enregistrés en parcelles d'oliviers, c'est également dû à leurs faibles densités de plantation par rapport aux autres arbres fruitiers (García-Ruiz, 2010). A titre d'exemple, les densités minimales peuvent être de l'ordre de 100 arbres/ha dans les systèmes traditionnels d'oliviers en Andalousie (Gómez et al., 2004) tandis qu'un verger de pommiers a une densité de plantation de l'ordre de 2000 pieds/ha. Ces densités de plantation engendrent néanmoins des développements de systèmes racinaires et de canopée différents qui modulent en retour l'effet spécifique de chaque arbre au sein du verger.

- Sens de travail du sol des vergers

Le sens de travail impacte directement l'érosion des sols des vergers : si les rangs et le labour sont parallèles à la pente, l'érosion est augmentée. Le sens d'un labour peut doubler voire quadrupler les taux d'érosion. Ainsi, en verger d'amandiers, un labour dans le sens de la pente provoquerait une érosion de 3,6 à 5,9 mm/an tandis qu'un labour dans le sens perpendiculaire de la pente serait responsable d'une érosion de 1,5 à 2,6 mm/an (Poesen and Hooke, 1997).

- La gestion de l'enherbement et la gestion du sol

Les pratiques de gestion de l'enherbement impactent le service de régulation de l'érosion car elles modulent le taux de couverture du sol. Des études ont comparé les taux d'érosion de vergers d'oliviers dont les pratiques de gestion du sol étaient différentes : (i) traitements herbicides, (ii) plantes de couvert semées dans les inter-rangs comme l'orge et (iii) labour régulier pour contrôler les adventices (Gómez et al., 2004, 2003). Les taux d'érosion les plus élevés étaient enregistrés dans les modalités avec herbicide (8,5 t/ha/an associé à un taux de ruissellement de 21,5%) et les plus faibles se trouvaient

[2] Les zones agricoles hétérogènes comprennent les cultures annuelles associées à des cultures pérennes, des systèmes culturaux et parcellaires complexes, des surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants, des territoires en agroforesterie

dans les modalités de couverts d'orge (1,2 t/ha associé à un taux de ruissellement de 2,5%). La modalité labourée présentait des taux d'érosion intermédiaires (4 t/ha/an associé à des taux de ruissellement de 7,4%). De plus, Dunjó et al. (2004) montrent que des parcelles d'oliviers avec un taux de végétation plus élevé ont des taux d'érosion plus faibles : 1,6 t/ha d'érosion pour une parcelle à 25% de végétation sur le sol contre 0,03 t/ha pour une parcelle à 75% de végétation (Tableau 3). Ces résultats illustrent bien l'effet positif du couvert sur l'érosion.

Tableau 5 Taux d'érosion (t/ha/an) et ruissellement (en %) en verger d'oliviers en fonction du mode de gestion du sol. Source : (Gómez et al., 2004, 2003)

Mode de gestion du sol	Ruissellement (%)	Taux d'érosion (t/ha/an)
Traitements herbicides	21,5%	8,5
Plantes de couvert (orge)	2,5%	1,2
Labours (4 passages par an)	7,4%	4

Des résultats similaires ont été démontrés en verger d'abricotiers (Keesstra et al., 2016). La Figure 5 représente les taux d'érosion de différentes modalités de gestion du sol de vergers d'abricotiers en fonction du taux de ruissellement (Keesstra et al., 2016). Les modalités herbicides présentent également les taux d'érosion les plus élevés allant de 0,4 t/ha/an à 1,7 t/ha/an associés à un taux de ruissellement de 22% à 57%. Les modalités labourées présentent des taux d'érosion intermédiaires sur des intervalles de 0,2 à 1 t/ha/an, associés à des taux de ruissellement de moins de 15% (Figure 5). Les taux d'érosion les plus faibles sont des modalités couvertes par de l'enherbement, de la litière ou des broyats de branches (moins de 0,2 t/ha/an associés à des taux de ruissellement faibles de moins de 7%).

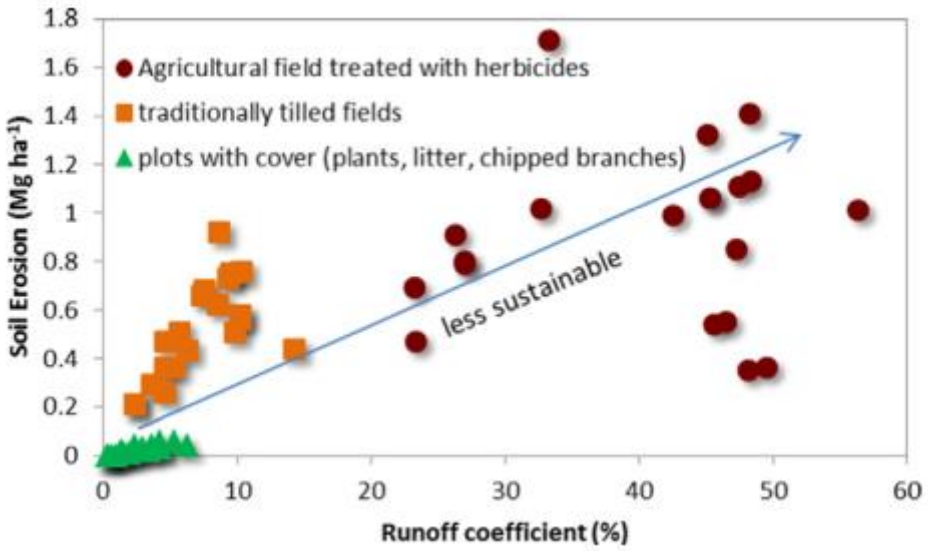


Figure 5 Taux d'érosion du sol de vergers d'abricotiers (t/ha) en fonction du taux de ruissellement (% d'eau de pluie) pour différentes modalités de gestion du sol : herbicides en rouge, sols labourés en orange et sol couvert (enherbement, litière ou branches broyées) en vert. Source : Keesstra et al. (2016)

Une étude a également quantifié l'érosion causée par le labour en verger d'amandiers en Espagne. Le travail du sol effectué plusieurs fois dans l'année était responsable d'une érosion allant de 1,5 à 5,9 mm/an (Poesen and Hooke, 1997).

L’irrigation par aspersion sous frondaison et sur frondaison, peut avoir un effet positif sur le service écosystémique car elle va favoriser l’enherbement. Ce n’est pas le cas en pratique d’irrigation localisée en goutte-à-goutte qui, par contre est plus économe en eau.

A notre connaissance, il n’existe pas d’études qui quantifient les taux d’érosion en fonction du mode d’irrigation et des quantités d’eau apportées.

D’autres facteurs pourraient impacter l’érosion en verger comme le type de système racinaire (pivotant/traçante) ou le choix du porte-greffe mais à notre connaissance, aucune étude n’a testé ces facteurs.

Bibliographie

Borrelli, P., Ballabio, C., Panagos, P., Montanarella, L., 2014. Wind erosion susceptibility of European soils. Geoderma 232–234, 471–478.

Cerdà, A., Morera, A.G., Bodí, M.B., 2009. Soil and water losses from new citrus orchards growing on sloped soils in the western Mediterranean basin. Earth Surface Processes and Landforms 34, 1822–1830.

Chen, Z., Wang, L., Wei, A., Gao, J., Lu, Y., Zhou, J., 2019. Land-use change from arable lands to orchards reduced soil erosion and increased nutrient loss in a small catchment. Science of The Total Environment 648, 1097–1104.

Dale, V.H., Polasky, S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. Ecological Economics, Special Section - Ecosystem Services and Agriculture 64, 286–296.

Dunjó, G., Pardini, G., Gispert, M., 2004. The role of land use–land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. Journal of Arid Environments 57, 239–256.

Eurostat, 2018. Agri-environmental indicator - soil erosion - Statistics Explained [WWW Document]. URL https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_soil_erosion (accessed 6.21.19).

García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. CATENA 81, 1–11.

Gómez, J.A., Battany, M., Renschler, C.S., Fereres, E., 2003. Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. Soil Use and Management 19, 127–134.

Gómez, J.A., Romero, P., Giráldez, J.V., Fereres, E., 2004. Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management. Soil Use and Management 20, 426–431.

Grimm, M., Jones, R., Montanarella, L., 2001. Soil erosion risk in Europe. Citeseer.

Keesstra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E.C., Azorin-Molina, C., Parras-Alcántara, L., Jordán, A., Cerdà, A., 2016. Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. Science of The Total Environment 551–552, 357–366.

Kirkby, M.J., Irvine, B.J., Jones, R.J.A., Govers, G., 2008. The PESERA coarse scale erosion model for Europe. I. – Model rationale and implementation. European Journal of Soil Science 59, 1293–1306.

Layke, C., Mapendembe, A., Brown, C., Walpole, M., Winn, J., 2012. Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: An analysis and next steps. Ecological Indicators, Indicators of environmental sustainability: From concept to applications 17, 77–87.

Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J., King, D., 2002. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. CATENA 46, 207–220.

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C., 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy 54, 438–447.

Poesen, J.W.A., Hooke, J.M., 1997. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. Progress in Physical Geography: Earth and Environment 21, 157–199.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture Washington, DC.

Service de l'observation et des statistiques, 2015. Sols et environnement Chiffres clés Édition 2015, Repères. Commissariat général au développement durable.

Therond, O., Tichit, M., Tibi, A., Accatino, F., Biju-Duval, L., Bockstaller, C., Bohan, D., Boval, M., Cahuzac, E., Casellas, E., Chauvel, B., Choler, P., Constantin, J., Cousin, I., Daroussin, J., David, M., Delacote, P., Derocles, S., De Sousa, L., Domingues Santos, J.-P., Dross, C., Duru, M., Eugène, M., Fontaine, C., Garcia, B., Geijzendorffer, I., Girardin, A., Graux, A.-I., Jouven, M., Langlois, B., Le Bas, C., Le Bissonnais, Y., Lelièvre, V., Lifran, V., Maigné, E., Martin, G., Martin, R., Martin-Laurent, F., Martinet, V., McLaughlin, O., Meillet, A., Mignolet, C., Mouchet, M., Nozières-Petit, M.-O., Ostermann, O.-P., Paracchini, M., Pellerin, S., Peyraud, J.-L., Petit-Michaut, S., Picaud, C., Plantureux, S., Poméon, T., Porcher, E., Puech, T., Puillet, L., Rambonilaza, T., Raynal, H., Resmond, R., Ripoche, D., Ruget, F., Rulleau, B., Rush, A., Salles, J.-M., Sauvant, D., Schott, C., Tardieu, L., 2017. Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles (Rapport d'étude). Inra, France.

Van Oost, K., Govers, G., De Alba, S., Quine, T.A., 2006. Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. Progress in Physical Geography: Earth and Environment 30, 443–466.

Zuazo, V.H.D., Pleguezuelo, C.R.R., 2009. Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review. In: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S., Alberola, C. (Eds.), Sustainable Agriculture. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 785–811.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 4.5, Le service de contrôle de l'érosion*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 5
Santé, bien être, plaisir conférés par la consommation de fruits

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1. Santé, bien-être, plaisir conférés par la consommation de fruits

La santé est une notion définie par l'OMS comme « un état complet de bien-être physique, mental et social ». La consommation de fruits contribue à remplir l'ensemble des conditions définies par un bon état de santé (Figure).

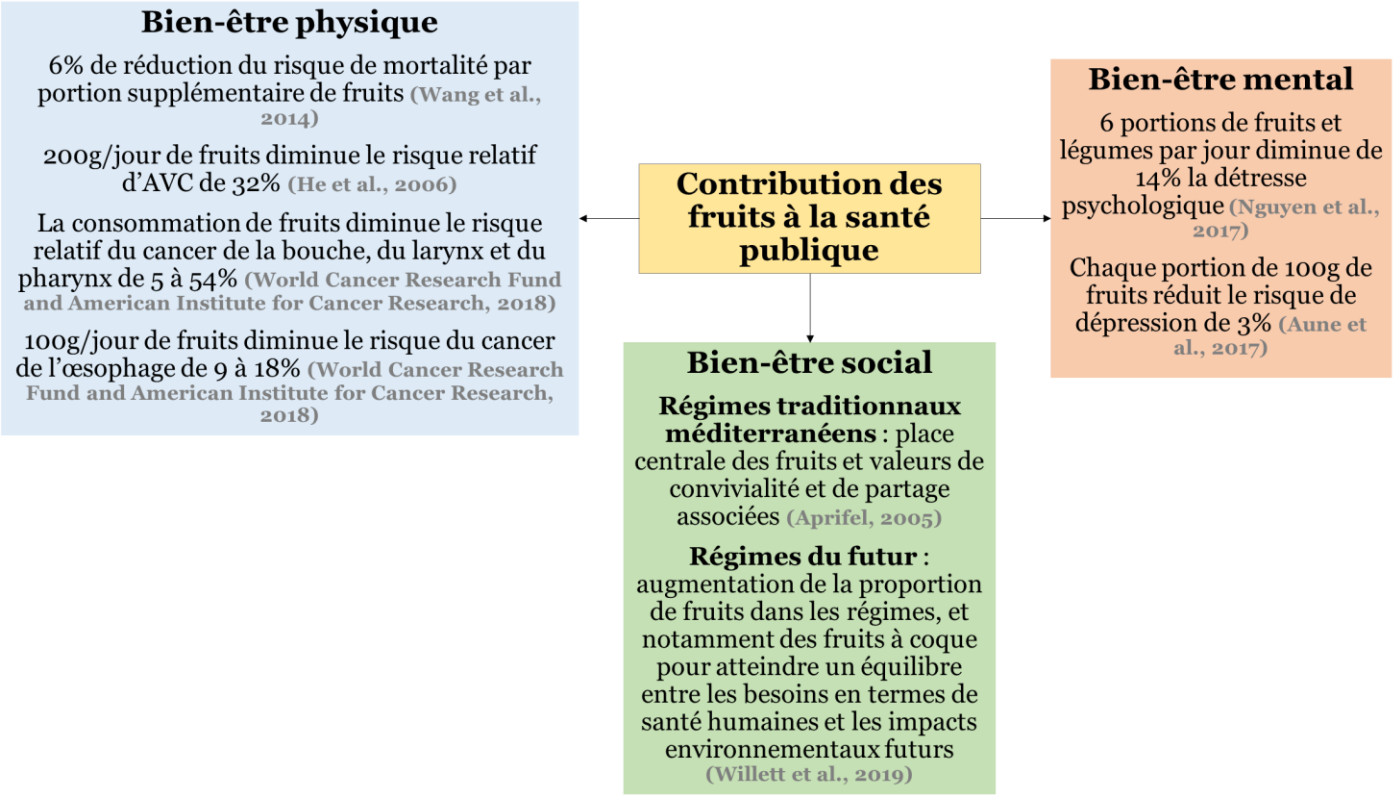


Figure Schéma de synthèse de la contribution des fruits à la santé publique

Note : dans ce rapport, l'exposition aux pesticides des consommateurs sera traitée à travers la mesure des résidus présents sur les fruits, et l'impact des pesticides sur la santé humaine sera traité sous l'angle des risques de développement de maladies chez les professionnels qui appliquent les produits phytosanitaires.

1.1 Les atouts nutritionnels des fruits

1.1.1 Les caractéristiques nutritionnelles générales des fruits

Créée en 1985, la base CIQUAL (Centre d'Information sur la QUALité des aliments), gérée par l'ANSES collecte, produit et évalue des données de composition nutritionnelle d'aliments. L'ensemble des données de cette partie provienne de cette base (CIQUAL, 2017). Le Tableau présente les valeurs maximales et minimales des concentrations de nutriments présents dans les fruits. Ces concentrations sont rapportées à 100g de fruits frais et non pas à la portion de fruits. Ainsi, si certaines valeurs sont élevées pour les fruits rouges et fruits à coques, il faut garder à l'esprit que les portions consommées sont souvent plus petites que les fruits à noyau ou à pépins. Les fruits considérés comme source de

nutriments sont les fruits contenant au minimum 15% des Apports Journaliers Recommandés tandis que les fruits considérés comme étant riches en nutriment contiennent 30% des Apports Journaliers Recommandés. Il est important de rappeler que même si un fruit est considéré comme source ou riche en nutriment, il pourra être un faible contributeur aux apports des individus si la consommation est limitée et épisodique et inversement pour un fruit pauvre en nutriment qui est consommé en quantité importante et fréquemment.

- **Apport énergétique**

Les fruits sont caractérisés par leur faible apport calorique du fait de leur richesse en eau et de leurs faibles teneurs en lipides. Les apports énergétiques des fruits vont de 30 à 700 Kcal/100g (Aprifel, 2019a).

- **Fibres**

Les fibres sont des polymères glucidiques (cellulose, hémicellulose, pectine…). Résistantes aux enzymes digestives humaines, elles ne sont pas digérées et n'apportent ni énergie, ni nutriment. Les fruits sont sources de fibres, qui agissent sur la satiété, l'excrétion fécale et l'activité motrice de l'intestin (Aprifel, 2019a). Les fibres ont également des effets physiologiques importants sur les métabolismes glucidiques et lipidiques notamment en diminuant l'index glycémique et l'absorption du cholestérol. La quantité de fibres des fruits est comprise entre 1 à 10 g/100g (CIQUAL, 2017).

- **Protéines**

Les protéines sont des molécules azotées, constituées d'enchainement d'acides aminés. Si la consommation de viande est bien connue pour apporter des protéines, certains fruits en contiennent également. Cependant, les protéines végétales ont des plus faibles digestibilités et teneurs en acides aminés essentiels que les protéines d'origine animale. Les teneurs en protéines des fruits sont comprises entre 0,3 et plus de 20 g/100g (CIQUAL, 2017).

- **Vitamine C**

La vitamine C ou acide L-ascorbique est une vitamine hydrosoluble qui contribue à de nombreuses fonctions du métabolisme (fonctionnement du système immunitaire, formation de collagène, fonctionnement du système nerveux, réduction de la fatigue, protection des cellules contre le stress oxydatif…). De plus, la vitamine C accroît l'absorption de fer. Les fruits sont connus pour sources de vitamine C. Les teneurs en vitamine C des fruits sont comprises entre 1 à plus de 100mg/100g (CIQUAL, 2017).

- **Calcium, fer, potassium et magnésium**

Le calcium contribue à la formation des os et des dents, à la coagulation sanguine, la transmission nerveuse, le fonctionnement musculaire, etc. Une insuffisance en calcium peut réciproquement aboutir à termes à la destruction osseuse et à l'ostéoporose (Aprifel, 2019b). Les concentrations en calcium des fruits vont globalement de 5 mg/100g à 55 mg/100g (CIQUAL, 2017).

Le fer contribue au fonctionnement cognitif, au métabolisme énergétique, à la formation de globules rouges et d'hémoglobine, au transport de l'oxygène, etc. (Aprifel, 2019b). Une carence en fer peut causer des anémies. Les concentrations de fer des fruits sont comprises entre 0,1 et 2mg/100g (CIQUAL, 2017).

Le potassium est présent dans chaque cellule de notre organisme. Il conditionne la quantité d'eau présente dans les cellules et est essentiel à l'action de nombreuses enzymes (Cardenas, 2016). Il

intervient dans la sécrétion de suc gastrique et est essentiel au bon fonctionnement du système nerveux et des muscles. De plus, il régule le rythme cardiaque et module la pression artérielle. Les fruits sont sources de potassium. Ils en contiennent entre 70 mg/100g à 700 mg/100g (CIQUAL, 2017).

Le magnésium contribue au bon fonctionnement des enzymes et participe au métabolisme des lipides, à la synthèse des protéines et à la dégradation du glucose (Daine, 2019). Il est essentiel à la transmission neuro-musculaire de l'influx nerveux et à la régulation du rythme cardiaque. La teneur en magnésium des fruits est très variable et est comprise entre 6 et 230 mg/100g (CIQUAL, 2017).

- **Polyphénols**

Les polyphénols possèdent de nombreuses propriétés biologiques. Ils sont antioxydants, anti-inflammatoires, antimutagènes, antiprolifératifs ou antiangiogéniques (Aprifel, 2016). La consommation d'aliments riches en polyphénols contribuerait à diminuer les risques de maladies cardiovasculaires et de diabète. Certaines études démontrent même leurs rôles dans la prévention du déclin physique et mental associé au vieillissement (Aprifel, 2016). La concentration de polyphénols dans les fruits est fortement variable et est comprise entre 0,1 mg/100g à 1,2 g/100g de fruits.

1.1.2 Les caractéristiques nutritionnelles spécifiques à certaines catégories de fruits

Certaines catégories de fruits procurent des bienfaits nutritionnels qui leurs sont caractéristiques. Les paragraphes suivants en détaillent quelques-uns pour certaines familles de fruits (tableau).

- Agrumes

Les agrumes sont des fruits acides, riches en vitamine C et qui apportent des caroténoïdes[1] (CIQUAL, 2017). L'orange et le citron font partie des fruits aux teneurs en vitamine C les plus élevées : l'orange contient 57 mg/100g de vitamine C et le citron 51 mg/100g. Ces deux agrumes contribuent à 30% aux apports journaliers recommandés. Leurs densités énergétiques font partie des plus faibles parmi les fruits. Le citron vert procure par exemple 33 Kcal pour 100g de fruits consommés et le pomélo (35 Kcal/100g). Deux flavonoïdes, une sous classe des polpyhénols, (héspiridène et héspérétine) sont présents dans les agrumes et peuvent réduire les troubles cardiovasculaires et le diabète grâce à leurs propriétés antiplaquettaires et anticoagulants (Parhiz et al., 2015; Roohbakhsh et al., 2015). Deux autres flavonoïdes (naringine et naringénine) présente des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes (Alam et al., 2014).

- Fruits rouges

Les fruits rouges sont composés de très grandes quantités de nutriments comparés à leurs poids. Ce sont des fruits riches en fibres. Le cassis et la framboise font partie des fruits contenants les plus grandes teneurs en fibres : 5,8 g/100g de fibres pour le cassis et 6 g/100g de fibres pour la framboise. Les fruits rouges constituent un apport protéique important rapporté au poids de ces fruits : la groseille, le cassis, la mûre et la framboise font partie des fruits les plus riches en protéines (1,3 g/100g). Les fruits rouges sont très riches en vitamine C comme le cassis (181 mg/100g) qui est la teneur la plus élevée des fruits compris dans ce rapport ou la fraise (67 mg/100g). Les fruits rouges sont riches en calcium. Les deux fruits rouges contenant le plus de calcium et de fer sont la mûre et le

[1] Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles de couleur orange ou jaune. Ces molécules sont des précurseurs essentiels de la vitamine A (propriétés d'antioxydants et intervention dans la régulation des défenses naturelles de l'organismes)

cassis : la mûre qui contient 39 mg/100g de calcium et 1,9 mg/100g de fer et le cassis qui contient 57,1 mg/100g de calcium et 1,2 mg/100g de fer. Les fruits rouges sont les aliments les plus riches en polyphénols totaux : la framboise (207,3 mg/100g), la mûre (256,7 mg/100g) et le cassis (621,9 mg/100g) font partie des fruits les plus riches en polyphénols et plus particulièrement en flavonoïdes (flavonol et anthocyanine).

- Fruits à coque

Les fruits à coque procurent de nombreux nutriments si on les rapporte à leurs poids. Ce sont les fruits ayant des apports énergétiques les plus élevés : l'amande (133 Kcal/100g), la noisette (680 Kcal/100g) et la noix (703 Kcal/100g) sont les fruits aux densités énergétiques les plus élevées. Les fruits à coque contiennent beaucoup de fibres : la noix (5,6 g/100g), la noisette (9,7 g/100g) et l'amande (10,2 g/100g) font partie des fruits les plus riches en fibre. 100g de noix et de noisettes contribue respectivement à 30% des apports journaliers recommandés.

Une autre caractéristique des fruits à coque est qu'ils sont fortement protéinés par rapport aux autres fruits : la châtaigne (2 g/100g), la noisette (13,9 g/100g), la noix (14 g/100g) et l'amande (21,1 g/100g) sont les fruits aux teneurs protéiques les plus élevées. L'amande est particulièrement riche en calcium (248 mg/100g). Certains fruits à coque sont particulièrement riches en magnésium : la noisette (139 g/100g), la noix (144 g/100g) et l'amande (232 g/100g) contribuent au moins à 30% des apports journaliers recommandés en magnésium.

Tableau Les propriétés nutritionnelles majeures des fruits. Fruit * : fruit source du nutriment qui contient au moins 15% des Apports journaliers Recommandés ; Fruit ** : fruit riche en nutriment qui contient au moins 30% des Apports Journaliers Recommandés. Source : Aprifel, 2019

Propriétés nutritionnelles	**+** **Les fruits ayant les propriétés nutritionnelles maximales (valeur)**	**-** **Les fruits ayant les propriétés nutritionnelles minimales (valeur)**
Apport énergétique Kcal/100g	Raisin blanc (73) Châtaigne (133) Amande (133) Noisette (680) Noix (703)	Citron vert (33) Fraise (35) Pomélo (35) Citron (39) Groseille (40)
Fibres (g/100g)	**Noix (5,6) *** **Cassis (5,8) *** **Framboise (6) *** **Noisette (9,7) **** **Amande (10,2) ****	Raisin blanc (1) Citron (1,2) Pomélo (1,25) Raisin noir (1,4) Pomme (1,4)
Protéines (g/100g)	Groseille, cassis, mûre, framboise (1,3) Châtaigne (2) Noisette (13,9) Noix (14) Amande (21,1)	Pomme (0,3) Coing (0,5) Poire (0,5) Raisin noir (0,6) Pomelo (0,6)
Vitamine C (mg/100g)	**Citron (51) **** **Orange (57) **** **Fraise (67) **** **Kiwi (93) **** **Cassis (181) ****	Raisin blanc (1) Figue (2) Poire (4,6) Nectarine (5,4) Pomme (6,3)

Calcium (mg/100g)	Mûre (39) Cassis (57 Noix (83,1) Noisette (116) **Amande (248) ****	Nectarine (4,4) Pomme (5,3) Myrtille (6) Poire (6,5) Prune (7,3)
Fer (mg/100g)	Cassis (1,2) Mûre (1,9) Noix (2) **Noisette (2,8) *** **Amande (3) ***	Poire (0,07) Orange (0,09) Clémentine et Mandarine (0,09) Pomme (0,1) Pêche (0,15)
Potassium (mg/100g)	Kiwi (297) **Cassis (330) *** **Châtaigne (359) *** **Noisette (551) *** **Amande (668) ****	Myrtille (77) Citron vert (102) Pomme (119) Poire (132) Pomélo (149)
Magnésium (mg/100g)	Cassis (23) Châtaigne (24,1) **Noisette (138) **** **Noix (144) **** **Amande (232) ****	Citron vert (6) Prune (6) Myrtille (6) Pomme (6,5) Raisin (6,8)
Polyphénols totaux (mg/100g)	Framboise (207,3) Mûre (256,7) Cerise (274,3) Cassis (621,9) Châtaigne (1215,3)	Pomélo (0,1) Figue (0,4) Kiwi (0,7)

1.1.3 Les profils nutritionnels des fruits par rapport aux autres aliments de base

1.1.3.1 Les indicateurs SAIN et LIM, indicateurs de la qualité nutritionnelle globale d'un aliment

Le profilage nutritionnel consiste à classer des aliments en fonction de leur composition nutritionnelle. Il représente une expression globale de sa qualité nutritionnelle (Boclé et al., 2008).

Les indicateurs SAIN (Score d'Adéquation Individuel aux recommandations Nutritionnelles) et LIM (Score de composés à LIMiter sur le plan nutritionnel) ont été développés par une équipe de l'INRA de Marseille pour analyser la qualité nutritionnelle des aliments (Darmon et al., 2009). Ces indicateurs français prennent en compte un certain nombre de nutriments et permettent de situer la qualité nutritionnelle des fruits par rapport aux autres aliments. SAIN et LIM ne sont toutefois pas pertinents pour discriminer les fruits entre eux (Communication personnelle, C. Aubert, 2019). En effet, ces indicateurs ont été créés pour discriminer l'ensemble des aliments dans leurs diversités. Or, bien que les apports nutritionnels des fruits soient divers, le choix des nutriments pour le calcul de ces deux indicateurs ne sont pas les plus pertinents pour différencier les fruits (par exemple, pour l'indicateur LIM, les sucres ajoutés sont une des composantes du calcul égale à zéro pour les fruits frais).

- **Indicateur SAIN**

L'indicateur SAIN reflète les aspects favorables d'un aliment. Il s'agit d'une densité nutritionnelle, c'est-à-dire un ratio nutriments/énergie. Il mesure le respect moyen des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC[2]).

$$SAIN = \frac{\frac{1}{15} \times \sum_{i=1}^{15} \frac{Nut_i}{ANC_i}}{energie} \times 10\,000$$

Avec Nut_i la quantité du nutriment i dans 100g d'aliment, ANC_i la recommandation journalière d'apport en nutriment i pour la population générale, avec $energie$ la densité énergétique de l'aliment en Kcal/100g. 5 nutriments sont pris en compte dans ce calcul : les protéines, les fibres, la vitamine C, le calcium et le fer. Leurs ANC sont reportés dans le tableau. Selon les méthodes, il est possible de prendre 9 et 15 nutriments mais 5 nutriments suffiraient à bien discriminer les différents produits alimentaires.

Tableau Liste des nutriments pris en compte dans le calcul de l'indicateur SAIN et la recommandation journalière d'apport pour chaque nutriment (ANC). Source : présentation (Darmon et al., 2007)

Nutriments	ANC
Protéines	65 g
Fibres	30 g
Vitamine C	110 mg
Calcium	900 mg
Fer	12,5 mg

- **Indicateur LIM**

L'indicateur LIM reflète au contraire les aspects défavorables d'un aliment. Il mesure l'excès par rapport aux valeurs maximales recommandées (Darmon et al., 2007).

$$LIM = \frac{\frac{Na}{3153} + \frac{AGS}{22} + \frac{Sucres\ ajoutés}{50}}{3} \times 10\,000$$

Avec Na la quantité de sodium en mg dans 100g d'aliment (3153mg de NA correspondant à un maximum de 8g de sel par jour), AGS la quantité d'acides gras saturés en g pour 100g d'aliment (22g d'AGS correspondant à un maximum de 10% de 2000Kcal) et les sucres ajoutés en g dans 100g d'aliment (50g de sucres correspondant à un maximum de 10% de 2000 Kcal).

- **Interprétation des indicateurs SAIN et LIM**

Le profil nutritionnel des aliments est classé en quatre catégories, définies à partir des valeurs seuils des indicateurs SAIN et LIM. Ces catégories sont reprises dans le tableau.

[2] Les ANC sont des références scientifiques, permettant d'établir des points de repères pour la population française. Les ANC se distinguent des Apports Journaliers Recommandés qui sont des valeurs réglementaires européennes et qui sont utilisées pour l'étiquetage nutritionnel.

Tableau Interprétation des indicateurs SAIN et LIM. Source : Aprifel (2019)

	SAIN < 5%	**SAIN > 5%**
LIM < 7%	Recommandé pour la santé	Recommandé de temps en temps et /ou en petite quantité
LIM > 7%	Neutre	A limiter

- **Limites des indicateurs SAIN et LIM et perspectives de recherche**

Les indicateurs SAIN et LIM ont plusieurs limites dans leurs utilisations. Le choix des nutriments entrant dans leurs calculs détermine grandement la classification des aliments qui en résulte. De plus, le calcul ne comprend pas de pondération entre les différents nutriments et les micro-nutriments comme les polyphénols ne sont pas compris dans le calcul car ils n'ont pas d'ANC.

Certaines études se sont penchées sur la création de nouveaux indicateurs comme le SAINCat et le SAINContrib développés par le centre technique agroalimentaire CTCPA en collaboration avec l'INRA. Ces nouveaux indicateurs proposent d'intégrer des nutriments en fonction de leurs contributions aux besoins nutritionnels quotidiens.

De plus, le Nutri-Score ou « le système des 5C », logo qui peut être apposé sur l'emballage des produits alimentaires, propose une échelle de cinq couleurs allant du vert au rouge. Ce score est notamment fonction de l'apport calorique, de la quantité de fruits et de légumes présents dans le produit alimentaire. **Les fruits sont classés en catégorie A, qui est la meilleure catégorie nutritionnelle**.

1.1.3.2 Le profil nutritionnel des fruits frais par rapport aux autres aliments selon les indicateurs SAIN et LIM

Les Figures présentent les indicateurs SAIN et LIM pour les grands groupes d'aliments. Les fruits et les légumes ont l'indicateur SAIN le plus élevé des groupes d'aliments (près de 12%) et l'indicateur LIM le plus faible (0,5%). **Ainsi, les fruits et légumes frais sont classés dans la catégorie « Recommandé pour la santé »** selon le SAIN 5 et le LIM 3(Aprifel, 2019a)**.**

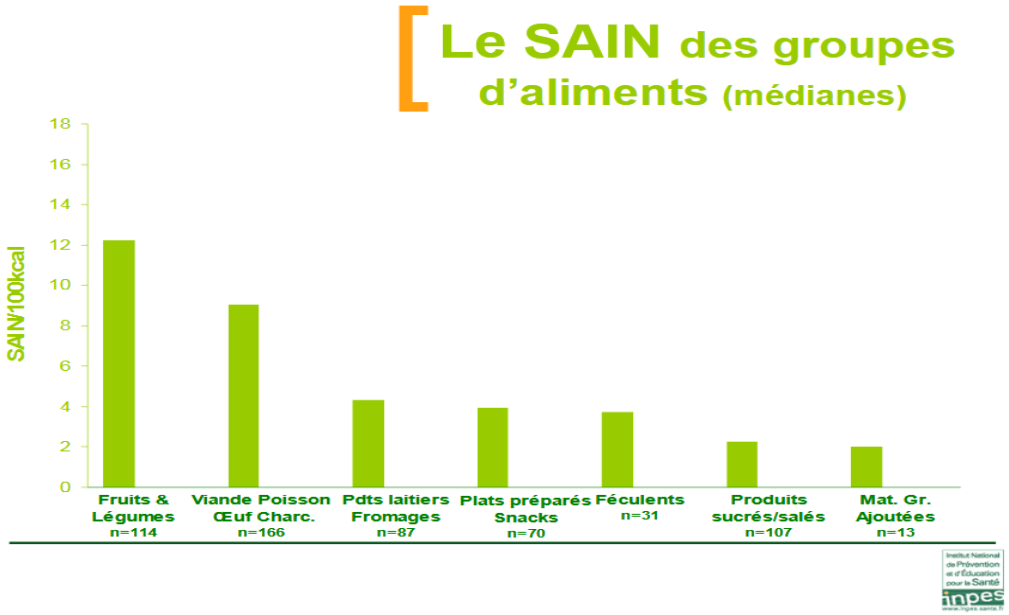


Figure L'indicateur SAIN moyen selon les grands groupes d'aliments.
Le seuil recommandé est 5 %/100 Kcal (ce qui équivaut à 100% pour 2000 Kcal). Source : INPES, 2008

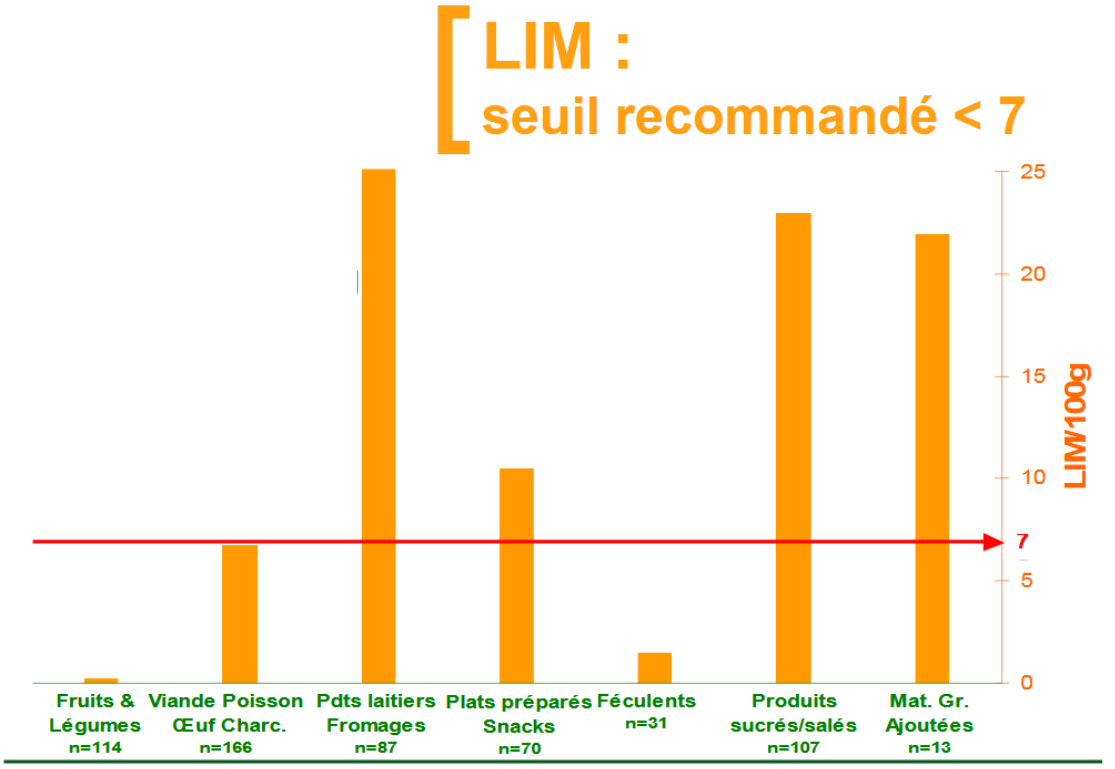


Figure L'indicateur LIM moyen selon les grands groupes d'aliments.
Le seuil à ne pas dépasser est à 7% pour 100g. Source : INPES, 2008

1.1.3.3 Le profil nutritionnel de chaque fruit selon les indicateurs SAIN et LIM

La Figure présente le profil nutritionnel des grandes familles de fruits par rapport aux autres familles d'aliments : fruits frais, fruits secs (pruneaux, abricots secs…), jus de fruits, fruits oléagineux (fruits à coques) et les fruits transformés (fruits au sirop, compote…).

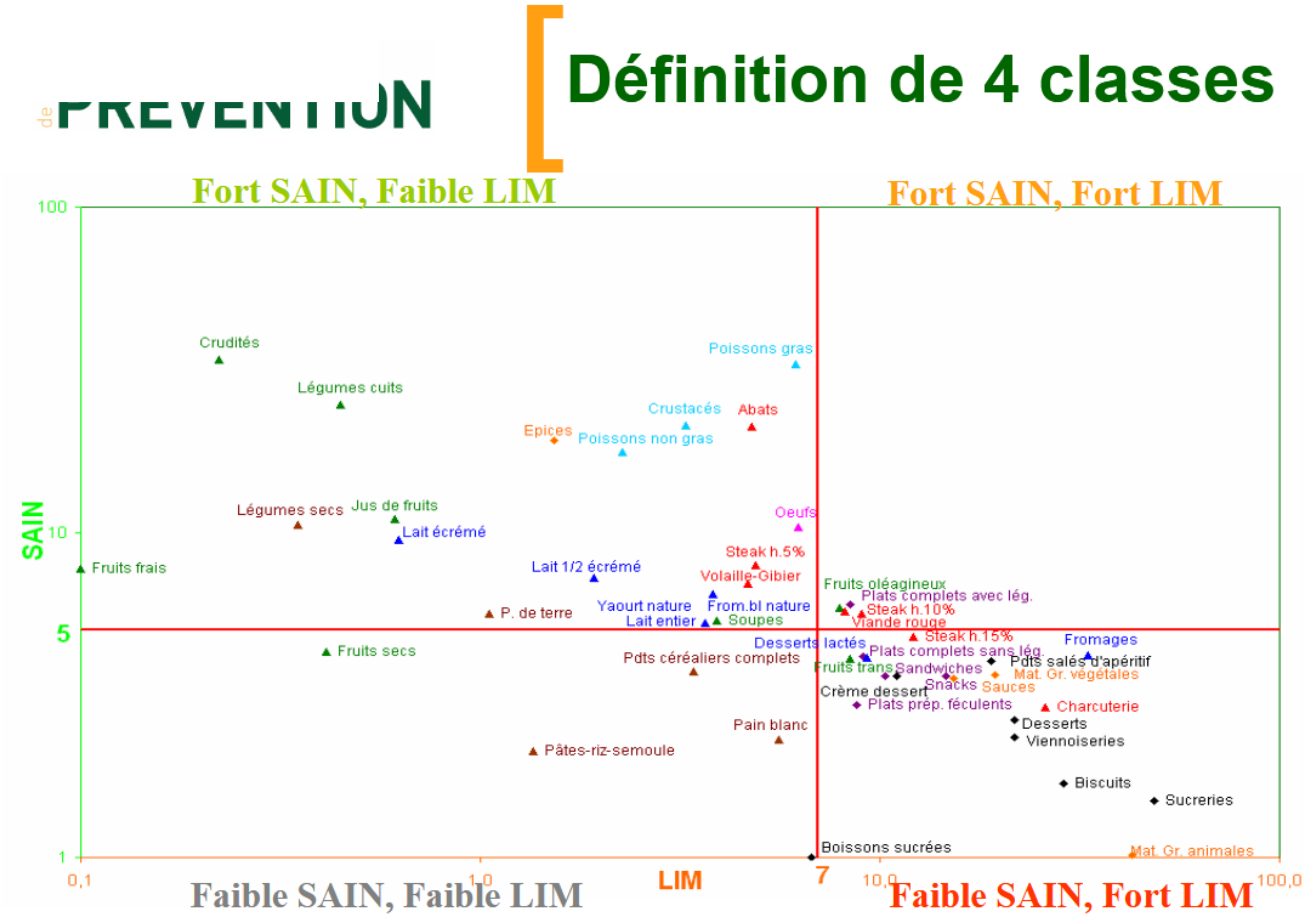


Figure Le profil nutritionnel des principales familles d'aliments. Source : INPES (2008)

Les fruits frais et les fruits secs ont des valeurs d'indicateurs SAIN élevées et de faibles LIM (Figure). Les fruits frais ont le plus faible LIM de l'ensemble des familles d'aliments testées. Les fruits oléagineux (noix, amande, cacahuète et noix du Brésil dans cette étude) ont des LIM plus élevés que le seuil de 7%, dû notamment à leur forte densité énergétique (Aprifel, 2019). Les fruits transformés testés dans cette étude (litchi sirop, abricot sirop et compote de pomme) ont des LIM élevés et sont classés dans les aliments à limiter. Ceci est dû aux sucres ajoutés dans ces aliments, qui compte pour 1/3 du score LIM. A noter cependant que ces données sont anciennes (plus d'une dizaine d'années) et que les fruits transformés comme les compotes s'engagent à réduire les taux de sucres ajoutés. En 2017, 37% des compotes sont sans sucres ajoutés (Denis Bergère (AFIDEM) communication personnelle).

La Figure présente les scores SAIN et LIM de chaque fruit et de chaque légume. La plupart des fruits frais ont des scores LIM nuls. Les fruits ayant le score SAIN le plus élevé sont le cassis et le citron. La plupart des jus de fruits[3] est classée dans la catégorie « Recommandé pour la santé » (Quart du dessus à gauche) à l'exception du jus de pomme, du jus de raisin et du jus d'ananas.

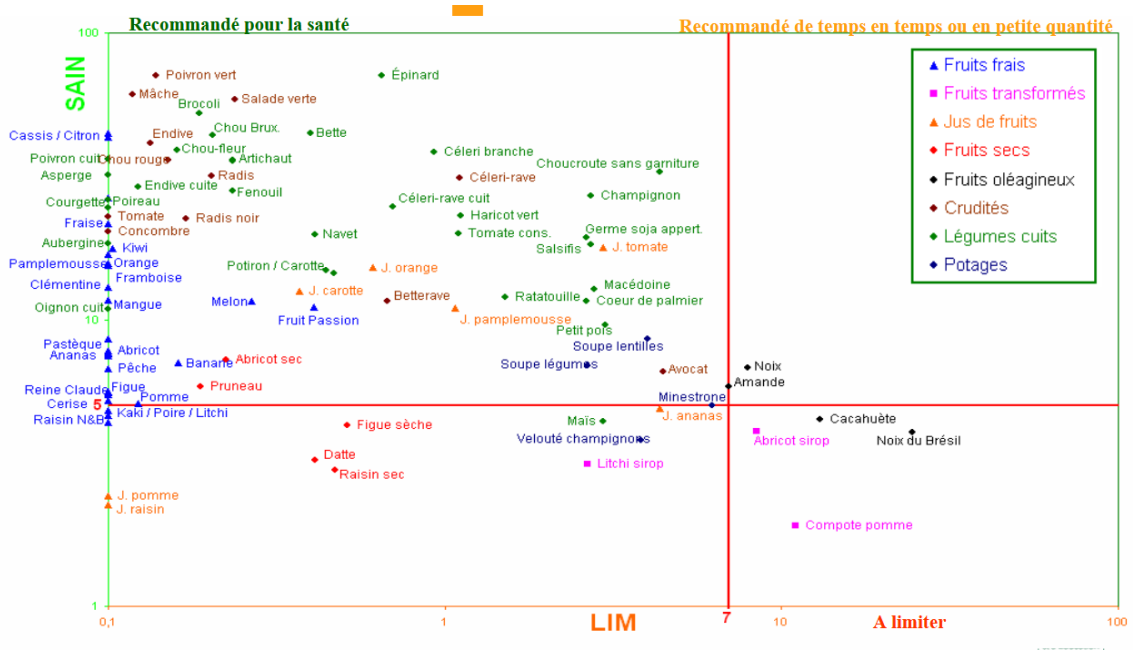


Figure Le profil nutritionnel des espèces fruitières et légumières. Source : INPES (2008)

1.2 Les impacts des fruits sur la santé

1.2.1 La consommation de fruits diminuerait les risques de mortalité toute cause confondue

L'alimentation liée à des habitudes de vie a un impact important sur la santé des consommateurs. L'OMS recommande la consommation d'au moins 400g de fruits et légumes par jour (Rodgers and Vaughan, 2002). Le Programme national nutrition santé (PNNS) est un programme établi par les autorités de la santé pour promouvoir des comportements nutritionnels susceptibles de diminuer le risque de maladies dans la population (Savini, 2007). Le PNNS 2017-2021 recommande la consommation quotidienne d'au moins 5 portions de fruits et légumes (300g de légumes et 200g de fruits) et d'une poignée de fruits à coque sans sel ajouté.

[3] Il est recommandé que la consommation de jus de fruits soit limitée à 1 verre maximum par jour

Tableau Les 10 principaux facteurs de risque retenus avec les pourcentages correspondants de la charge morbide. Source : (Rodgers et Vaughan 2002)

Pays en développement	
A forte mortalité	
Insuffisance pondérale	14,9%
Pratiques sexuelles dangereuses	10,2%
Non potabilité de l'eau, défaut d'assainissement et d'hygiène	5,5%
Fumée de combustibles solides à l'intérieur des habitations	3,6%
Carence en zinc	3,2%
Carence en fer	3,1%
Carence en vitamine A	3,0%
Hypertension artérielle	2,5%
Tabagisme	2,0%
Hypercholestérolémie	1,9%
A faible mortalité	
Abus d'alcool	6,2%
Hypertension artérielle	5,0%
Tabagisme	4,0%
Insuffisance pondérale	3,1%
Excès de poids corporel	2,7%
Hypercholestérolémie	2,1%
Apport insuffisant en fruits et légumes	1,9%
Fumée de combustibles solides à l'intérieur des habitations	1,9%
Carence en fer	1,8%
Non potabilité de l'eau, défaut d'assainissement et d'hygiène	1,8%
Pays développés	
Tabagisme	12,2%
Hypertension artérielle	10,9%
Abus d'alcool	9,2%
Hypercholestérolémie	7,6%
Excès de poids corporel	7,4%
Apport insuffisant en fruits et légumes	3,9%
Sédentarité	3,3%
Drogues illicites	1,8%
Pratiques sexuelles dangereuses	0,8%
Carence en fer	0,7%

- Fruits et légumes

Selon l'OMS, **l'apport insuffisant de fruits et légumes est le 7ème risque de mortalité dans les pays en développement à faible mortalité et 6ème dans les pays développés** (Rodgers and Vaughan, 2002) (Tableau). L'OMS estime que la charge morbide liée à la consommation insuffisante[4] de fruits et de légumes s'élève à 1,9% dans les pays en voie de développement et à 3,9% dans les pays en voie de développement (Tableau). **Le rapport indique que jusqu'à 1,7 millions de vie pourraient être épargnées si les fruits et légumes étaient consommés en quantité suffisante.** La charge morbide liée à une sous-consommation de fruits et de légumes est causée à 85% par les maladies cardio-vasculaires et 15% pour les cancers. De plus, l'OMS estime que la sous-consommation de fruits et de légumes cause 19% de cancers gastro-intestinaux, 31% des cardiopathies ischémiques et 11% des accidents vasculaires.

- Fruits

(Wang et al., 2014) ont montré que **la consommation plus élevée de fruits est associée à une réduction de 6% de la mortalité, toute cause confondue, pour chaque portion supplémentaire par jour.** Plus récemment une étude du Global Burden of Disease a chiffré le nombre de décès reliés à une consommation en fruits trop faibles à 2 millions de décès (Afshin et al., 2019).

La consommation de fruits est liée à une diminution des risques de maladies cardiovasculaires

Il est maintenant bien prouvé que la consommation de fruits et légumes diminue le risque de maladies cardiovasculaires (ANSES, 2016a). Les fruits préviennent les maladies cardio-vasculaires par plusieurs mécanismes (Aprifel, 2017). La richesse en fibre soluble (notamment la pectine) réduirait le cholestérol sanguin. Les apports de potassium liés à la consommation de fruits diminuent la pression artérielle (compense l'effet hypertenseur du sodium). La faible densité énergétique et la concentration en fibre permettent un meilleur contrôle du poids corporel (Aprifel, 2017). La teneur élevée en anti-oxydants (vitamines, polyphénols) protègerait contre le stress oxydatif et la peroxydation des lipides. Ces atouts proviennent de la consommation de fruits frais. Cependant, certains fruits transformés comme les fruits de conserve (fruits au sirop) seraient associés à un risque accru de maladies cardiovasculaires et de mortalité, toute cause confondue (Aune et al., 2017). Cet impact serait probablement dû au sucre ajouté aux fruits (Amiot-Carlin, 2019).

- Fruits et légumes

Le Tableau présente les diminutions de risques relatifs[5] reliés des augmentations de portions de fruits et légumes dans la consommation quotidienne. **Chaque portion supplémentaire de 200 g de fruits et légumes par jour diminue le risque relatif de maladies cardio-vasculaires de 8 à 13%, de cardiopathies ischémiques de 8 à 16% et d'accidents cardio-vasculaires (AVC) de 13 à 18%** (Tableau) (Aune et al., 2017). **La consommation recommandée de 400 g/jour de fruits et légumes diminue de 22% les maladies cardio-vasculaires, de 16% le risque de cardiopathies ischémiques et de 28% le risque d'AVC relativement à des personnes consommant de 0 à 40g/jour de fruits et légumes.**

L'OMS estime que la consommation insuffisante de fruits et de légumes est responsable de 11% des AVC (Rodgers and Vaughan, 2002).

[4] Un apport insuffisant de fruits et de légumes est un apport de moins de 5 portions de fruits et légumes (portions variant de 80g à 100g)

[5] Le risque relatif est le ratio entre le risque encouru par des personnes consommations la dose testée de fruits et de légumes et le risque encouru par des personnes consommant de 0 à 40 g de fruits et légumes par jour

- **Fruits**

Une autre méta-analyse a montré que l'augmentation de dose de 200g/jour de fruits diminuait le risque relatif d'AVC de 32% (He et al., 2006). 200 g/jour de fruits est l'équivalent de 2 petites pommes, 4 abricots, une dizaine de fraises. L'étude montre également que les pommes, les poires et les agrumes semblent avoir un effet plus significatif (He et al., 2006).

Tableau résumant la diminution de risque relatif de maladies cardiovasculaires (MCV), de cardiopathies ischémiques (CPI) et d'accidents vasculaires cérébraux (AVC). Source : Aprifel (2017) d'après Aune et al (2017)

	% diminution du RR pour chaque augmentation de la conso de F&L de 200 g/j	% de diminution du RR pour	
		500 g/j F&L (vs 0-40g/j)	800g/j (vs 0-40g/j)
MCV	8 à 13	22	28
CPI	8 à 16	16	24
AVC	13 à 18	28	33

Selon Aune D. et al, 2017[3]

La consommation des fruits et la réduction de risque de cancer

Récemment, l'institut américain de recherche sur le cancer a publié son 3ème rapport d'expertise en 2018 (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018). Ce rapport comprend une méta-analyse sur la diminution de risques de cancers liée à la consommation de fruits et légumes. Bien que prouvés dans la majorité des études, ces résultats demeurent suggestifs car le nombre d'études est limité (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018). Le Tableau présente les effets suggestifs de la consommation de fruits sur les risques relatifs de cancers. **La consommation de fruits permettrait une diminution du risque relatif du cancer de la bouche, du larynx et du pharynx de 5% à 54% selon les études** (pour les résultats détaillés, voir la Figure). La consommation de 100 g de fruits par jour préviendrait le risque de cancer de l'œsophage de 9% à 18% (cf Figure) et le cancer colorectal (cf Figure). De plus, la consommation de 100 g/j d'agrumes diminuerait le risque d'avoir un cancer de l'estomac de 4 à 40% (cf Figure).

Tableau Effets suggestifs de la consommation de fruits sur les risques relatifs de cancers. Les résultats sont détaillés dans les Figures suivantes. RR, Risque Relatif. Source : (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018)

Risques de cancers / Régime alimentaire	Cancer de la bouche, du larynx et du pharynx	Cancer de l'œsophage	Cancer de l'estomac	Cancer colorectal
Consommation de fruits	**Diminution du RR** 0,46 – 0,95 Figure	**Diminution du RR** 0,72 – 0,91 pour 100 g/j Figure		**Diminution du RR** Figure

Consommation d'agrumes			**Diminution du RR** 0,60 – 0,96 pour 100 g/j Figure	

Risque relatif diminué de cancer de l'œsophage associé à la consommation de 100g de fruits par jour

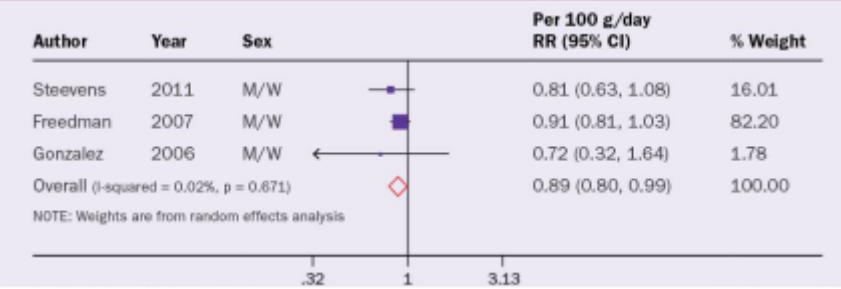


Figure Résultats d'études quantifiant les risques relatifs de cancer de l'œsophage pour un apport de 100g de fruits par jour. Chaque ligne est une étude différente. Si le risque relatif est inférieur à 1 (points à gauche de la barre verticale), l'étude montre que la consommation de fruits diminue de cancer. RR, Risque relatif. Source : (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018)

Risque relatif diminué de cancer de l'estomac associé à la consommation de 100g d'agrumes par jour

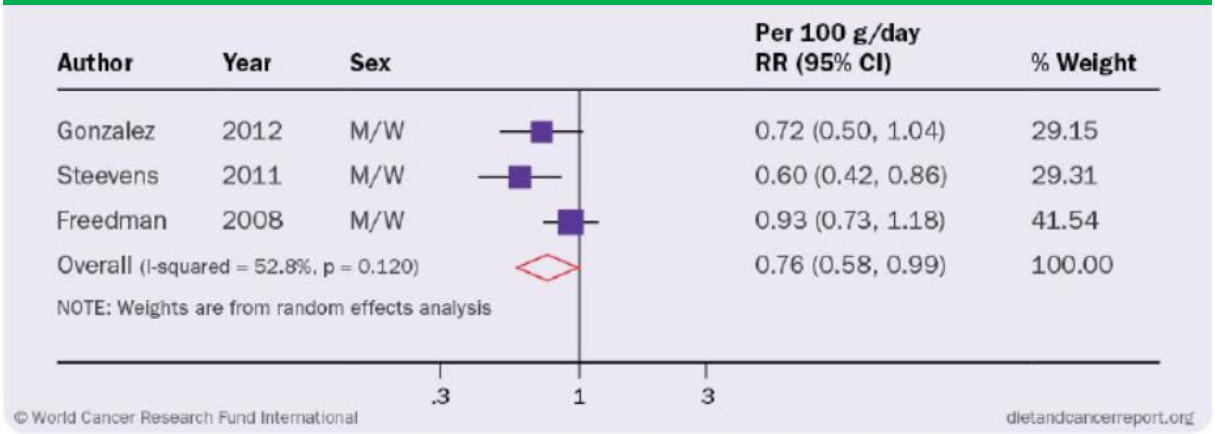


Figure Résultats d'études quantifiant les risques relatifs de cancer de l'estomac associés à un apport de 100 g d'agrumes par jour. Chaque ligne est une étude différente. Si le risque relatif est inférieur à 1 (points à gauche de la barre verticale), l'étude montre que la consommation d'agrumes diminue le risque de cancer. RR, Risque relatif. Source : (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018)

Risque relatif diminué de cancer de la bouche, du larynx et du pharynx associé à la consommation de fruits

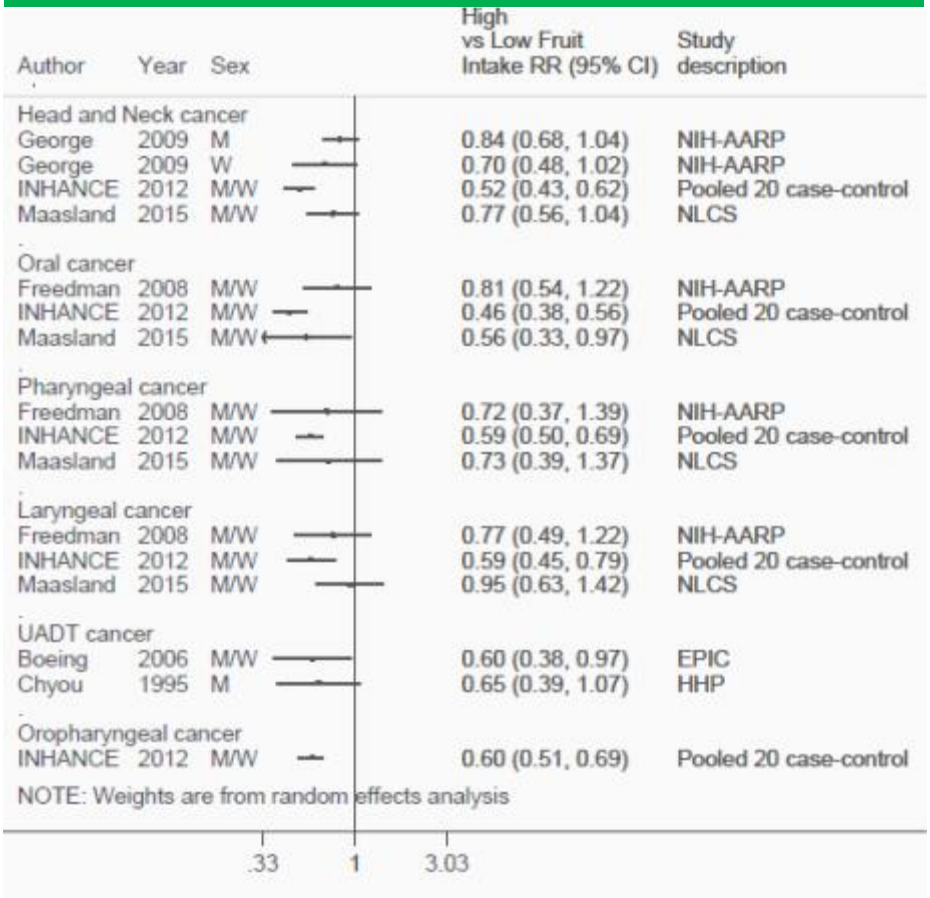


Figure Résultats d'études quantifiant les risques relatifs de cancer de la bouche, du larynx et du pharynx associé à la consommation de fruits. Chaque ligne est une étude différente. Si le risque relatif est inférieur à 1 (points à gauche de la barre verticale), l'étude montre que la consommation de fruits diminue le risque de cancer. RR, Risque relatif. Source : (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018)

Risque relatif du cancer colorectal en fonction de l'apport quotidien de fruits

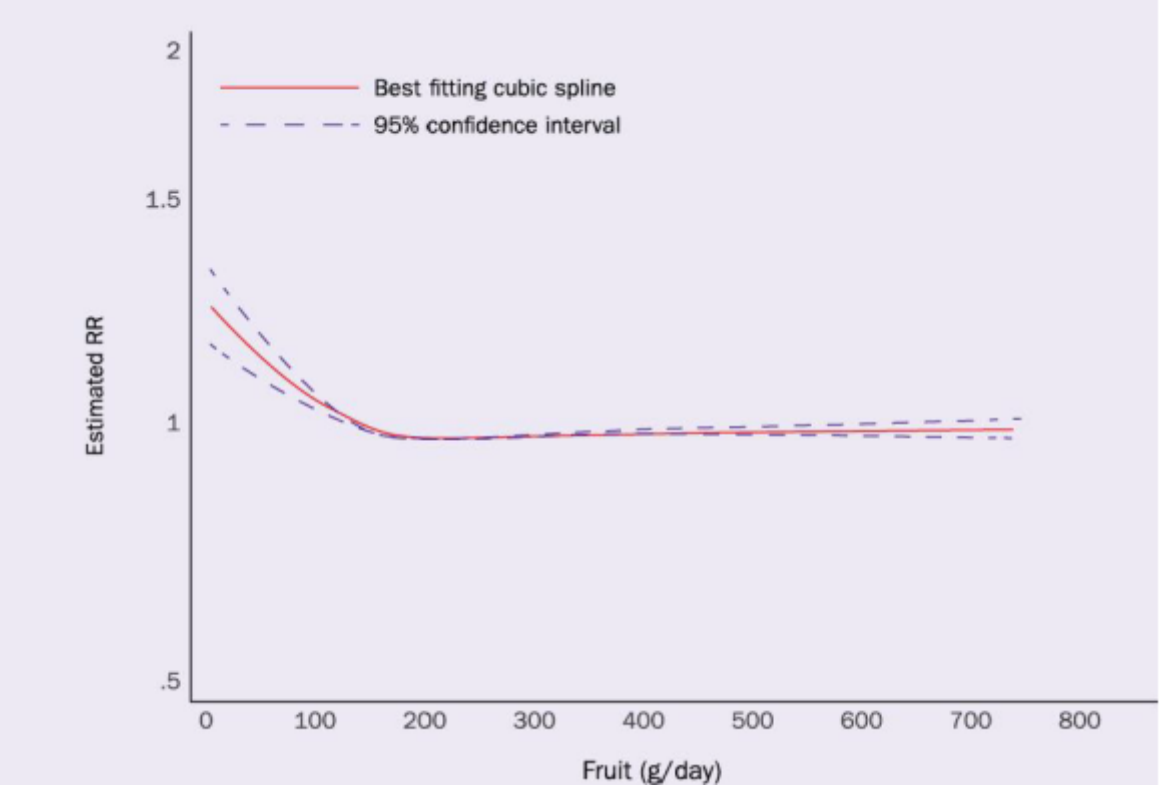


Figure Evolution du risque relatif du cancer de colorectal en fonction de l'apport de fruits en grammes par jour. Estimated RR, risque relatif estimé. Source : : (World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, 2018)

La réduction du risque de cancer pourrait être un effet indirect lié à la consommation de fruits. Il est connu que l'obésité est un facteur qui augmente les probabilités d'avoir un cancer. Or, la consommation de fruits prévient l'obésité par divers mécanismes. Les fruits et légumes sont des produits peu calorique. Ils contiennent des composants qui ont des effets anti-obésité comme les fibres, la charge glycémique et les polyphénols. Les fibres augmentent la satiété et réduisent l'apport d'énergie. La faible charge glycémique des fruits produit des pics de glucose moins intenses après manger ce qui peut diminuer la sécrétion d'insuline et la faim. Enfin, les polyphénols peuvent influencer la sensibilité à l'insuline et promouvoir le métabolisme des tissus adipeux.

Si la majorité des études montrent bien une diminution des risques de cancer associée à la consommation de fruits, des études sont encore nécessaires pour renforcer ces résultats encourageants. Pour l'instant, le nombre d'études limité ne permet pas de prouver ce lien.

La consommation de fruits contribuerait au bien-être mental

Les liens entre la santé mentale et la consommation de fruits et légumes ont fait l'objet d'une attention croissante dans la littérature scientifique. Certaines études suggèrent une amélioration de la santé mentale associée à une consommation importante de fruits et légumes. Saghafian et al. (2018) ont par exemple montré une relation inverse significative entre les risques de dépression et la consommation totale de fruits et légumes. Récemment, Ocean et al. (2019) ont également montré qu'une prise fréquente et en grande quantité de fruits et légumes augmentait le bien-être mental.

Nguyen et al. (2017) ont montré sur plus de 50 000 consommateurs australiens une corrélation négative entre détresse psychologique (anxiété et dépression) et consommation de fruits et légumes. **Cette étude a quantifié une baisse de 14% de détresses psychologiques lorsque les patients consommaient 5 à 7 portions quotidiennes de fruits et légumes.** Faits surprenants, les résultats démontrent que la consommation de fruits et légumes protégeaient davantage les femmes. **Aune et al. (2017) ont quantifié une réduction de risque de dépression de 3% pour chaque apport supplémentaire de 100g de fruits en partant de 200g ingéré quotidiennement.**

Les effets positifs des fruits et légumes sur la santé mentale seraient reliés aux antioxydants qu'ils contiennent (vitamine C et E, micronutriments…) qui peuvent réduire le stress oxydatif et l'inflammation susceptible de nuire à la santé mentale (Nguyen et al., 2017).

Si ces études semblent montrer une corrélation forte entre santé mentale et consommation de fruits et légumes, il est important d'être prudent dans l'interprétation des résultats. En effet, sur des sujets humains, il est parfois difficile de ne pas confondre les facteurs alimentaires et non alimentaires. De plus, si la corrélation montre un lien statistique, elle ne démontre en aucun cas un lien de causalité. Ainsi, ces résultats préliminaires ne constituent pas encore de preuves fiables de l'impact des fruits sur la santé mentale et les rapports de l'ANSES ne définissent pas encore de relation entre la consommation de fruits et légumes sur la santé mentale (Amiot-Carlin, 2019).

1.2.2 Les expositions aux pesticides par la présence de résidus et les impacts de l'utilisation professionelle

Les taux de résidus présents sur les fruits

Au niveau européen, un rapport sur les résidus de pesticide mesurés dans les aliments est régulièrement publié par l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments) sur une vaste gamme d'aliments (European Food Safety Authority, 2018). A l'échelle française, la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) effectue des analyses de résidus dans le cadre de plans de surveillances annuels. Ces études identifient les pesticides dont les concentrations sont au-delà du seuil de quantification (Figure). Selon la DGCCRF, 72,8% des fruits testés présentent des résidus de pesticide quantifiables en 2016 (DGCCRF, 2016).

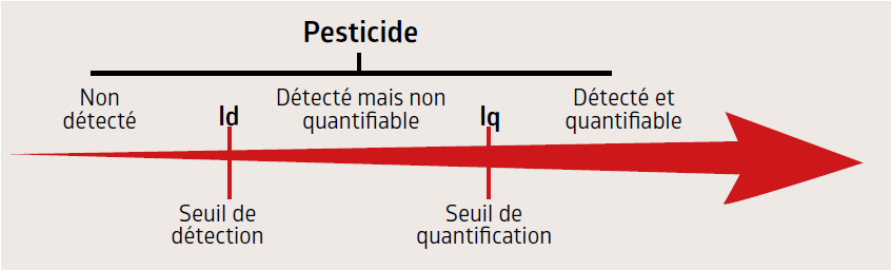


Figure Seuils de détection et de quantification. Source : EFSA (2018)

- **Taux de résidus détectés dans les pommes**

Sur 1680 échantillons analysés en 2016, aucun pesticide n'a pu être détecté sur 37% des échantillons (European Food Safety Authority, 2018). 63% de pommes contenaient un à plusieurs résidus dont 22% avec un seul résidu détecté et 41% avec plusieurs résidus (jusqu'à 10 résidus détectés sur une pomme). 2,7% de l'échantillon dépassait la Limite Maximale de Résidus (LMR).

Au total, 79 pesticides différents ont été quantifiés, majoritairement représenté par les substances actives de fongicides (captan, boscalid et dithianon).

- **Les taux de résidus dans les pêches**

Sur 1178 échantillons de pêches, aucun pesticide n'a pu être détecté sur 22% tandis que 78% contenaient 1 à plusieurs résidus. Parmi ces 78%, 18 contenait un pesticide et 60% de deux à 13 pesticides différents. 1,9% des échantillons dépassaient la LMR.

Au total, 70 pesticides différents ont été détectés. Il s'agissait majoritairement de substances actives de fongicides (tebuconazole, le fludioxonil et dithiocarbamates).

- **Les taux de résidus dans les fraises**

Sur 1206 échantillons de fraises, 22% ne contenait aucun pesticide détectable. Sur 78%, un ou plusieurs résidus ont été détectés : 13% contenait un résidu et 64% de deux à 16 résidus détectés. La LMR était dépassée pour 1,8% des échantillons.

Au total, 76 pesticides ont été identifiés, représentés majoritairement par les substances actives de fongicides (cyprodinil, fludioxonil et boscalid).

Cependant, ces quantifications ne permettent pas d'établir des liens de causalités avec la santé des consommateurs. De plus, ces quantifications ne permettent pas de prédire l'éventuel effet cocktail de ces pesticides quand ils sont ingérés.

D'après (Amiot-Carlin, 2019) : « Les recommandations nutritionnelles sont globalement compatibles avec les normes toxicologiques. L'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'alimentation à apports énergétiques constants est nécessairement associée à l'augmentation des aliments peu denses en énergie, comme les fruits et légumes, et donc à une augmentation des quantités totales consommées susceptible d'accroître l'exposition aux contaminants. Cependant, augmenter la consommation de fruits et légumes n'entraîne pas de dépassement des valeurs toxicologiques de référence même jusqu'à 800 g de consommation quotidienne (estimée par l'ANSES). La réduction des niveaux de résidus a été montrée lors de différentes opérations de transformation des fruits et légumes et des pratiques culinaires comme le lavage (-25 %), l'épluchage (-55 %), le blanchiment et la cuisson (-25 %). Toutes ces pratiques limitent ainsi l'exposition aux résidus de pesticides, ce qui expliquerait qu'aucune étude ne montre d'effet délétère d'une grande consommation de fruits et légumes. »

L'impact sur la santé de l'utilisation professionnelles des pesticides

Deux études font essentiellement référence en France : le rapport d'expertise sur les effets des pesticides sur la santé de l'INSERM (INSERM, 2013) et l'enquête AGRICAN (AGRIculture et CANcer). Un récent rapport d'étude de l'ANSES analyse plus spécifiquement les expositions professionnelles aux pesticides lors de la réentrée en parcelles (ANSES, 2016b). Le rapport de l'INSERM résume l'ensemble

des travaux scientifiques qui ont testé le lien entre exposition aux pesticides et une grande diversité de maladies. Le Tableau présente la présomption de lien entre diverses pathologies et l'utilisation de pesticides, issu du rapport de l'INSERM (2013). Ce rapport ne distingue pas les risques encourus par secteur agricole au contraire de l'enquête nationale AGRICAN qui a été lancée fin 2005 auprès des affiliés de la MSA (Mutualité Sociale Agricole). Ce procédé s'inspire de la première large cohorte d'utilisateurs de pesticides aux USA dans le cadre de l'Agricultural Health Study. L'objectif de l'enquête AGRICAN est d'estimer les risques de cancers et autres pathologies dans chaque secteur agricole. 90 000 personnes ont rempli le questionnaire de suivi.

Tableau Présomption d'un lien entre les pesticides et différentes pathologies. LNH, Lymphome non hodgkinien. Source : INSERM (2013)

Pathologies	Populations concernées	Présomption d'un lien
LNH	Agriculteurs, applicateurs, industrie de production	++
Cancer de la prostate	Agriculteurs, applicateurs, industrie de production	++
Myélome multiple	Agriculteurs, applicateurs	++
Maladie de Parkinson	Professionnelles et non professionnelles	++
Leucémies	Agriculteurs, applicateurs, industrie de production	+
Maladie d'Alzheimer/troubles cognitifs	Agriculteurs	+
Fertilité, fécondabilité	Populations professionnelles exposées	+
Maladie de Hodgkin, cancer du testicule, tumeurs cérébrales, mélanome cutané, SLA, troubles anxio-dépressifs		±

++ fort
+ modéré
± faible

15

Il est important de rappeler que les cancers sont moins répandus en milieu agricole que dans la population générale (11 à 16% de risque en moins) (Lebailly et al., 2007). La Figure présente les risques de cancer des agriculteurs relativement à la population générale. Des risques augmentés de cancers hématologiques, de cancer des lèvres, de la peau, de la prostate et du cerveau ont été détectés chez les agriculteurs. Plus récemment, cette analyse a été à nouveau effectuée à partir de la cohorte AGRICAN (Figure), qui confirme les premières méta-analyse des années 90 (Tual and Boulanger, 2017). Les pathologies à risque pour chaque secteur agricole ont été identifiées dans le Tableau.

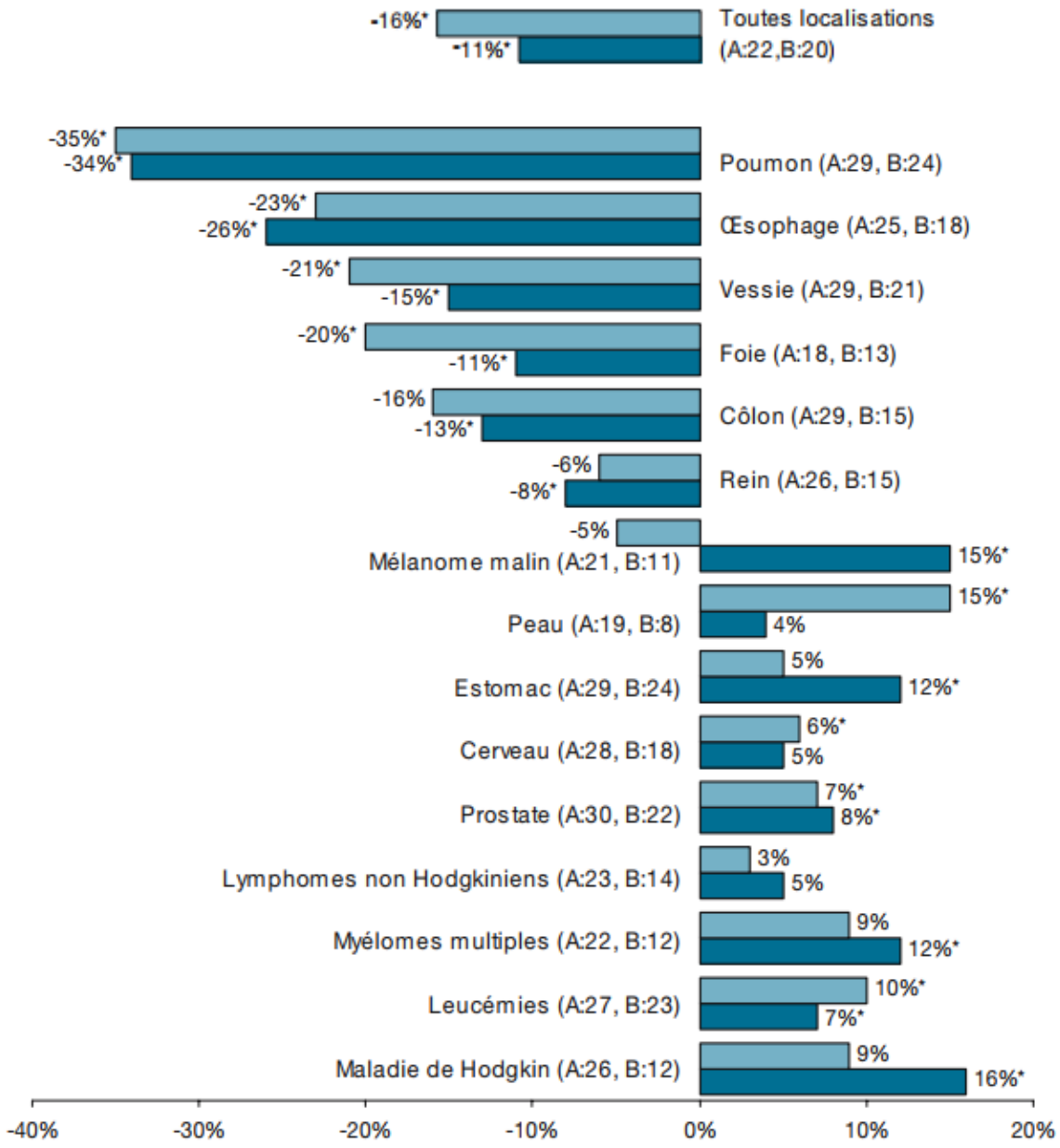


Figure Synthèse des méta-analyses réalisées sur le risque de cancer en milieu agricole par Blaire en 1992 et Acquavella en 1998. Une barre représente la diminution ou l'élévation de risques observée en milieu agricole par rapport au reste de la population, entre parenthèses figure le nombre d'études prises en compte par Blaire et Acquavella. Les barres bleu clair sont les résultats d'Acquavella et les barres bleu foncé sont les résultats de Blaire. Source : Lebaily et al. (2007)

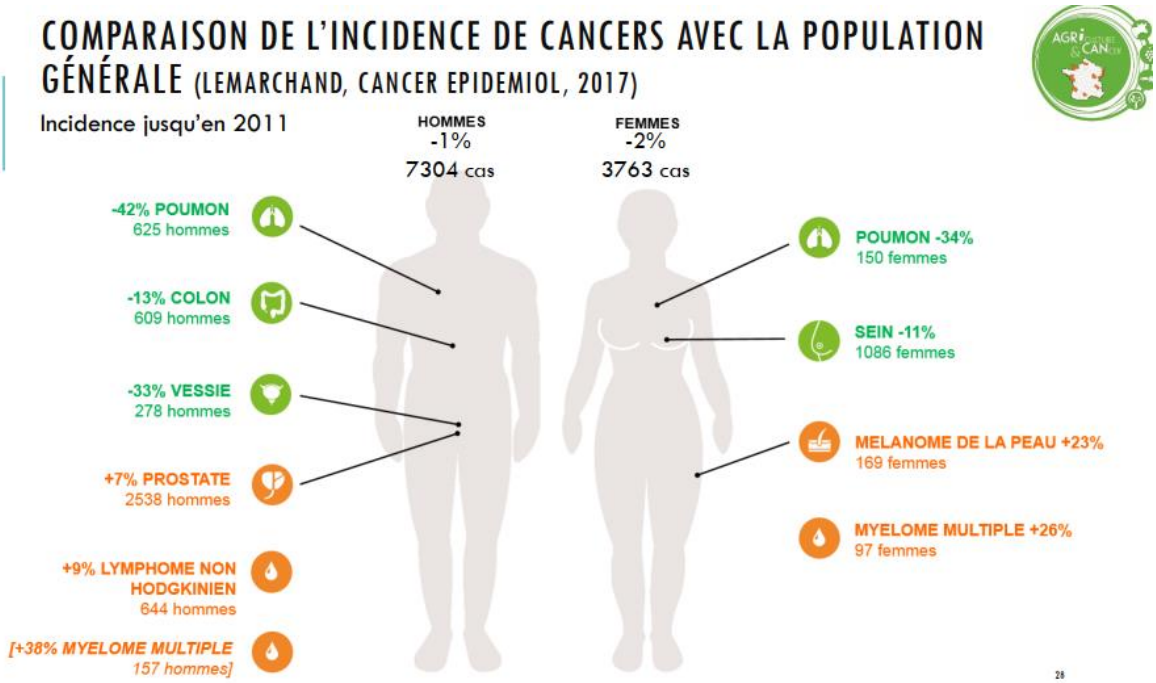


Figure Risque de cancer dans le milieu agricole relativement à la population générale. Résultats de la cohorte AGRICAN. Source : Tual & Boulanger (2017)

Tableau Synthèse des résultats de l'enquête AGRICAN : comparaison des risques relatifs de différentes pathologies reliés à l'utilisation de pesticides. Les cases rouges signifient que le risque est plus élevé pour les agriculteurs s'ils ont été exposés au risque pendant une certaine durée. Les cases marrons signifient que le risque est plus élevé pour les agriculteurs, sans effet de la durée d'exposition. Les cases jaunes indiquent que le risque est une tendance mais n'a pas encore été prouvé. Les cases vertes indiquent que le risque est inférieur pour les agriculteurs. Source : Tual & Boulanger (2017)

SYNTHESE (NOVEMBRE 2017)

Avec durée
Sans durée
Suggestion
RR<1
P : Pesticides

	Elevages					Cultures													Pesticides
	Bovins	Chevaux	Cochons	Chèvres/Moutons	Volailles	Prairies	Blé/orge	Maïs	Viticulture	Pomme terre	Betteraves	Arboriculture	Pois	Colza	Tournesol	Tabac	Serres	Légumes	Pesticides spécifiques
Prostate	P						P					P				P			7 insecticides OC/18
Parkinson	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P			2 dithiocarbamates/11 Roténone, paraquat
Myélome		P					P	P		P									
Cerveau						P				P	P								
Mélanome		P										P							
Poumons											P		P	P					Arsenic, 1 herbicide dinitroaniline
Sein (F)																			
Vessie																			Arsenic

1.3 Le plaisir de manger des fruits

Le plaisir de manger des fruits peut s'expliquer par divers facteurs.

- Qualités organoleptiques des produits

Les goûts sucré et légèrement acide plaisent aux adultes comme aux enfants (Blot and Barat, 2015). Les fruits ont souvent des couleurs vives et variées, de belles formes arrondies. Les odeurs des fruits sont aussi attractives, légères et florales. Les textures sont appétentes et variées : du croquant (pomme) au fondant (banane), avec une composante juteuse très appréciée pour la majorité des fruits. Selon une enquête FranceAgrimer-Interfel, 89% des adultes sont d'accords avec le fait que les fruits et légumes « sont un éveil de tous les sens : des couleurs, des saveurs, des parfums ». Dans le baromètre de la pomme de 2014 rédigé par le CTIFL, la pomme est considérée comme « jolie » pour 90% des personnes enquêtées (Christy, 2014). Les enquêtés de l'Est pensent à 86% que la mirabelle a une belle couleur. Les 65 et + sont 75% à estimer que les Reine-Claude sont de beaux fruits (Roty, 2013).

- Facilité de consommation

L'avantage des fruits est qu'ils sont souvent de petites tailles, frais et prêts à la consommation (e.g. fruits rouges) (Blot and Barat, 2015). L'épluchage des fruits n'est pas toujours nécessaire et peut s'avérer ludique (banane et agrumes). Grâce à leur facilité de consommation, les fruits sont aussi très conviviaux à partager : 85% des adultes interrogés estiment que les fruits « se partagent, se mangent à plusieurs, sont conviviaux » (Blot and Barat, 2015). Une conséquence directe de la facilité de consommation des fruits est qu'on les consomme également en encas. Selon une étude menée par l'agence marketing Degusta Box après de 10 000 personnes en France, en Allemagne, en Italie et au Royaume-Uni, les fruits frais seraient l'encas préféré des européens. La France se situe en tête du classement : 74% des français préfèrent manger un fruit frais en encas que des biscuits, des chips ou des produits laitiers.

- Développement de l'imaginaire

L'esthétique des fruits et leur forme ronde peut éveiller les imaginaires des enfants. 59% des enfants interrogés sont d'accords pour dire que les fruits et légumes stimulent leur imagination. Ils peuvent également stimuler l'imagination des adultes : 56% des adultes sont d'accords avec le fait que les fruits et légumes « stimulent leur imagination : pensent à la nature, à la campagne, au terroir ».

- Saisonnalité des fruits

Une autre caractéristique des fruits est leur saisonnalité. Si les techniques de conservation se sont améliorées et que la sélection variétale a permis d'étendre les périodes de récolte des fruits, nous sommes nombreux à attendre les premières fraises de saison ou les premières cerises. Pour cette raison, les fruits sont souvent associés à la saisonnalité : les cerises, les fraises annoncent le printemps et les journées ensoleillées, les pêches et abricots, les vacances d'été et les cigales, les prunes, l'automne et la rentrée des classes et les agrumes arrivent en hiver et sont souvent associés à Noël.

1.4 Les fruits au sein des régimes alimentaires

1.4.1 Le régime crétois, un régime traditionnel méditerranéen alliant santé, convivialité, partage et ancrage au territoire

Le régime crétois octroie une place importante pour les fruits, les légumes et les céréales et est connu pour être particulièrement bon pour la santé (Aprifel, 2005). Ce régime traditionnel méditerranéen

s'accorde en effet avec le PNNS. La frugalité ou le principe de modération est l'un des comportements caractéristiques du régime crétois. Elle modère le grignotage qui émerge avec la croissance de la sédentarité. Cette frugalité est historiquement plus subie que souhaitée, dans des régions aux sols pauvres et secs. La diversité des aliments et la recherche du plaisir alimentaire sont les seconds principes du régime crétois. Le refus de la monotonie alimentaire et la diversité des plats qui en résulte favorise l'équilibre nutritionnel.

En plus du contenu de l'assiette, le régime méditerranéen est associé à un mode de vie, structuré autour de 3 repas, dont le déjeuner constitue le plat principal (Aprifel, 2005). Le diner demeure le repas privilégié socialement. Au contraire de la conception anglo-saxonne, le repas est un moment convivial de partage. Les repas sont consommés sans précipitation et souvent suivis d'une sieste, permettant de faire face plus facilement aux stress quotidiens.

1.4.2 Les régimes alimentaires du futur qui garantissent un équilibre entre santé et environnement : la nécessité d'une augmentation de la part de fruits frais et secs dans l'alimentation

Une étude indépendante internationale est sortie récemment, coréalisée par la revue médicale The lancet et l'ONG Fondation EAT. Ce rapport, qui a mobilisé pendant trois ans 37 experts de 16 pays, établit un "régime de santé planétaire" (Willett et al., 2019). Son objectif est de garantir un "équilibre entre les besoins en matière de santé humaine et les impacts environnementaux". Selon cette étude, le régime qui permettrait d'atteindre cet équilibre serait la consommation moyenne de 300g de légumes, 200g de fruits, 200g de céréales complètes, 250g de lait entier et seulement 14g de viande rouge (10 fois moins qu'un steak classique). L'apport protéique serait compensé par la consommation de volaille, de poisson, d'œufs et par les fruits à coques. Au niveau mondial, ce régime recommandé implique un doublement de la consommation d'aliments sain tels que les fruits, les légumes, les légumineuses et les noix.

La Figure illustre pour chaque catégorie d'aliments les déficits ou excès de la consommation mondiale de 2016 par rapport au régime alimentaire préconisé par le rapport (Willett et al., 2019). A l'heure actuelle, la consommation de fruits est insuffisante dans chaque région du monde. L'Asie du Sud et l'Afrique sub-saharienne sont les régions consommant le moins de fruits.

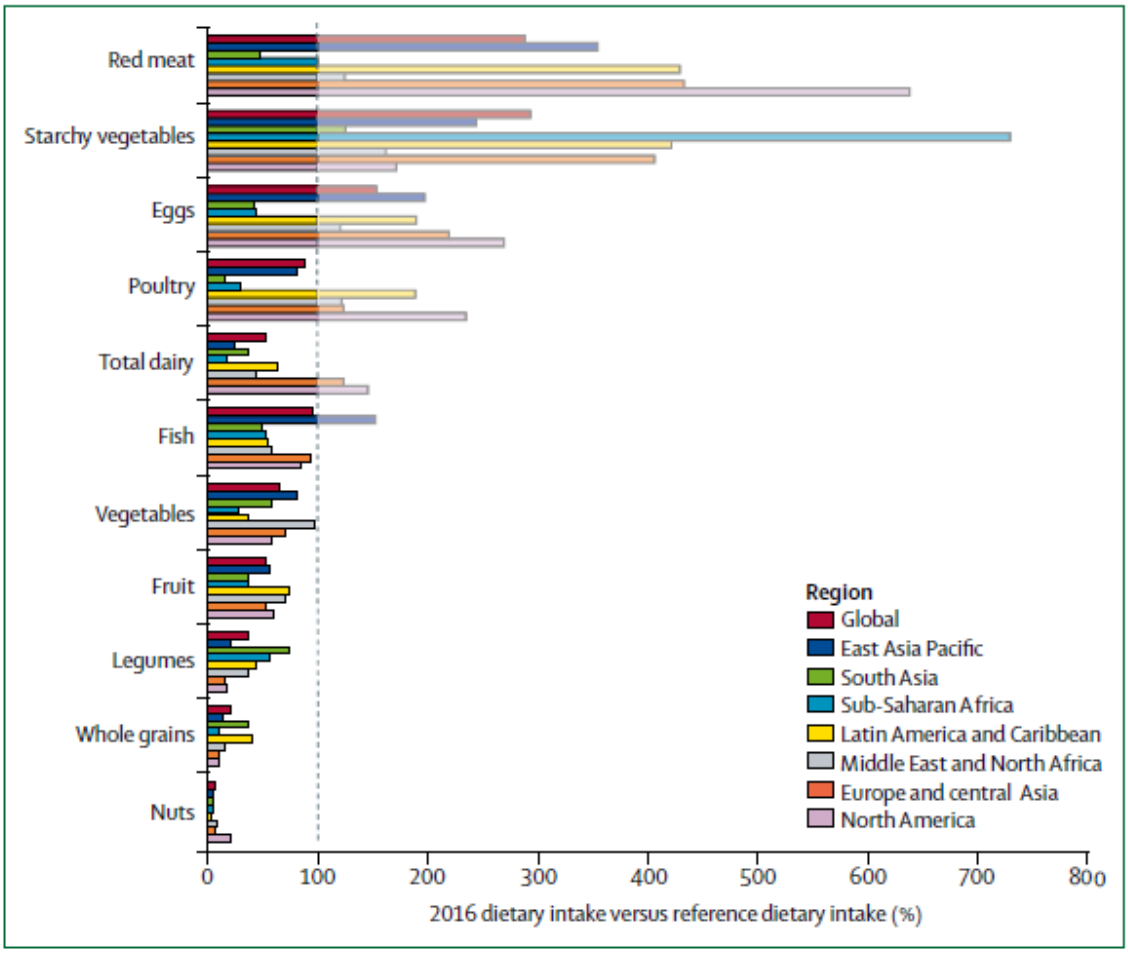


Figure 1: **Diet gap between dietary patterns in 2016 and reference diet intakes of food**
Data on 2016 intakes are from the Global Burden of Disease database.[130] The dotted line represents intakes in reference diet (table 1).

Figure Déficit ou excès alimentaire de 2016 par rapport au régime alimentaire préconisée par l'étude EAT-The Lancet. Source : Willet et al. (2019)

Bibliographie

Afshin, Ashkan, Patrick John Sur, Kairsten A. Fay, Leslie Cornaby, Giannina Ferrara, Joseph S Salama, Erin C Mullany, et al. 2019. "Health Effects of Dietary Risks in 195 Countries, 1990–2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017." *The Lancet* 393 (10184): 1958–72. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8.

Alam, M. Ashraful, Nusrat Subhan, M. Mahbubur Rahman, Shaikh J. Uddin, Hasan M. Reza, and Satyajit D. Sarker. 2014. "Effect of Citrus Flavonoids, Naringin and Naringenin, on Metabolic Syndrome and Their Mechanisms of Action." *Advances in Nutrition* 5 (4): 404–17. https://doi.org/10.3945/an.113.005603.

Amiot-Carlin, Marie-Josèphe. 2019. "Consommation des fruits et légumes: quels avantages, quels risques ?" *larevuedupraticien* 69: 1–4.

ANSES. 2016. "Actualisation des repères du PNNS, révision des repères de consommations alimentaires." Paris: ANSES.

Aprifel 2016. "Polyphénols." *Equation Nutrition - Aprifel*, Equation Nutrition, , no. 162: 6. http://www.aprifel.com/force_download.php?file=171&name=polyphanols.

Aprifel. 2005. "L'alimentation méditerranéenne, un art du bien manger, favorable à la santé." Equation Nutrition. http://www.aprifel.com/equation-nutrition.php?lang=fr.

Aprifel. 2017. "Pourquoi vous intéresser à la consommation de fruits et légumes de vos patients ?" Aprifel.

Aprifel. 2019a. "Les Minéraux." Aprifel. 2019. http://www.aprifel.com/page-les-mineraux,89.html.

Aprofel. 2019b. "LES SPÉCIFICITÉS DE CERTAINES CATÉGORIES DE FRUITS ET DE LÉGUMES." Aprifel. 2019. http://www.aprifel.com/page-les-specificites-de-certaines-categories-de-fruits-et-de-legumes,92.html.

Aune, Dagfinn, Edward Giovannucci, Paolo Boffetta, Lars T. Fadnes, NaNa Keum, Teresa Norat, Darren C. Greenwood, Elio Riboli, Lars J. Vatten, and Serena Tonstad. 2017. "Fruit and Vegetable Intake and the Risk of Cardiovascular Disease, Total Cancer and All-Cause Mortality—a Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Studies." *International Journal of Epidemiology* 46 (3): 1029–56. https://doi.org/10.1093/ije/dyw319.

Baranski, Marcin, Dominika Srednicka-Tober, Nikolaos Volakakis, Chris Seal, Roy Sanderson, Gavin B. Stewart, Charles Benbrook, et al. 2014. "Higher Antioxidant Concentrations, and Less Cadmium and Pesticide Residues in Organically Grown Crops: A Systematic Literature Review and Meta-Analyses." *British Journal of Nutrition 5 (112), 794-811. (2014)*. http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2016013832.

Bertrand, Cyril, Audrey Lesturgeon, Marie-Josèphe Amiot, Claire Dimier-Vallet, Ivan Dufeu, Thomas Habersetzer, Denis Lairon, et al. 2018. "Alimentation Biologique : État Des Lieux et Perspectives." *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 53 (3): 141–50. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2018.02.004.

Blot, Caroline, and Julie Barat. 2015. "Les Fruits et Légumes et Les Jeunes: Entre Besoin et Plaisir. Une Étude INTERFEL et FRANCEAGRIMER." FranceAgrimer, Salon de l'Agriculture, February 24. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qxjydgwWfXEJ:https://www.franceagrimer.fr/Bibliotheque/INFORMATIONS-ECONOMIQUES/FRUITS-ET-LEGUMES/ETUDES-ET-

SYNTHESES/2015/La-consommation-de-fruits-et-legumes-chez-les-jeunes-entre-besoin-et-plaisir+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=fr&client=firefox-b-d.

Boclé, Jean-Christophe, Sabine Houdart, Esther Kalonji, and Irène Margaritis. 2008. "Définition de profils nutritionnels pour l'accès aux allégations nutritionnelles et de santé : propositions et arguments." Agence Française de sécurité sanitaire des aliments.

Bosi Bérabgère, 2019. "Les fruits frais, encas préféré des Français." 2019. L'Arboriculture fruitière. February 6, 2019. http://www.arboriculture-fruitiere.com/articles/commercialisation/les-fruits-frais-encas-prefere-des-francais.

Cardenas, Jesus. 2016. "Potassium - Rôles, Besoins et Sources Alimentaires." Doctissimo. 2016. http://www.doctissimo.fr/nutrition/mineraux/potassium.

Christy, Gilles. 2014. "Baromètre Pomme 2014." CTIFL.

CIQUAL. 2017. "Ciqual Table de Composition Nutritionnelle Des Aliments." 2017. https://ciqual.anses.fr/.

Ctifl. 2017. "Amande française: bilan de marché et perception des professionnels." CTIFL. http://www.ctifl.fr/Pages/Kiosque/DetailsOuvrage.aspx?&idouvrage=3567.

Daine, Florence. 2019. "Magnésium - Rôles, Besoins et Sources Alimentaires." Doctissimo. 2019. http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/magnesium.htm.

Darmon, Nicole, Florent Vieux, Matthieu Maillot, Jean-Luc Volatier, and Ambroise Martin. 2009. "Nutrient Profiles Discriminate between Foods According to Their Contribution to Nutritionally Adequate Diets: A Validation Study Using Linear Programming and the SAIN,LIM System." *The American Journal of Clinical Nutrition* 89 (4): 1227–36. https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26465.

Darmon, Nicole, Matthieu Maillot, Michel Darmon, and Ambroise Martin. 2007. "Le SAIN et le LIM: un système de 'profilage nutritionnel' pour orienter favorablement les choix des consommateurs." INPES presented at the Les journées Prévention, Paris, March 30.

Davis, Donald R. 2013. "Are Organic Foods Safer or Healthier?" *Annals of Internal Medicine* 158 (4): 297. https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-4-201302190-00018.

DGCCRF. 2016. "Contrôle des résidus de pesticides dans les denrées végétales en 2016." Le portail des ministères économiques et financiers. 2016. https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/controle-des-residus-pesticides-dans-denrees-vegetales-en-2016.

Duval, Lise, Thomas Binet, Pierre Dupraz, Solenn Leplay, Claire Etrillard, Michel Pech, Elise Deniel, and Marie Laustriat. 2016. "Paiements Pour Services Environnementaux et Méthodes d'évaluation Économique: Enseignements Pour Les Mesures Agro-Environnementales de La Politique Agricole Commune - Synthèse," no. SSP-2014-017: 21.

European Food Safety Authority. 2018. "The 2016 European Union Report on Pesticide Residues in Food." *EFSA Journal* 16 (7). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5348.

FranceAgriMer. 2018. "Prospective 'Fruits du futur'': quelles variétés adaptées aux futurs systèmes de production arboricoles et aux futures demandes de fruits ?'" Les études de FranceAgriMer. FranceAgriMer. https://www.franceagrimer.fr/filiere-fruit-et-legumes/Eclairer/Etudes-et-Analyses/Prospective.

Guyomard, Herve, Cecile Detang-Dessendre, Vincent Requillart, and Louis-Georges Soler. 2018. "La Politique Agricole Commune Doit-Elle Intégrer Des Objectifs de Lutte Contre Le Surpoids et l'obésité ?" INRA Sciences Sociales. November 26, 2018. https://doi.org/10.22004/ag.econ.280331.

He, Feng J., Caryl A. Nowson, and Graham A. MacGregor. 2006. "Fruit and Vegetable Consumption and Stroke: Meta-Analysis of Cohort Studies." *Lancet (London, England)* 367 (9507): 320–26. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68069-0.

Hu, Danqing, Lixiao Cheng, and Wenjie Jiang. 2018. "Fruit and Vegetable Consumption and the Risk of Postmenopausal Osteoporosis: A Meta-Analysis of Observational Studies." *Food & Function* 9 (5): 2607–16. https://doi.org/10.1039/c8fo00205c.

INSERM. 2013. "Pesticides: effets sur la santé, synthèse et recommandations." Expertise collective. Paris: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale. http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/4819.

INSERM, 2013. Rapport_Pesticides_2013.

INPES 2007. Présentation_INPES_2007_SAIN_LIM_Fruit.Pdf."

Kalinowska, Monika, Aleksandra Bielawska, Hanna Lewandowska-Siwkiewicz, Waldemar Priebe, and Włodzimierz Lewandowski. 2014. "Apples: Content of Phenolic Compounds vs. Variety, Part of Apple and Cultivation Model, Extraction of Phenolic Compounds, Biological Properties." *Plant Physiology and Biochemistry* 84 (November): 169–88. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006.

Laboratoires Yves Ponroy. 2019. "Les Caroténoïdes : Origine, Propriétés et Bienfaits | LABORATOIRES YVES PONROY." Laboratoires Yves Ponroy. 2019. https://www.ponroy.com/plantes/les-carotenoides.

Lal, Rattan. 2015. "FEATURE Sequestering Carbon and Increasing Productivity by Conservation Agriculture." *Journal of Soil and Water Conservation*, 8.

Lebailly, P., E. Niez, and I. Baldi. 2007. "Données épidémiologiques sur le lien entre cancers et pesticides." *Oncologie* 9 (5): 361–69. https://doi.org/10.1007/s10269-007-0637-x.

Lukowicz, Céline, Sandrine Ellero-Simatos, Marion Régnier, Arnaud Polizzi, Frédéric Lasserre, Alexandra Montagner, Yannick Lippi, et al. 2018. "Metabolic Effects of a Chronic Dietary Exposure to a Low-Dose Pesticide Cocktail in Mice: Sexual Dimorphism and Role of the Constitutive Androstane Receptor." *Environmental Health Perspectives* 126 (6): 067007. https://doi.org/10.1289/EHP2877.

Martin, Cathie, Yang Zhang, Chiara Tonelli, and Katia Petroni. 2013. "Plants, Diet, and Health." *Annual Review of Plant Biology* 64 (1): 19–46. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120142.

Ministère du travail, de l'emploi et de la santé. 2015. "Plan National de Nutrition Santé." Ministère du travail, de l'emploi et de la santé.

Nguyen, Binh, Ding Ding, and Seema Mihrshahi. 2017a. "Fruit and Vegetable Consumption and Psychological Distress: Cross-Sectional and Longitudinal Analyses Based on a Large Australian Sample." *BMJ Open* 7 (3): e014201. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014201.

Ocean, Neel, Peter Howley, and Jonathan Ensor. 2019. "Lettuce Be Happy: A Longitudinal UK Study on the Relationship between Fruit and Vegetable Consumption and Well-Being." *Social Science & Medicine* 222: 335–45. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.12.017.

Oude Griep, Linda M., W. M. Monique Verschuren, Daan Kromhout, Marga C. Ocké, and Johanna M. Geleijnse. 2012. "Variety in Fruit and Vegetable Consumption and 10-Year Incidence of CHD and Stroke." *Public Health Nutrition* 15 (12): 2280–86. https://doi.org/10.1017/S1368980012000912.

Parhiz, Hamideh, Ali Roohbakhsh, Fatemeh Soltani, Ramin Rezaee, and Mehrdad Iranshahi. 2015. "Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of the Citrus Flavonoids Hesperidin and Hesperetin: An Updated Review of Their Molecular Mechanisms and Experimental Models." *Phytotherapy Research: PTR* 29 (3): 323–31. https://doi.org/10.1002/ptr.5256.

Poiroux-Gonord, Florine, Luc P. R. Bidel, Anne-Laure Fanciullino, Hélène Gautier, Félicie Lauri-Lopez, and Laurent Urban. 2010. "Health Benefits of Vitamins and Secondary Metabolites of Fruits and Vegetables and Prospects To Increase Their Concentrations by Agronomic Approaches." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (23): 12065–82. https://doi.org/10.1021/jf1037745.

Reiss, Richard, Jason Johnston, Kevin Tucker, John M. DeSesso, and Carl L. Keen. 2012. "Estimation of Cancer Risks and Benefits Associated with a Potential Increased Consumption of Fruits and Vegetables." *Food and Chemical Toxicology* 50 (12): 4421–27. https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.08.055.

Rodgers, Anthony, and Patrick Vaughan. 2002. "Rapport sur la santé dans le monde: réduire les risques et promouvoir une vie saine." Organisation mondiale de la Santé. https://www.who.int/whr/2002/en/whr02_fr.pdf?ua=1https://www.who.int/whr/2002/en/whr02_fr.pdf?ua=1.

Roohbakhsh, Ali, Hamideh Parhiz, Fatemeh Soltani, Ramin Rezaee, and Mehrdad Iranshahi. 2015. "Molecular Mechanisms behind the Biological Effects of Hesperidin and Hesperetin for the Prevention of Cancer and Cardiovascular Diseases." *Life Sciences* 124 (March): 64–74. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2014.12.030.

Roty, C. 2013. "Prunes: perception et attentes des consommateurs de prunes." CTIFL. http://www.ctifl.fr/DocPdf/Kiosque/Etude/PrunesConsommateurs2013.pdf?04/04/2019%20121720.

Rusch, Adrien, Rebecca Chaplin-Kramer, Mary M. Gardiner, Violetta Hawro, John Holland, Douglas Landis, Carsten Thies, et al. 2016. "Agricultural Landscape Simplification Reduces Natural Pest Control: A Quantitative Synthesis." *Agriculture Ecosystems & Environment* 221 (April): 198–204. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039.

Ryberg, Morten Walbech, Ralph K. Rosenbaum, Luc Mosqueron, and Peter Fantke. 2018. "Addressing Bystander Exposure to Agricultural Pesticides in Life Cycle Impact Assessment." *Chemosphere* 197 (April): 541–49. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.088.

Saghafian, Faezeh, Hanieh Malmir, Parvane Saneei, Alireza Milajerdi, Bagher Larijani, and Ahmad Esmaillzadeh. 2018. "Fruit and Vegetable Consumption and Risk of Depression: Accumulative Evidence from an Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Epidemiological Studies." *British Journal of Nutrition* 119 (10): 1087–1101. https://doi.org/10.1017/S0007114518000697.

Savini, Isabelle. 2007. "Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation." INRA.

Scandella, D., and C. Roty. 2012. "Pêches et nectarines: perception et attentes des distributeurs et des consommateurs." CTIFL. http://www.ctifl.fr/DocPdf/Kiosque/Resume/ResumePechesNectarines2012.pdf.

Serrurier, Matthieu. 2016. “Marché de la framboise : Principales tendances - Perception de la distribution.” CTIFL.

Tual, Stéphanie, and Mathilde Boulanger. 2017. “Actualisation Des Connaissances Du Certiphyto - Résultats de La Cohorte Agrican.” Paris. www.inma.fr/wp-content/uploads/2018/01/Actualisation_AGRICAN_13112017.pdf.

Wang, Xia, Yingying Ouyang, Jun Liu, Minmin Zhu, Gang Zhao, Wei Bao, and Frank B. Hu. 2014. “Fruit and Vegetable Consumption and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies.” *BMJ* 349 (July): g4490. https://doi.org/10.1136/bmj.g4490.

Willett, Walter, Johan Rockström, Brent Loken, Marco Springmann, Tim Lang, Sonja Vermeulen, Tara Garnett, et al. 2019. “Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems.” *The Lancet* 393 (10170): 447–92. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

World Cancer Research Fund, and American Institute for Cancer Research. 2018. “Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: A Global Perspective: A Summary of the Third Expert Report.” Continuous Update Project Expert Report. World Cancer Research Fund International. https://www.wcrf.org/dietandcancer/resources-and-toolkit.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 5, Santé, bien être, plaisir conférés par la consommation de fruits*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

Licence CC : BY NC ND

Les services rendus par les cultures fruitières

Chapitre 6
Services culturels rendus par les cultures fruitières

Extrait du rapport rédigé par Marie-Charlotte Bopp
et compléments par Sylvie Colleu

Septembre 2019

Coordination :

- Dominique Grasselly (CTIFL)
- Françoise Lescourret (INRA)
- Sylvie Colleu (INRA)

Action portée par le GIS Fruits, sur ressources CTIFL et INRA

1. Services culturels rendus par les cultures fruitières

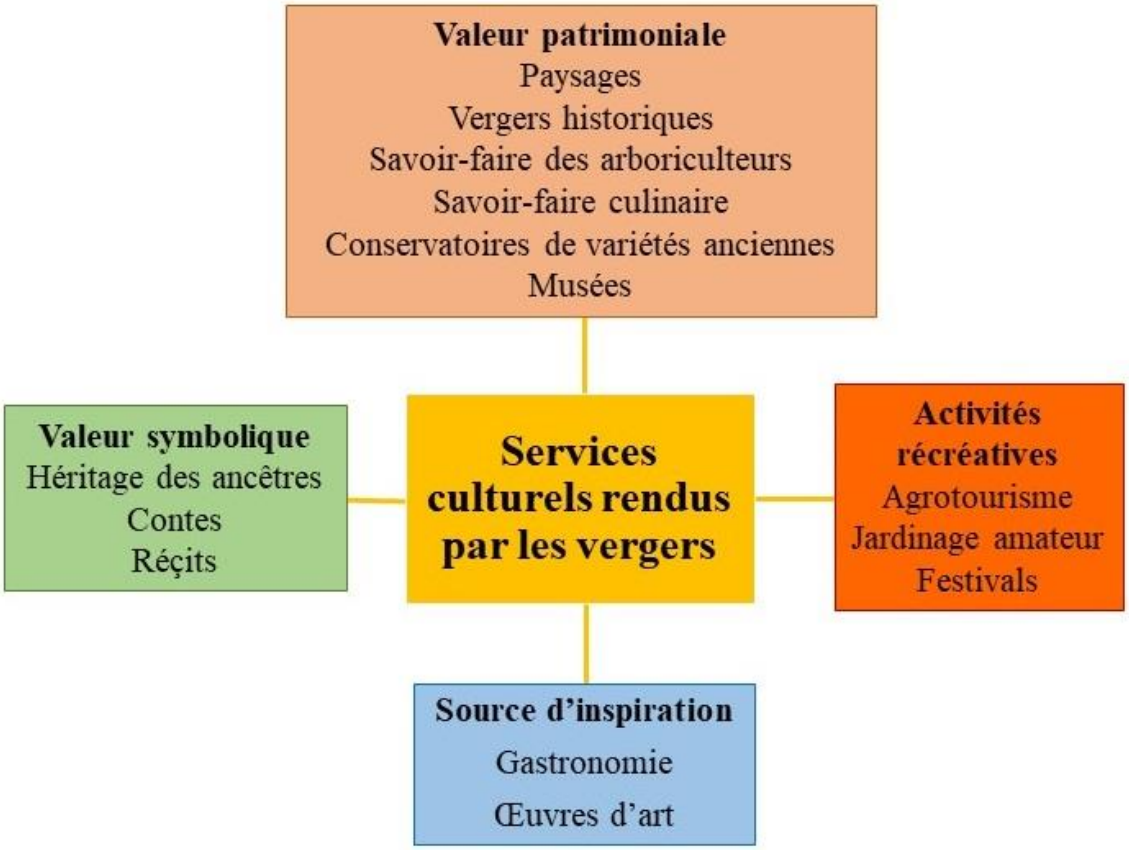
1.1 Plusieurs services culturels sont apportés par les vergers

« Les services culturels sont des bénéfices immatériels que l'humanité peut tirer des écosystèmes à travers un enrichissement spirituel ou un développement cognitif des peuples » (Blanchard, 2014)

La liste des services culturels rendus par les cultures fruitières a été établie à partir d'un brainstorming des membres du GIS Fruits et de la classification officielle des services écosystémiques (CICES).

Ainsi les **4 services culturels** identifiés sont :

- La valeur patrimoniale des cultures fruitières : contribution à l'esthétique des paysages, héritage des cultures fruitières implantées dès l'Antiquité en France.
- Les valeurs symbolique et spirituelle des cultures fruitières : héritage des ancêtres, place des fruits dans les contes, légendes, mythes et récits bibliques.
- Les source d'inspiration pour la création artistique : gastronomie, peinture, sculpture.
- La génération d'activités récréatives (agrotourisme, festivals, culture d'arbres fruitiers par les amateurs de jardinage…) qui contribuent au développement et à l'animation du territoire



La littérature scientifique (§ 1.2) est très peu fournie en travaux sur les services écosystémiques culturels rendus par les cultures fruitières ce qui a empêché d'en faire une analyse poussée. En revanche, plusieurs études techniques (§ 1.3) apportent des éléments intéressants.

1.2 Exemples des quelques études scientifiques sur l'évaluation de la valeur des paysages de vergers

Seules deux études scientifiques décrivent des services culturels rendus par les vergers : une étude slovaque et une étude espagnole. Les résultats étant dépendants du territoire choisi, on ne peut pas les extrapoler au paysages français mais en revanche, il serait possible de s'inspirer de la méthode.

En Slovaquie, Špulerová et al. (2018) ont comparé les bouquets de service rendus par différents types de paysages agricoles traditionnels : un paysage viticole, un paysage de prairies-pâturages, et un paysage composé d'une mosaïque de vergers, de prairies et de petites vignes. Divers indicateurs ont été relevés et cartographiés dans chacune des zones. Les indicateurs utilisés pour les services culturels étaient les activités possibles dans chaque paysage (randonnées, balades, pêche, chasse) et les sujets d'inspiration présents dans chaque paysage. La quantification de chaque service a été effectuée qualitativement par 8 experts sur la base de la cartographie des indicateurs de la zone d'étude. Une note a été choisie pour chaque service. La valeur finale du service écosystémique pour chaque type de paysage a été exprimée comme une moyenne de l'évaluation de chaque expert.

Le Tableau 4 présente les résultats de cette évaluation à dires d'experts. De manière générale, les paysages traditionnels rendent plus de services culturels d'après cette étude. Dans cette étude de cas, le paysage composé de vergers se démarque légèrement des autres types de paysage par un service culturel de récréation lié aux activités de randonnées, de chasse ou de pêche légèrement plus élevé.

Tableau 4 Evaluation à dires d'experts des services culturels rendus par 3 différents types de paysages agricoles traditionnels ou intensifs. Chaque service rendu est évalué qualitativement suivant une grille de score : 2, effet très positif ; 1, effet positif ; 0, neutre ; -1, effet négatif ; -2, effet fortement négatif.

	Service écosystémique	Paysage agricole composé en majorité de vignes		Paysage agricole composé en majorité de vergers		Paysage agricole composé en majorité de prairies et de pâtures en montagne à basses altitudes	
	Type de paysage	Traditionnel	Intensif	Traditionnel	Intensif	Traditionnel	Intensif
	Récréation : randonnées, chasse, pêche	1	-0.75	1.25	-0.5	1	-0.75
	Récréation : agrotourisme	0.5	0	1	0	2	0
	Héritage culturel et diversité	2	-0.25	2	-0.25	2	-0.25
	Esthétique des paysages et inspiration artistique	2	0	2	-0.75	2	-0.75
	Valeurs religieuses et spirituelles	2	-0.75	2	-0.5	2	-0.5

La seconde publication sur les services culturels des vergers se concentre sur l'aspect esthétique de vergers tropicaux de mangues, d'annones et d'avocats en Espagne (Sayadi et al., 2013). L'étude a utilisé la méthode de l'Analyse Conjointe qui permet d'analyser les préférences d'un panel d'interviewés. Pour chaque paysage, les questionnés attribuaient une note sur l'esthétique du paysage allant de 0 (n'aime pas) à 9 (aime beaucoup). Les enquêtés ont attribué la meilleure note au paysage composé de vergers tropicaux. Les serres et anciennes terres agricoles abandonnées ont obtenu de moins bonnes notes.

1.3 Etudes de cas de services culturels rendus par les vergers au niveau d'un territoire

De nombreux gestionnaires cherchent à connaître les principaux leviers sur lesquels agir pour rendre leur territoire plus attractif et en assurer le développement économique, culturel et social.

Parmi ces leviers, l'existence de vergers a été identifiée comme un atout. Plusieurs études ont ainsi été commanditées par des gestionnaires tels que : Pôles d'Equilibre Territorial (PETR), communautés de communes, Parcs naturels régionaux, département, métropole … pour décrire et évaluer la place et le rôle des vergers dans leur territoire.

Ces études abordent généralement plusieurs des 4 catégories de services que nous avons identifiés. La plupart s'intéressent à l'impact positif des vergers sur l'esthétique des paysages, tout en notant leur intérêt patrimonial lorsqu'ils sont implantés de longue date dans la région et leur intérêt culturel et gastronomique lié à fabrication ancestrale de produits locaux à base de fruits (cidre, fruits confits…).

Certaines de ces études soulignent l'antagonisme entre les différents services. Par exemple, dans de nombreux cas, les études s'intéressent aux services rendus par les vergers de haute-tige pâturés[1] traditionnellement plantés dans plusieurs régions françaises. Ces types de vergers apportent un service culturel et favorisent la biodiversité. Or, la moindre productivité de ces formes anciennes de vergers pénalise le service de production.

Les **8 études de cas** qui suivent n'apportent pas de connaissances scientifiques au sens strict mais sont à considérer par ce qu'elles nous disent sur la perception des vergers par les gestionnaires de ces territoires, les acteurs locaux et les citoyens.

- **Un panorama des services culturels rendus sur le territoire de L'AOP Pomme du Limousin**

Le syndicat « Pomme du Limousin » a analysé les services culturels valorisés par l'obtention de l'Appellation d'Origine protégée (AOP) (Figure 1). Ces vergers ont une longue histoire puisque les premiers pommiers ont été plantés par les Romains durant l'Antiquité et les premiers écrits mentionnant la Pomme du Limousin datent du XVIIIème siècle. D'après les témoignages des arboriculteurs de l'AOP recueillis sur le site de l'AOP, ce label constitue une reconnaissance du patrimoine-héritage transmis par leurs ancêtres et à transmettre aux générations futures.

L'AOP Pomme du Limousin contribue à l'animation du territoire en proposant des visites de vergers et de coopératives au public. Elle lance actuellement une appli mobile pour partir à la découverte de la Route de la Pomme. Le long de cette route, les promeneurs peuvent découvrir le terroir propre à l'AOP, déguster des créations culinaires à base de pommes du limousin, rencontrer les arboriculteurs etc.

Source : Donzeau, 2019.

[1] Le verger de haute-tige ou pré-verger est constitué d'arbres hauts et espacés, plantés sur une parcelle de prairie pâturée.

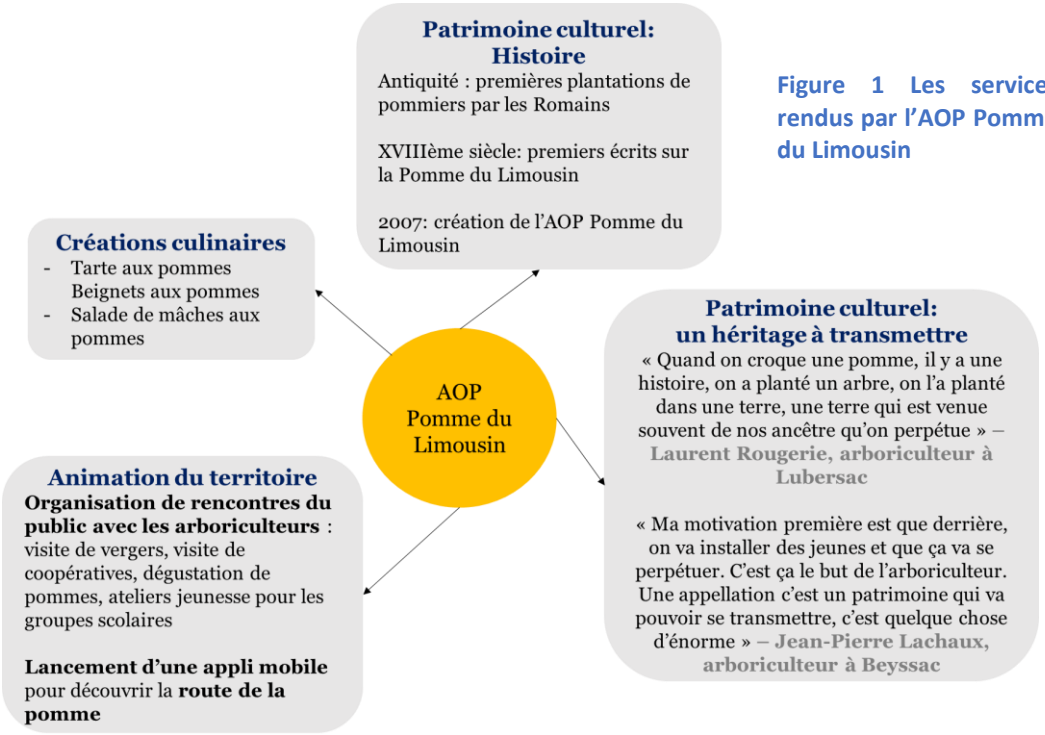


Figure 1 Les services rendus par l'AOP Pomme du Limousin

- **Le Parc naturel régional du Verdon (04) souligne l'importance des cultures fruitières dans son territoire**

Avec la préoccupation de « s'engager dans le développement des territoires du Verdon dans une démarche agroécologique » Le Parc naturel régional du Verdon a mené en 2018 une étude sur « l'agrodiversité fruitière du Verdon, ethnologie et histoire ».

Pour le Parc, les arbres fruitiers représentent une partie considérable du patrimoine du Verdon et participent à la richesse des paysages et leur attractivité. Leur objectif est également de préserver et diffuser les variétés locales de fruits et ainsi « laisser s'exprimer une diversité de saveurs, de formes et de couleurs ». Les spécialités culinaires traditionnelles des montagnes provençales ont été recensées : pistole (prune sèche), partiès (pommes séchées), poire confite… Les recettes ont été sauvegardées en se basant sur des témoignages et des archives locales, afin de préserver ce patrimoine.

Source : Mayer, 2018.

- **Analyse de la place des vergers au pays du Cognac (16)**

Le Pôle d'Equilibre Territorial Ouest Charente - Pays du Cognac a pour objet de définir les conditions d'un développement économique, écologique, culturel et social du territoire. Leur constat est que les vergers sont un élément typique du paysage traditionnel du Pays de l'Ouest Charente, et que, associés aux parcelles de vigne ils apportent « un plus » paysager et économique.

A cet effet, ils préconisent des actions pour « redonner une place au verger dans le vignoble » et notamment sauvegarder les variétés fruitières du Pays Ouest-Charente en impliquant les populations et les associations qui contribuent à préserver les usages et savoir-faire locaux.

Source : PTR Ouest-Charente, 2016.

- **Les vergers pris en compte dans des opérations d'aménagement global en Lorraine (54)**

Les vergers lorrains, notamment les vergers de mirabelliers en haute-tige, font partie du patrimoine de la région. Longtemps en déclin, ces vergers font à présent l'objet d'une attention particulière du fait de leur forte valeur paysagère. Cela incite les collectivités territoriales et locales à se mobiliser pour les intégrer dans leur politique d'aménagement rural.

Ainsi la commune de Leyr (54) a-t-elle réussi à mener un « plan paysage » et un remembrement permettant de maintenir une ceinture verte de vergers périvillageois, répondant ainsi aux attentes de l'ensemble de sa population.

Source : Rin, 2002.

- **Caractéristiques des paysages de vignes et de vergers dans le Cher (18)**

Une étude menée par et sur le département du Cher (18) a analysé les caractéristiques des paysages de vergers et de vignobles de ce département aux vins réputés, comme le Sancerre.

Cette étude comporte une analyse comparative des palettes chromatiques de ces deux cultures ; analyse qui montre une différence de perception entre ces deux de cultures :

- Les couleurs des vignes se déclinent selon les saisons en « couleurs d'hiver, de terre et de bois sec ; la montée progressive des verdures et la ponctuation des fruits : les ors, les cuivre et les rouges de l'automne, feu fugace avant le retour de l'hiver ».

- Les couleurs des vergers se déclinent différemment en « couleurs d'hiver, les bois et la terre nue à demi-cachés par le blanc des filets ; et floraison printanière et verts tendres masqués par les nappes blanches des filets de protection contre la grêle ».

Les auteurs de l'étude notent l'évolution de la physionomie des vergers depuis l'apparition des filets, leur donnant un aspect « insolite » et « technologique » et ajoutent non sans humour que les vergers donnent ainsi un « spectacle étonnant de toiles blanches emballant une forêt de pommiers qui donnent à penser qu'un émule de Christo est venu ici accomplir une performance ». C'est un cas où il semble que le service de production a pris le pas sur le service culturel lié à l'esthétique du paysage.

Source : Département du Cher, 2014.

- **L'évolution des vergers traditionnels en bassin Rennais (35)**

Dans le bassin Rennais (35) comme dans toutes les régions cidricoles, le verger traditionnel composé de pommiers de haute-tige disparaît progressivement au profit de vergers de basse-tige. Une étude a été menée sur les représentations sociales associées aux paysages de vergers dans un contexte où les pouvoirs publics tentent de valoriser les paysages culturels

L'enquête a porté sur trois générations d'agriculteurs de dix familles évoquant l'histoire de leurs pommiers à cidre. Les grands-parents ont connu l'époque des vergers traditionnels, avec le ramassage à la main des pommes tombées au sol et en gardent une certaine nostalgie[2]. Leurs enfants, à présent, ne tirent plus de revenus des anciens vergers mais en conservent parfois quelques ares aux abords du siège de leur exploitation, pour leur fonction esthétique et symbolique et par respect pour leurs grands-parents.

Source : Périchon, 2012.

[2] La tâche de ramassage des pommes tombées à terre était dévolue surtout aux femmes, c'était une tâche pénible, ce qui les rend un peu moins nostalgiques que les hommes…

- **La valeur des vergers en zone transfrontalière franco-belge**

Dans le cadre d'une action de sauvegarde et de développement de la biodiversité dans la région transfrontalière franco-Belge, 12 partenaires d'un projet Interreg ont élaboré un plan d'action pour les vergers. Leur diagnostic est que les formes traditionnelles que sont les pré-vergers tiennent une place importante dans les paysages bocagers de cette région. Leur constat est qu'ils ont une valeur patrimoniale indéniable et qu'ils ont « bénéfiques pour la santé physique et mentale des gens, ils les aident à se relaxer et à se déstresser, et ils sont le cadre d'activités récréatives et touristiques ».

Compte-tenu de ces éléments, le plan d'action qu'ils ont lancé pour la période 2020-2024 associe les citoyens et comprend : des plantations de vergers dans les écoles, des plantations de vergers de maraude, l'organisation de cours de taille et de greffage, l'organisation d'ateliers de pressage de jus de pomme, la fabrication de panneaux pédagogiques…

Source : Clarysse, 2019.

- **L'évolution des vergers et le développement de la filière cidricole en Normandie**

Dans le cadre du Pôle d'Equilibre Territorial du Pays d'Argentan, d'Auge et d'Ouche, une étude a été conduite pour analyser les impacts de l'évolution des conduites de vergers sur les paysages et sur la situation économique des producteurs. Dans cette région, la filière cidricole se professionnalise et se spécialise. Les vergers haute-tige disparaissent au profit de cultures labourées et de vergers de basse-tige productifs et les acteurs cidricoles donnent la priorité au redressement économique de la filière.

Cependant, dans certaines parties du territoire comme le Pays d'Auge Ornais, à la fois l'attachement historique, la présence d'appellations et la topographie pentue sont des « remparts » aux labours et préservent le paysage de « carte postale ».

Source : Granger, 2017.

1.4 Autres exemples de services culturels

Les exemples suivants sont cités à titre illustratif.

- Musées locaux spécialisés sur les fruits : le musée de Domfront sur la pomme et la poire, musée Epicurium à Avignon, écomusée de la Pomme au Calvados à Le Sap, le musée de la pomme et du cidre en Normandie, la Maison de la cerise à Paulh, musée du poiré à Barenton, musée de la Vieille Prune à Souillac, le musée du pruneau à Lafitte sur Lot, la Maison de la mirabelle à Rozelieures etc…

Pour l'analyse d'un programme muséographique, voir (Grison, 2008).

- Le festival d'été « Pruneau Show » à Agen (47) attire plus de 90 000 personnes chaque année en août. http://www.grandpruneaushow.fr/

- La fête du citron® de Menton (06), attire plus de 200 000 visiteurs chaque année en mars. https://www.fete-du-citron.com/

Bibliographie

"Interpreting Orchardists' Talk about Their Orchards: The Good Orchardists | Springer for Research & Development." n.d. Accessed November 15, 2018. https://rd.springer.com/article/10.1007/s10460-009-9240-7 .

"Tourists' Perception of Landscape Attributes in Rural Tourism | Worldwide Hospitality and Tourism Themes | Vol 10, No 2." n.d. Accessed November 15, 2018. https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/WHATT-12-2017-0087 .

Blanchard Eric, 2014. Les services culturels. Consulté le 22/10/19 : https://www.supagro.fr/ress-pepites/servicesecosystemiques/co/ServicesCulturels.html

Botti, F., and R. Biasi. 2010. "SAFEGUARD AND VALORISATION OF THE PRODUCTIVE AREAS IN HISTORICAL GARDENS." Acta Horticulturae, no. 881: 1005–9. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.881.167.

Clarysse K., Delbecque C., Depoortere M., Toussaint M., 2019. Plan d'action des vergers. Plan d'actions transfrontaliers. Consulté le 22/10/19 : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjy-6Dzz6_lAhVuxYUKHZalBo4QFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fenm.lillemetropole.fr%2Fsites%2Fenm%2Ffiles%2F2019-10%2FVergers_0.pdf&usg=AOvVaw3SiVouuuZdHIxoT_GBuGKk

Département du Cher, 2014. "B-6 Les paysages de vignes et de vergers", pages 327-368. http://www.cher.gouv.fr/content/download/9526/63797/file/CHAP-B06.pdf

Donzeau Agnès, 2019. Consulté le 22/10/19 https://www.gis-fruits.org/Media/fichiers/Services-rendus-Donzeau

Granger Benjamin, 2017. Analyse paysagère et économique de l'évolution des vergers sur le pays d'Argentan d'Auge et d'Ouche. Rapport de licence Pro. Université Caen Normandie. 94 pages. Consulté le 22/10/19. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiQ6d7h0q_lAhWCyoUKHb14AMoQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.p2ao.fr%2Fmediacenter%2Fuploads%2Fetude-sur-les-vergers-et-le-paysage.pdf&usg=AOvVaw1AkeoF_lXsmcnKeB70hwae

Grison Pauline, « Par les fruits et légumes, l'interprétation de différents patrimoines », La Lettre del'OCIM [En ligne], 119 | 2008, mis en ligne le 21 janvier 2011, consulté le 16 octobre 2019. URL : http://journals.openedition.org/ocim/357 ; DOI : 10.4000/ocim.357

Labeyrie, Benoît, Jean-Louis Sagnes, Laurie Castel, N. Dubreuil, P. Kreiter, Muriel Millan, Daniel Plénet, et al. 2018. "Réseau DEPHY EXPE : Synthèse Des Résultats à l'échelle Nationale - Filière Arboriculture." Cellule d'Animation nationale DEPHY Ecophyto.

Mayer Pauline, 2018. « L'agrodiversité fruitière du Verdon. Ethnologie et Histoire ». Synthèse d'étude. Parc naturel régional du Verdon. 108 pages. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahUKEwiJ97Pbv6DlAhVIJhoKHcfLCYYQFjACegQIARAB&url=http%3A%2F%2Fparcduverdon.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpnrverdon%2Fpdf%2F2018_pomologie_web_double.pdf&usg=AOvVaw38qgn-w5zO7MnUAdcbPcar

Perichon Samuel, 2012. Les prés vergers de pommiers à cidre et les agroforêts de cacaoyers,publié sur Projets de paysage le 04/01/2012 http://www.projetsdepaysage.fr/fr/les_pres_vergers_de_pommiers_a_cidre_et_les_agroforets_de_cacaoyers

PTR Ouest-Charente, 2016. « Redonner une place au verger dans le vignoble », Fiches actions 12. 5 pages. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi366vniKHlAhURhRoKHencBSAQFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.pays-ouest-charente.fr%2Fespace%2Ffichier%2F595_fiche_action_12_-_verger_vignoble.pdf&usg=AOvVaw0lpAmjQwe7v1wvcGgZhZIe

Rin Aurélie, Husson Jean-Pierre, 2002. « Les vergers dans les opérations d'aménagement global en Lorraine », Revue Géographique de l'Est [En ligne], vol. 42 / 3 | 2002, mis en ligne le 14 décembre 2010, consulté le 17 octobre 2019. URL : http://journals.openedition.org/rge/2610

Sayadi, S., J. López Moreno, and J. Calatrava. 2013. "THE LANDSCAPE FUNCTION OF MANGO FRUIT ORCHARDS: ANALYSIS OF SOCIAL DEMAND ON THE SPANISH MEDITERRANEAN COAST." Acta Horticulturae, no. 992: 225–32. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.992.29 .

Špulerová, Jana, František Petrovič, Peter Mederly, Matej Mojses, and Zita Izakovičová. 2018. "Contribution of Traditional Farming to Ecosystem Services Provision: Case Studies from Slovakia." Land 7 (2): 74. https://doi.org/10.3390/land7020074 .

Špulerová, Jana, Veronika Piscová, Katarína Gerhátová, Andrej Bača, Henrik Kalivoda, and Róbert Kanka. 2015a. "Orchards as Traces of Traditional Agricultural Landscape in Slovakia." Agriculture, Ecosystems & Environment 199: 67–76. https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.021.

Composition du groupe de travail :

Dominique Grasselly, coordinateur (CTIFL), Françoise Lescourret, coordinatrice (INRA), Marie-Charlotte Bopp, cheffe de projet (CTIFL-INRA), Denis Bergère (AFIDEM), Emmanuel Demange (Interfel), Anne Guérin (IFPC), Pascale Guillermin (AgroCampusOuest Angers), Christian Hutin (CTIFL), François Laurens (INRA), Stéphanie Prat (FNPF), Natacha Sautereau (ITAB), Matthieu Serrurier (CTIFL), Pierre Varlet (ANPP), Sylvie Colleu (INRA).

Pour citer ce document :

M-C. Bopp, D. Grasselly, F. Lescourret, D. Bergère, E. Demange, A. Guérin, P. Guillermin, C. Hutin, F. Laurens, S. Prat, N. Sautereau, M. Serrurier, P. Varlet, S. Colleu. *Les services rendus par les cultures fruitières, Chapitre 6, Services culturels rendus par les cultures fruitières*, 2019, CTIFL-INRA.

Synthèse et rapport disponibles sur : https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Rapport-Services-rendus-par-les-cultures-fruitieres

DOI : https://prodinra.inra.fr/record/483007

hal-03077371

Licence CC : BY NC ND

DOI : 10.15454/3w3d-w606