

Caroline Djian-Caporalino
et Anne-Violette Lavoit, coord.

Les plantes de services

Vers de nouveaux agroécosystèmes



éditions
Quæ

Paris 2023

Les plantes de services

Vers de nouveaux agroécosystèmes

Caroline Djian-Caporalino
et Anne-Violette Lavoit, coord.

Éditions Quæ

Pour citer cet ouvrage :

Djian-Caporalino C., Lavoit A.-V., coord., 2024. *Les plantes de services. Vers de nouveaux agroécosystèmes*. Versailles, éditions Quæ, 388 p.

En couverture : © Caroline Djian-Caporalino

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex
www.quæ.com – www.quæ-open.com

© Éditions Quæ, 2024

ISBN papier : 978-2-7592-3978-8

ISBN PDF : 978-2-7592-3979-5

ISBN ePub : 978-2-7592-3980-1

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Sommaire

Introduction. De l'agriculture intensive vers l'agroécologie.....	7
<i>Caroline Djian-Caporalino, Claire Caravel, Anne-Violette Lavoir</i>	

PARTIE 1 MÉCANISMES D'ACTION DES PLANTES DE SERVICES

François Lecompte, Marie Chave, Bruno Jaloux, Delphine Moreau, Alice Michelot-Antalik, coord.

Chapitre 1. Des plantes de services pour favoriser la fertilité des sols, la régulation du climat et du cycle de l'eau.....	23
<i>Florian Celette, Lionel Alletto, Léo Garcia, François Lecompte, Aurélie Metay</i>	

Fertilité des sols et services écosystémiques associés.....	23
Comment les plantes de services affectent la fertilité des sols	27
Dynamique et pérennité des effets des plantes de services	42

Encart 1. Le métabolisme spécialisé.....	58
<i>Alexandre de Saint Germain, Alan Kergunteuil</i>	

Chapitre 2. Les plantes de services favorisant la pollinisation.....	69
<i>Audrey Alignier, Stéphanie Aviron, Mathilde Baude, Emma Jeavons, Alice Michelot-Antalik, Emmanuelle Porcher</i>	

Comment les plantes attirent, nourrissent et accueillent les insectes pollinisateurs.....	70
Effets des plantes de services sur la diversité et la dynamique des pollinisateurs.....	75
Comment les plantes de services favorisent la pollinisation des cultures adjacentes	80
Les plantes de services comme levier pour favoriser la pollinisation des paysages agricoles	82

Encart 2. Les plantes de services en soutien de la biodiversité patrimoniale.....	90
<i>Olivier Crouzet, Florence Matutini, Alice Michelot-Antalik</i>	

Chapitre 3. Les plantes de services pour la régulation des ravageurs aériens.....	93
<i>Agathe Baudry, Anne-Marie Cortesero, Nicolas Desneux, Marie Hédan, Coline Jaworski, Bruno Jaloux, Anne-Violette Lavoir, Adrien Le Navenant, Martin Luquet, Beatrice Rhino</i>	

Effets directs des plantes de services sur les ravageurs.....	95
Effets indirects des plantes de services sur les ravageurs	104
Éléments de preuve des effets au champ.....	118
Antagonismes, convergences ou synergies entre ces différents mécanismes de régulation	122
Perspectives de recherche.....	123

Chapitre 4. Les plantes de services pour la régulation des agents pathogènes aériens.....	137
<i>Christophe Le May, Frédéric Suffert</i>	

Effets directs des plantes de services sur l'exposition à l'inoculum au sein de couverts hétérogènes.....	137
Effets indirects des plantes de services sur le développement des maladies foliaires	142
Trouver des compromis pour limiter les antagonismes	146

Chapitre 5. Les plantes de services pour la régulation des bioagresseurs telluriques.....	153
<i>Marie Chave, Caroline Djian-Caporalino, Sylvain Fournet, Sophie Mantelin, Philippe Nicot</i>	
Effets directs des plantes de services sur les bioagresseurs telluriques	154
Effets indirects des plantes de services pour contrôler les bioagresseurs telluriques	162
Pratiques culturales impliquées	166
Évaluation des effets au champ	167
Convergences et antagonismes entre mécanismes.....	173
Chapitre 6. Les plantes de services pour la régulation des adventices	180
<i>Delphine Moreau, Nathalie Colbach, Stéphane Cordeau, Gaëlle Damour, Aurélie Gfeller, Jean-Philippe Guillemin, Sandrine Petit</i>	
Effets directs des plantes de services sur les adventices	180
Effets des plantes de services sur les adventices par l'intermédiaire de leurs ennemis naturels	187
Évaluation des effets au champ	190
Convergences et antagonismes entre mécanismes.....	192
Encart 3. Les plantes de services pourraient-elles contribuer au bien-être et à la santé des acteurs du monde agricole ?.....	199
<i>Gilles Galopin</i>	

PARTIE 2

MULTISERVICES, COMBINAISON DE SERVICES ET DISSERVICES

Anne-Marie Cortesero, Célia Seassau, Anne-Violette Lavoir, coord.

Chapitre 7. Des plantes multiservices ou combinées pour un multiservice.....	205
<i>Caroline Djian-Caporalino, Audrey Alignier, Marie Chave, Anne-Marie Cortesero, Nicolas Desneux, Antoine Gardarin, Claire Goillon, Séverin Hatt, Coline Jaworski, Anne-Violette Lavoir, Cliven Njekete, Célia Seassau</i>	
Des plantes multiservices ?.....	205
Combinaisons de plantes de services.....	218
Les plantes de services : des solutions pour une agriculture durable	230
Encart 4. La multifonctionnalité des haies dans les paysages agricoles.....	244
<i>Sébastien Boinot</i>	
Chapitre 8. Risques de disservices et stratégies pour les limiter	246
<i>Delphine Moreau, Antoine Couëdel, Florian Celette, Steewy Lakhia, Sébastien Picault, Frédéric Suffert</i>	
Mécanismes à l'origine de disservices des plantes de services	246
Limiter les disservices par les pratiques agricoles	255
Chapitre 9. La flore spontanée : un bouquet de services et de disservices	265
<i>Mélanie Roy, Audrey Alignier, Stéphane Cordeau, Séverin Hatt, Elena Kazakou</i>	
Quelques éléments d'écologie des communautés.....	266
Services et disservices : des exemples au champ	267
Changer d'échelles temporelle et spatiale	269
Vers une intégration de la flore spontanée au concept de plantes de services	269
Des pratiques culturales pour favoriser les services de la flore spontanée et minimiser les disservices ?.....	270

PARTIE 3
CHOIX ET MISE EN ŒUVRE DES PLANTES DE SERVICES

Safia Médiène, coord.

Chapitre 10. Quelles plantes pour quels services : comment choisir ?	277
<i>Xavier Boussetin, Caroline Djian-Caporalino, Florian Celette, Mathias Christina, Alain Ferre, Antoine Gardarin, Mathieu Lorin, Safia Médiène, Christophe Naudin, Sébastien Picault, Guillaume Piva</i>	
Approche fonctionnelle pour le choix de plantes de services favorisant la régulation des bioagresseurs.....	278
Des mélanges de plantes diversifiés pour favoriser la lutte biologique par conservation	289
Régulation des adventices et gestion de la fertilité du sol : l'exemple des grandes cultures.....	297
Chapitre 11. Mise en œuvre des plantes de services : une grande diversité de modes d'insertion et de gestion	309
<i>Florian Celette, Mathias Christina, Antoine Gardarin, Safia Médiène, Christophe Naudin, Aude Ripoché, Gaëlle Tisserand</i>	
Panorama des modes d'insertion possibles des plantes de services	309
Insertion intra-parcellaire synchrone	311
Insertion intra-parcellaire asynchrone (rotation et gestion de l'interculture).....	320
Insertion et gestion des bandes végétalisées dans et autour de la parcelle.....	324
Chapitre 12. Outils et modèles pour aider à la mise en œuvre des plantes de services	333
<i>Sandrine Auzoux, Jean-Marc Blazy, Antoine Gardarin, Ludovic Mailleret, Safia Médiène, Aude Ripoché, Romain Roche, François Warlop</i>	
Outils d'aide au choix des plantes de services	333
Apport de la modélisation pour la gestion de plantes de services.....	341
Chapitre 13. Freins et leviers à l'adoption des plantes de services par les agriculteurs	350
<i>Jean-Marc Blazy</i>	
L'importance d'une cohérence stratégique avec le modèle décisionnel de l'agriculteur	352
Une nécessaire remise en question du système de culture et de l'organisation du travail	353
Freins et leviers liés à l'amont et à l'aval des filières.....	354
Les leviers institutionnels et politiques.....	355
Donner toutes ses chances à un nouveau système	357

PARTIE 4
LES PLANTES DE SERVICES PARTOUT ET POUR TOUT ?

Béatrice Rhino, Sylvaine Simon, coord.

Chapitre 14. Mise en regard des pratiques d'utilisation des plantes de services dans les filières et les différents systèmes de culture	365
<i>Marie Hédan, Raphaël Achard, Sandrine Auzoux, Mathias Christina, Alain Ferre, Léo Garcia, Jérôme Labreuche, Steewy Lakhia, Jérôme Lambion, Amélie Lefèvre, Aude Ripoché, Nathalie Verjux, François Warlop, Béatrice Rhino, Sylvaine Simon</i>	
Diversité de services, de plantes de services et d'usages selon les productions	365
Regards croisés entre les filières.....	379
Des recherches, des expérimentations et des co-constructions à poursuivre.....	390

Chapitre 15. Les plantes de services dans la transition de l'agrosystème à l'agroécosystème	397
<i>Pierre-Éric Lauri, Nathalie Colbach, Gaëlle Damour, Jean-Philippe Deguine, Joël Huat, Amélie Lefèvre, Delphine Moreau, Aude Ripoché</i>	
Diversifier les agroécosystèmes pour les adapter aux enjeux agroécologiques locaux	397
Développer les connaissances, renouveler les approches et s'emparer de nouveaux outils	401
Intégrer les plantes de services dans les agroécosystèmes, un défi culturel et culturel	409
Un défi pour la recherche : mieux connecter agronomie, environnement, économie et social	414
Encart 5. Le concept de l'animal de services	420
<i>Jean-Christophe Bambou, Audrey Fanchone, Jean-Luc Gourdine, Nathalie Mandonnet, Valentin Verret</i>	
Conclusion	427
<i>Caroline Djian-Caporalino, Anne-Violette Lavoit</i>	
Mécanismes d'action des plantes de services : état des lieux et perspectives	428
Les plantes de services, piliers de la transition agroécologique	429
Choisir parmi cette complexité : émergence et importance des outils d'aide à la décision (OAD)	430
Les acteurs des plantes de services : à chacun son rôle !	431
Glossaire	434
Sigles et acronymes	440
Annexe. Récapitulatif des espèces de plantes de services citées et des services observés	441
Liste des auteurs	443
Remerciements	445

Introduction

De l'agriculture intensive vers l'agroécologie

Caroline Djian-Caporalino, Claire Caravel, Anne-Violette Lavoir

« L'agroécologie, c'est comme un orchestre symphonique. L'ensemble des leviers forme la mélodie. »

Christophe Latchman¹

Au cours des années 1960, une profonde transformation des agricultures s'est opérée dans les pays industrialisés, appelée « révolution verte ». Cette révolution se fonde sur le développement et la combinaison de quatre éléments issus du progrès technologique : 1) la sélection de variétés à haut rendement, 2) la multiplication de l'utilisation d'intrants chimiques de synthèse (fertilisants, pesticides), 3) un meilleur contrôle des méthodes de gestion (l'irrigation, par exemple), accompagné d'une augmentation de la taille des champs, et 4) la mécanisation (agroéquipements) (Jain, 2010). Guidée par ces bonds technologiques, la révolution verte a eu un effet déterminant sur le monde dans lequel nous vivons : sur une période de quarante ans, la superficie des terres irriguées mondiale a augmenté d'environ 70 % (Rosegrant *et al.*, 2002; Gleick, 2003) et l'utilisation d'engrais d'environ 700 % (Matson *et al.*, 1997; Tilman *et al.*, 2001). Cela a permis l'augmentation de l'intensité de la production sur les terres agricoles et de tripler la production alimentaire (Tilman *et al.*, 2011; FAO, 2017). Ainsi, chaque individu aujourd'hui dispose en moyenne de plus de nourriture qu'au début des années 1960 (FAO, 2017). Le nombre de personnes victimes de famine a diminué (Khush, 2001), avec pour résultat une croissance démographique exponentielle de la population mondiale (FAO, 2017).

Cependant, la révolution verte a également eu des conséquences négatives sur la santé humaine et sur l'environnement (Pingali et Rosegrant, 1994). Les pesticides chimiques se sont révélés toxiques pour l'homme et les animaux (Carson, 1962; Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016), et de récentes études rapportent des effets conséquents sur la biodiversité (Köhler et Triebkorn, 2013). Par exemple, une dégradation mondiale de la biodiversité des insectes a été observée, avec une diminution de 75 % de leur biomasse totale en Europe centrale sur une période de vingt-sept ans (Hallmann *et al.*, 2017), conduisant à un nouveau « *silent spring* » (Inger *et al.*, 2015; Stanton *et al.*, 2018). Les pesticides peuvent également se révéler nocifs et causer des dommages sur des

1. Agriculteur bio sur le Lamentin, président du GDA Éco-Bio (Groupement de développement de l'agriculture écologique et biologique) de Guadeloupe, membre des Jeunes Agriculteurs et fondateur des paniers bio de Guadeloupe.

organismes non-cibles comme les pollinisateurs (Potts *et al.*, 2021) ou les ennemis naturels, agents de biocontrôle, ce qui a souvent pour conséquence involontaire soit d'exacerber les problèmes de ravageurs existants, soit d'entraîner l'émergence de nouveaux ravageurs (Krishna *et al.*, 2003). L'utilisation systématique et massive des pesticides (Tilman *et al.*, 2001) et la mise en place quasi systématique de monocultures traitées avec les mêmes molécules (Fuzeau *et al.*, 2012) ont également favorisé l'apparition de résistance chez les bioagresseurs. Par exemple, les adventices ont développé des résistances à toutes les classes d'herbicides et plus de 550 espèces d'arthropodes ont acquis une résistance à au moins une molécule insecticide (Gould *et al.*, 2018). Enfin, certains pesticides sont rémanents dans l'environnement. Par exemple, 97 % des néonicotinoïdes rapportés dans le pollen par les abeilles dans les paysages arables proviennent de fleurs sauvages à proximité, plutôt que des cultures elles-mêmes (Botías *et al.*, 2015). Cette rémanence affecte aussi les nappes phréatiques, les sols (Tilman, 1999 ; Stoate *et al.*, 2001 ; Moss, 2008 ; Tilman *et al.*, 2011 ; Saaidi *et al.*, 2023) ou encore l'atmosphère (effets sur la couche d'ozone ; Madhava, 2000). Les eaux ainsi que les terres ont également été contaminées en grande partie par les intrants inorganiques, majoritairement les nitrates, utilisés en masse sur les cultures (Matson *et al.*, 1997 ; Bennett *et al.*, 2001 ; Galloway *et al.*, 2008). L'irrigation est aussi à l'origine d'importants problèmes de salinisation, d'hydromorphie (saturation en eau) permanente et de perte ou de remontée des nappes phréatiques, qui s'accroissent dans un contexte de réchauffement climatique (Elliott *et al.*, 2014).

La révolution verte a donc eu et a toujours de nombreux effets négatifs sur notre environnement, renforcés par l'usage des nouvelles technologies et de l'environnement politique qui ont favorisé une utilisation imprudente et excessive des intrants et l'expansion de la culture dans des zones qui ne pouvaient pas supporter des niveaux élevés d'intensification (Pingali, 2012). Par conséquent, il est aujourd'hui nécessaire de se tourner vers de nouveaux types de systèmes agricoles, plus durables et plus respectueux de l'environnement et de l'humain. C'est dans ce contexte que s'opère actuellement une transition de l'agrosystème^{2*} intensif, visant uniquement cette production agricole, à l'agroécosystème*, dont le but est d'être durable et efficace à la fois pour la production alimentaire et la réduction des dommages à l'environnement, et même d'apporter des contributions positives au capital naturel et social (Pretty *et al.*, 2018). L'agroécosystème est un système agricole étudié et géré selon les concepts et outils de l'agroécologie. Jusque dans les années 1960, l'agroécologie était considérée uniquement comme une thématique scientifique pluridisciplinaire (agronomie, écologie mais aussi sociale, économique...). Aujourd'hui, elle est également considérée comme un ensemble de pratiques basées sur la nature (*Nature-based Solutions*) et plus respectueuses de l'environnement et de la santé, voire comme un mouvement politique ou social visant à résoudre les défis actuels de la production agricole (Wezel *et al.*, 2009).

La transition de l'agrosystème à l'agroécosystème passe par trois étapes, généralement consécutives, selon l'intensité du changement (Hill et MacRae, 1995 ; Vanbergen *et al.*, 2020) : augmentation de l'efficacité des pratiques déjà utilisées (pour réduire la consommation d'intrants), *substitution* d'une pratique par une autre (par exemple, remplacement d'un insecticide chimique par un auxiliaire de lutte), et *reconception* complète du système

2. Un glossaire est disponible en fin d'ouvrage. Les termes qui y sont définis sont signalés dans le texte par un astérisque à leur première occurrence.

de culture, aussi bien dans son organisation spatiale que temporelle (Wezel *et al.*, 2014). C'est le modèle ESR, pour *Efficiency-Substitution-Redesign*. En Europe, cette transition s'accompagne de réglementations qui ont pour objectifs majeurs de réduire l'utilisation des intrants de synthèse, de promouvoir la reconnaissance et la diffusion des produits de biocontrôle et de diminuer les effets négatifs de l'agriculture sur l'environnement et la santé (Directive européenne 2009/128/EC sur la régulation durable de l'utilisation des pesticides); au niveau national, en France, citons la Loi d'avenir n° 2014-1170, du 13 octobre 2014, pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt, et le programme Écophyto II. En parallèle, le virage qu'entreprend l'agriculture est également influencé par la demande de plus en plus pressante des consommateurs d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. En France, selon une étude menée en 2017, 73% des habitants consomment des produits biologiques régulièrement (au moins une fois par mois), 16% en consomment même tous les jours et 85% estiment important de continuer à développer l'agriculture biologique (Agro Media, 2018). De plus, les consommateurs ont de plus en plus de revendications, notamment concernant les modes de production (cahiers des charges, circuits courts entre le producteur et le consommateur...).

Pour favoriser la transition, il faut optimiser les services écosystémiques* fournis par les agrosystèmes. Daily (1997) a défini ces services comme « les conditions et les processus par lesquels les écosystèmes naturels, et les espèces qui les composent, soutiennent et accomplissent la vie humaine ». Il existe quatre grandes catégories de services écosystémiques : les services d'approvisionnement, de soutien, de régulation et les services culturels (MEA, 2005; Power, 2010). Les agrosystèmes (intensifs) sont gérés et conçus pour optimiser principalement les services d'approvisionnement (ils fournissent de la nourriture, du fourrage, des fibres, de la bioénergie, des produits pharmaceutiques...), souvent au détriment de la biodiversité et d'autres services écosystémiques (pollinisation, rétention en eau et fertilité des sols, régulation des bioagresseurs...) qui sont pourtant essentiels à son fonctionnement, d'où l'utilisation massive d'intrants pour compenser les pertes (Foley *et al.*, 2005; Newbold *et al.*, 2015). Pourtant ces agrosystèmes (intensifs) pourraient néanmoins fournir ces autres services écosystémiques (Zhang *et al.*, 2007).

Une des solutions pour aider à la transition de l'agrosystème vers l'agroécosystème qui fournit une diversité de services écosystémiques serait de restaurer la diversité végétale (autre que la diversité génétique de la plante cultivée, la seule à être valorisée dans les agrosystèmes intensifs) perdue par l'intensification des cultures, en mettant l'accent sur la diversité des fonctions ou rôles des plantes dans l'écosystème (Diaz *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2007). Cette diversité végétale, taxonomique et fonctionnelle, introduite dans et autour de la parcelle agricole (voire dans le paysage régional), permettrait de fournir un substitut partiel ou complet à de nombreux intrants agricoles coûteux, tels que les engrais, les pesticides, les pollinisateurs importés ou l'irrigation (Isbell *et al.*, 2017; Brédif et Simon, 2021). En effet, dans leur méta-analyse, Rey Beynayas *et al.* (2009) démontrent que la restauration écologique peut augmenter la fourniture de biodiversité et de services écosystémiques de 44 et 25 %, respectivement, par rapport aux systèmes dégradés par l'activité humaine. De même, deux méta-analyses, Poveda *et al.* (2008) et Letourneau *et al.* (2011) démontrent qu'un système cultivé diversifié présente significativement moins d'herbivores, plus d'ennemis naturels et des dommages moindres sur les plantes cultivées comparativement à un système en monoculture.

Les traits fonctionnels* (caractéristiques morphologiques, anatomiques, physiologiques ou phénologiques) des espèces végétales jouent un rôle majeur dans la fourniture de services écosystémiques (de Bello *et al.*, 2010; Garnier et Navas, 2012). Alors qu'une grande partie de la recherche s'est concentrée sur l'influence de la richesse en espèces pour fournir des services écosystémiques, ce sont en fin de compte les caractéristiques des espèces qui déterminent les processus écologiques (Chapin *et al.*, 1997; Hooper *et al.*, 2005; Haines-Young et Potschin, 2010). Ainsi, l'analyse des traits fonctionnels, autrement dit des propriétés distinctives de différents groupements écologiques, est devenue un domaine de recherche important pour comprendre comment les services écosystémiques sont générés (Díaz *et al.*, 2006; Balvanera *et al.*, 2006). Une approche fonctionnelle peut donc être une base pour choisir les espèces végétales visant à fournir un ensemble de services écosystémiques, et les « profils fonctionnels » des plantes, leur donnant leurs aptitudes à fournir les services attendus dans les agroécosystèmes, peuvent être d'une grande utilité (Damour *et al.*, 2014, 2018).

Les stratégies de diversification fonctionnelle végétale des agrosystèmes peuvent être multiples et comprennent l'amélioration de la diversité génétique des cultures, les plantations mixtes, la rotation des cultures, l'agroforesterie et la diversification fonctionnelle des paysages au sein et autour des terres cultivées (Isbell *et al.*, 2017). Parmi ces leviers, nous proposons d'utiliser ici le concept de plantes dites « de services », qui sont implantées dans le système en plus de la culture de rente et qui ont pour rôle d'apporter un ou plusieurs services écosystémiques à l'agrosystème, autres que le service d'approvisionnement fourni par la culture de rente (figure 0.1).

Les plantes de services ont la particularité d'être diverses et variées. Elles diffèrent par leur taxonomie, leur mode de reproduction, leurs traits, leur adaptabilité à des contraintes environnementales, le service qu'elles apportent, ainsi que par la diversité de leurs modes d'action, directe (mécanique/physique, chimique, ou biologique) ou indirecte (par le biais d'un organisme intermédiaire ou de la plante cultivée), et de leurs modes d'insertion et de gestion dans le temps et dans l'espace (au sein ou autour de la parcelle, en même temps que la culture de rente, en interculture ou en rotation; figure 0.1). La sémantique les concernant n'est pas toujours très claire. Dans la littérature, les plantes de services sont retrouvées sous des noms différents : plantes non cultivées (Balzan *et al.*, 2016), plantes/cultures secondaires (Parolin *et al.*, 2012), plantes/cultures subsidiaires (Reimer *et al.*, 2019), en anglais « *secondary plants* » (Garcia *et al.*, 2018; Gardarin *et al.* 2022), plantes de biocontrôle (Parolin *et al.*, 2014), plantes/cultures pièges (Shelton et Badenes-Perez, 2006), plantes/cultures de couverture (Couëdel *et al.*, 2019), plantes/cultures compagnes (Ben-Issa *et al.*, 2017), etc. Nous choisirons dans ce livre de garder l'appellation de « plantes de services » afin de mettre en avant le fait que ces plantes fournissent des services écosystémiques additionnels.

L'objectif de cet ouvrage est donc de réunir les connaissances acquises sur toutes les plantes de services dans leur grande diversité, sur tous types de cultures (grandes cultures, vigne et cultures légumières, arboriculture fruitière, à l'exclusion de l'agroforesterie), en milieux tempéré et tropical, en réalisant une synthèse bibliographique la plus complète possible.

Les plantes de services peuvent ainsi apporter des services de soutien à travers l'amélioration de la structuration, de l'approvisionnement et la rétention en eau, et de l'augmentation de la fertilité du sol. Elles peuvent apporter des services de régulation

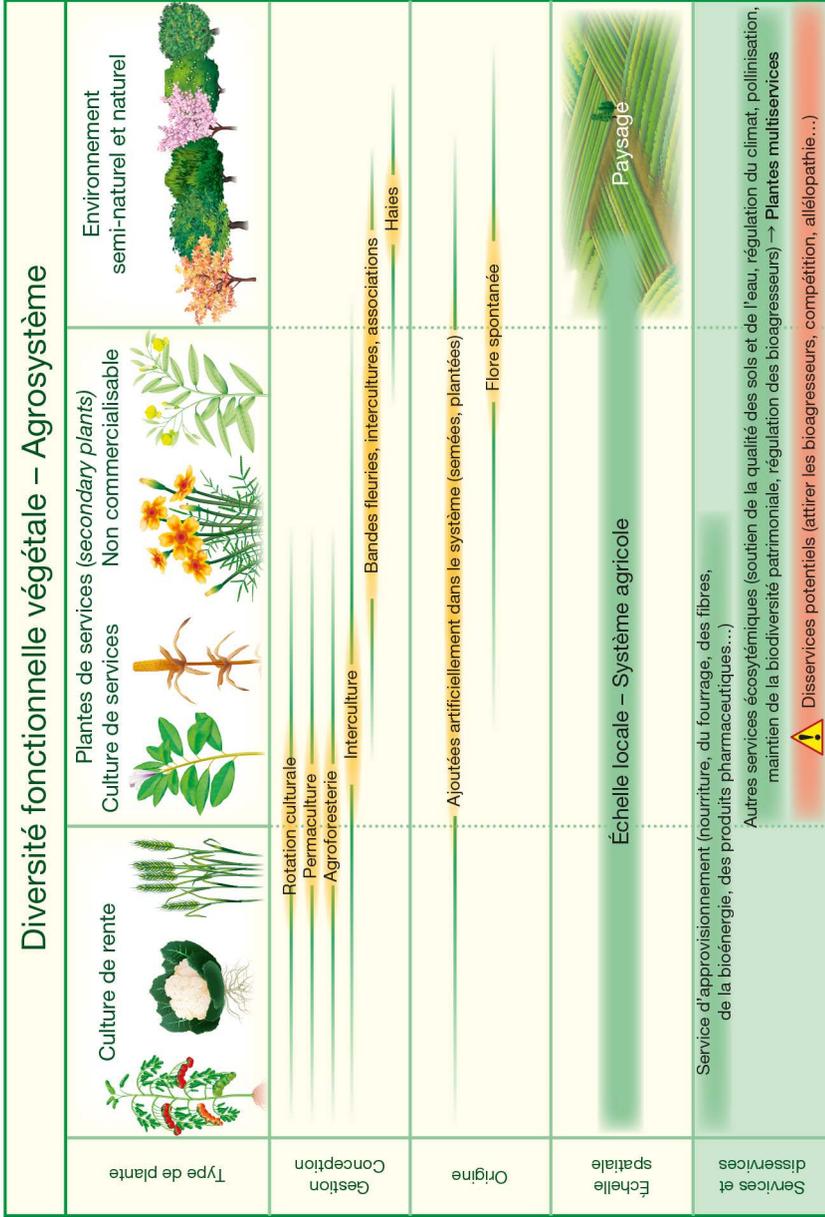


Figure 0.1. Schéma conceptuel représentant la diversité fonctionnelle végétale au sein d'un agrosystème par types de plantes, gestion, origine, échelle spatiale et provision de services écosystémiques.

de populations de pollinisateurs ou de bioagresseurs en réduisant leurs capacités infectieuses (Djian-Caporalino *et al.*, 2020). Elles peuvent également fournir dans certains cas un service d'approvisionnement, en plus de celui déjà fourni par la ou les plantes cultivées. Si elles fournissent les deux services (non commercialisables et commercialisables), elles peuvent être considérées comme des cultures de services (Garcia *et al.*, 2018; Gardarin *et al.*, 2022; Djian-Caporalino *et al.*, 2020). Ces services écosystémiques fournis par les plantes de services ont pour origine certains traits fonctionnels et la description de cette relation traits-fonctions services sera décortiquée dans la première partie de cet ouvrage : « Mécanismes d'action des plantes de services favorisant la production de services écosystémiques ».

Les plantes de services peuvent aussi rendre plusieurs services en même temps, soit avec une seule plante multiservices, soit par combinaison avec d'autres plantes de services (c'est par exemple le cas des bandes fleuries). La notion de plantes multiservices implique une co-occurrence de traits mutualistes permettant de fournir ces différents services tout en évitant la redondance fonctionnelle que pourrait engendrer une combinaison de plusieurs plantes. À l'inverse, les plantes de services risquent également de fournir des disservices qu'il faut pouvoir identifier et minimiser, notamment par leur gestion raisonnée. Parfois, la frontière entre services et disservices est ténue; ainsi, certaines adventices en compétition avec la culture de rente (disservices) peuvent rendre néanmoins des services au système (par exemple en favorisant les ennemis naturels des ravageurs). Il s'agit donc *in fine* d'optimiser les services et de minimiser les disservices par le biais d'une biodiversité dirigée. Ces notions sont décrites dans la deuxième partie de l'ouvrage : « Multiservices, combinaisons de services et disservices ».

La façon dont une espèce fonctionne dépend des conditions environnementales (conditions climato-édaphiques*, système de culture, espèces avec lesquelles elle est en interaction), de sorte que l'efficacité d'un fournisseur de services écosystémiques peut changer si les conditions écologiques changent. Cette complexité est une priorité de recherche pour l'étude écologique des services écosystémiques (Kremen 2005; Kremen et Ostfield 2005). La gestion du système, et plus particulièrement des plantes de services, va donc jouer un rôle conséquent dans leur capacité à fournir le service attendu. La première étape nécessite un choix pertinent de l'espèce, voire de la variété de plantes de services. Puis les pratiques culturales et l'insertion dans le temps (dans la parcelle ou autour) et dans l'espace (simultanément ou séquentiellement par rapport à la culture de rente) vont être fonction du choix de l'espèce et du service ciblé afin d'optimiser son expression. Pour faire ces choix, des outils de décision et de gestion sont proposés. Enfin, il convient, pour mieux les moduler ou au contraire être en mesure de les utiliser, de savoir identifier les freins et les leviers socio-économiques concernant l'adoption des plantes de services. Une troisième partie de l'ouvrage est consacrée aux différentes options : « Choix, mise en œuvre et faisabilité des plantes de services ».

Enfin la dernière partie porte un regard croisé sur les plantes de services au sein des différentes filières et sous différents climats, et analyse en quoi elles questionnent nos systèmes de culture. En s'appuyant sur le terrain, cette partie finale intitulée « Les plantes de services partout et pour tout ? » décrit les usages actuels et prospectifs des plantes de services, analyse leur spécificité ou leur généricité en regard des différentes filières des zones tempérées et tropicales. Elle nous invite à prendre du recul par rapport aux systèmes de culture intensifs et à leur spécialisation, et à concevoir des

systèmes agroécologiques complexes, adaptatifs et résilients dans un contexte de plus en plus incertain et en réponse aux enjeux majeurs actuels : changement climatique, érosion de la biodiversité, sécurité alimentaire, ressources énergétiques...

► Références bibliographiques

- Agro Media, 2018. Bio : Des consommateurs prêts à dépenser plus. <https://www.agro-media.fr/dossier/bio-des-consommateurs-prets-a-dépenser-plus-28718.html>.
- Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, He JS, Nakashizuka T, Raffaelli D, Schmid B, 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, 9, 1146-56. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>
- Balzan MV, Bocci G, Moonen AC, 2016. Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomol. Exp. Appl.* 158: 304-319. <https://doi.org/10.1111/eea.12403>
- Ben-Issa R, Gomez L, Gautier H, 2017. Companion Plants for Aphid Pest Management. *Insects* 8:19. <https://doi.org/10.3390/insects8040112>
- Bennett EM, Carpenter SR, Caraco NF, 2001. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective Increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 51, 227-234. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0227:HIOEPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0227:HIOEPA]2.0.CO;2)
- Bommarco R, Kleijn D, Potts SG, 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends Ecol Evol*, 28: 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Botías C, David A, Horwood J, Abdul-Sada A, Nicholls E, Hill E, Goulson D, 2015. Neonicotinoid Residues in Wildflowers, a Potential Route of Chronic Exposure for Bees. *Environ. Sci. Technol.* 49, 12731-12740. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03459>
- Brédif H, Simon L, 2021. *Biodiversité et stratégie – Des équilibres dynamiques*. Editions Quæ, Paris, France.
- Carson R, 1962. *Silent spring*. Penguin Books.
- Chapin FS, Walker BH, Hobbs RJ, Hooper DU, Lawton JH, Sala OE, Tilman D, 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277 (5325): 500-504. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.500>
- Couedel A, Kirkegaard J, Alletto L, Justes E, 2019. Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm. In: Sparks DL (ed), *Advances in Agronomy*, Vol 157. Academic Press Ltd-Elsevier Science Ltd, London, 55-139.
- Daily G, 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Damour G, Dorel M, Tran Quoc H, Meynard C, Ridède JM, 2014. A trait-based characterization of cover plants to assess their potential to provide a set of ecological services in banana cropping systems. *European Journal of Agronomy* 52, 218-228.
- Damour G, Navas ML, Garnier E, 2018. A revised trait-based framework for agroecosystems including decision rules. *Journal of Applied Ecology* 55, 12-24.
- de Bello F, Lavorel S, Díaz S, Harrington R, Cornelissen JH, Bardgett RD, *et al.*, 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodivers. Conserv.* 19: 2873-2893
- Díaz S, Fargione J, Chapin FS.III, Tilman D, 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLOS Biology*, 4(8), e277. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- Díaz S, Lavorel S, Bello F de, Quétier F, Grigulis K, Robson TM, 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *PNAS*, 104, 20684-20689.
- Djian-Caporallino C, Caravel C, Rhino B, Lavoire AV, Villeneuve F, Fournet S, *et al.*, 2020. Agrosystèmes légumiers : les plantes de service contre les bioagresseurs. Infos CTIFL, 2020, 23 p.

- Elliott J, Deryng D, Müller C, Frieler K, Konzmann M, Gerten D, *et al.*, 2014. Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3239-3244.
- FAO, 2017. FAOSTAT Online database: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/static/syb/syb_5000.pdf
- Foley JA, DeFries R, Asner GP, *et al.*, 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309, 570-574.
- Fuzeau V, Dubois G, Théron O, Allaire G, 2012. Diversification des cultures dans l'agriculture française – état des lieux et dispositifs d'accompagnement. Collection « Études et documents » du Service de l'Économie et de l'Évaluation et de l'Intégration 4415 du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), 67: 22.
- Galloway JN, Townsend AR, Erisman JW, Bekunda M, Cai Z, Freney JR, *et al.*, 2008. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.
- Garcia L, Celette F, Gary C, Ripoché A, Valdes-Gomez H, Metay A, 2018. Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. *Agric Ecosyst Environ*, 251: 158-170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.030>
- Gardarin A, Celette F, Naudin C, Piva G, Valantin-Morison M, Vrignon-Brenas S, *et al.*, 2022. Intercropping with service crops provides multiple services in temperate arable systems: a review. *Agron Sustain Dev* 42: 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00771-x>
- Garnier E, Navas ML, 2012. A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 365-399. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0036-y>
- Gleick PH, 2003. Water use. *Annual Review of Environment and Resources*, 28 (1), 275-314.
- Gould F, Brown ZS, Kuzma J, 2018. Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? *Science* 360, 728-732.
- Haenke S, Scheid B, Schaefer M, Tschardtke, T. Thies C, 2009. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46, 1106-1114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x>
- Haines-Young R, Potschin M, 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: D. Raffaelli, C. Frid (Eds.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*, Ecological Reviews, Cambridge: Cambridge University Press, 110-139. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, *et al.*, 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12, e0185809.
- Hill SB, MacRae RJ, 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *J. Sustain. Agric.* n°7, 81-87. https://doi.org/10.1300/J064v07n01_07
- Hooper DU, Adair EC, Cardinale BJ, Byrnes JEK, Hungate BA, Matulich KL, *et al.*, 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* 486, 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11118>
- Inger R, Gregory R, Duffy JP, Stott I, Voříšek P, Gaston KJ, 2015. Common European birds are declining rapidly while less abundant species' numbers are rising. *Ecology letters*, 18(1), 28-36.
- Isbell F, Adler PR, Eisenhauer N, Fornara D, Kimmel K, Kremen C, *et al.*, 2017. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105, 871-879.
- Jain HK, 2010. *The Green Revolution: History, Impact and Future*. Studium Press, Houston.
- Khush GS, 2001. Green revolution: the way forward. *Nature Reviews Genetics*, 2, 815-822.
- Kremen C, 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecological Letters*, 8, 468-79.
- Kremen C, Ostfield RS, 2005. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3 (10): 540-548.
- Köhler HR, Triebkorn R, 2013. Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? *Science* 341, 759. <https://doi.org/10.1126/science.1237591>

- Krishna VV, Byju NG, Tamizhenian, S., 2003. Integrated Pest Management in Indian Agriculture: Developing Economic Perspective. *In*: Radcliff EB, Hutchison WD (Eds.), *IPM World Textbook*, St. Paul, MN.
- Letourneau DK, Armbrrecht I, Rivera BS, Lerma JM, Carmona EJ, Daza MC, *et al.*, 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21, 9-21.
- Madhava S, Gilbert MB, 2000. The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. UNEP, 54 p.
- Matson PA, Parton WJ, Power AG, Swift MJ, 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science*, 277, 504-509.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Moss B, 2008. Water pollution by agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363: 659-666. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2176>
- Newbold T, Hudson LN, Hill SLL, *et al.*, 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45-50.
- Nicolopoulou-Stamati P, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens L, 2016. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Front Public Health* 4. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>
- Parker JE, Snyder WE, Hamilton GC, Rodriguez SC, 2013. Companion Planting and Insect Pest Control. *In*: Soloneski S (ed), *Weed and Pest Control – Conventional and New Challenges*, CC17.
- Parolin P, Bresch C, Desneux N, Brun R, Bout A, Boll R, Poncet C, 2012. Secondary plants used in biological control: A review. *International Journal of Pest Management* 58, 91-100.
- Parolin P, Bresch C, Poncet C, Desneux N, 2014. Introducing the term 'Biocontrol Plants' for integrated pest management. *SciELO Brasil*, 77-80.
- Petit S, Cordeau S, Chauvel B, Bohan D, Guillemin JP, Steinberg C, 2018. Biodiversity-based options for arable weed management. A review. *Agron Sustain Dev* 38: 48. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0525-3>
- Pingali PL, Rosegrant MW, 1994. Confronting the Environmental Consequences of the Green Revolution in Asia. EPTD Discussion Paper No. 2, International Food Policy Research Institute, Washington.
- Pingali PL, 2012. Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*, 109, 12302-12308.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE, 2010. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol* 25: 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Poveda K, Gomez MI, Martinez E, 2008. Diversification practices: their effect on pest regulation and production. *Revista Colombiana de Entomologia*, 34, 131-144.
- Power AG, 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2959-2971.
- Pretty J, 2018. Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science*, 362.
- Reimer M, Ringselle B, Bergkvist G, Westaway S, Wittwer R, Baresel JP, *et al.*, 2019. Interactive Effects of Subsidiary Crops and Weed Pressure in the Transition Period to Non-Inversion Tillage, A Case Study of Six Sites Across Northern and Central Europe. *Agronomy* 9: 495. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090495>
- Rey Benayas JM, Newton AC, Diaz A, Bullock JM, 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 325:1121-1124. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
- Rosegrant MW, Cai X, Cline SA, 2002. *World water and food to 2025*. Washington, DC: IFPRI.
- Saaidi PL, Grünberger O, Samouëlian A, Le Roux Y, Richard A, Devault DA, *et al.*, 2023. Is a dissipation half-life of 5 years for chlordecone in soils of the French West Indies relevant? *Environmental Pollution*, 324, 121283.

- Shelton AM, Badenes-Perez E, 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 285-308. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.150959>
- Stanton RL, Morrissey CA, Clark RG, 2018. Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 244-254.
- Stoate C, Baldi A, Beja P, Boatman ND, Herzon I, van Doorn A, *et al.*, 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – a review. *Journal of Environmental Management* 91: 22-46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>
- Tilman D, 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *PNAS* 96: 5995-6000. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5995>
- Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort BL, 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 108, 20260-20264.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, *et al.*, 2001. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, 292, 281-284.
- Tscharntke T, Karp DS, Chaplin-Kramer R, Batáry P, DeClerck F, Gratton C, *et al.*, 2016. When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biological Conservation* 204: 449-458. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>
- Vanbergen AJ, Aizen MA, Cordeau S, Garibaldi LA, Garratt MP, Kovács-Hostyánszki A, *et al.*, 2020. Transformation of agricultural landscapes in the Anthropocene: Nature's contributions to people, agriculture and food security. *Advances in Ecological Research*, 63, 193-253.
- Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C, 2009. Agroecology as a science, a movement or a practice. A review. *Agron Sustain Dev* 29:503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian JF, Ferrer A, Peigné J, 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34:1-20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>
- Zhang W, Ricketts TH, Kremen C, Carney K, Swinton SM, 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64, 253-260.

Partie 1

Mécanismes d'action des plantes de services

*François Lecompte, Marie Chave, Bruno Jaloux,
Delphine Moreau, Alice Michelot-Antalik, coord.*

L'intensification des systèmes de culture à des fins de maximisation de la production a conduit à la perte de fonctions qui étaient initialement assurées par l'agroécosystème. Les impacts associés à cette intensification sont nombreux : pollutions de l'air, de l'eau et des sols, érosion de la biodiversité et effets potentiels sur la santé humaine. Des systèmes de production diversifiés favorisant différents services écosystémiques doivent permettre de guider la réflexion agronomique vers la conception de systèmes de culture limitant le recours aux intrants et davantage garants de la « santé » de la biosphère.

La première partie de cet ouvrage sur les plantes de services a vocation à décrire le rôle fonctionnel joué par ces plantes et les mécanismes impliqués dans ces fonctions, qui permettent de favoriser les services écosystémiques. Nous décrirons les mécanismes sous-jacents à chacun de ces services, ainsi que les traits fonctionnels des plantes de services utilisées. Ces traits sont définis comme les caractéristiques morphologique, physiologique ou phénologique mesurables sur une plante ou un organisme qui interagit avec les plantes leur permettant d'assurer les fonctions (Violle *et al.*, 2007). Ils sont nombreux et variés, et renvoient à des aspects parfois classifiés comme physiques, chimiques ou biologiques (taille, forme, couleur, structure des organes, compartiments spécialisés, métabolites, macromolécules, hormones...). Les traits chimiques sont particulièrement nombreux, souvent complexes et spécifiques; ils feront l'objet d'un encart les définissant plus précisément (encart 1). Les traits évoqués peuvent selon les cas jouer leur rôle au cours du cycle de la plante de services, ou après sa destruction : l'importance de la prise en compte de la temporalité des cycles biologiques en interaction est très souvent rappelée. Les liens causaux entre un ou plusieurs traits fonctionnels et un service sont décrits dans les chapitres. Cependant, du fait de la diversité des fonctions et des traits décrits, les auteurs mentionnent souvent la complexité d'une conception d'associations spatiales et temporelles de plantes qui optimiseraient l'ensemble des services attendus, tandis qu'émergent rapidement des antagonismes

possibles (développés en partie 2, chapitre 8). Une connaissance approfondie des différents mécanismes est nécessaire, tant la réalisation de la fonction attendue dépend du choix précis de l'espèce végétale (jusqu'à son génotype*), de son mode d'implantation et de gestion, ainsi que des conditions environnementales (sujet développé dans la partie 3). L'introduction efficace de plantes de services s'appuie sur des connaissances récentes ou plus anciennes, et les efforts de recherche tant empiriques que théoriques ont permis de concevoir des usages montrant des effets robustes (quantifiables, répétables et maîtrisables) sur le fonctionnement des agroécosystèmes : des « *success stories* » illustrent dans chaque chapitre le déploiement effectif des plantes de services dans les systèmes de culture. Cependant, du fait de la complexité des mécanismes qui sont décrits ici et de leurs interactions, des travaux sont encore nécessaires pour diffuser à large échelle des systèmes agroécologiques mobilisant la diversité végétale qui permettra de minimiser les impacts de l'agriculture sur l'environnement. Ainsi, cette partie de l'ouvrage qui synthétise les connaissances sur les plantes de services dresse également un inventaire des interrogations et des questions encore à traiter.

Fonctions et mécanismes associés sont ici identifiés de la manière la plus exhaustive possible en l'état des connaissances, le lecteur étant renvoyé à une bibliographie très riche permettant d'approfondir les différentes notions. Une figure récapitulative de l'ensemble des fonctions attendues par l'utilisation de plantes de services est introduite dès à présent (figure 1.0) ; elle sert de fil directeur et permet de comprendre la logique de cette première partie de l'ouvrage. L'organisation des chapitres et de la figure renvoie implicitement aux services écosystémiques de régulation, de soutien ou de production, concernés à des degrés divers selon la thématique traitée. Il sera question successivement du rôle des plantes de services concernant la fertilité des sols (chapitre 1 ; figure 1.0, partie de gauche, en haut), la régulation du climat (chapitre 1 ; figure 1.0, partie de gauche, en bas), la pollinisation (chapitre 2 ; figure 1.0, partie de gauche, en bas), et enfin la régulation des bioagresseurs des plantes cultivées (chapitres 3-6 ; figure 1.0, partie de droite). Enfin l'usage potentiel des plantes de services pour favoriser la conservation de la biodiversité patrimoniale ou la santé et le bien-être des populations sera également discuté par le biais d'encadrés spécialisés.

La régulation des bioagresseurs représentant une proportion conséquente et complexe des plantes de services, elle sera décrite en plusieurs chapitres (3 à 6) qui comparent l'usage de ces plantes contre les différents types de bioagresseurs. Les cultures sont soumises aux attaques de multiples bioagresseurs qui peuvent impacter les rendements et la qualité des récoltes (Oerke, 2006 ; Deutsch *et al.*, 2018 ; Savary *et al.*, 2019). Qu'il s'agisse d'adventices, de ravageurs, de parasites ou d'agents pathogènes, qu'ils soient aériens ou telluriques, les bioagresseurs peuvent impacter la croissance des cultures par une grande diversité de mécanismes. Par exemple, les adventices entrent en compétition pour les ressources avec les cultures, les agents pathogènes telluriques se multiplient dans les vaisseaux conducteurs et les obstruent, ce qui perturbe l'alimentation des plantes cultivées, les ravageurs aériens consomment les tissus des plantes cultivées et peuvent être des vecteurs d'agents pathogènes ; quant aux agents pathogènes aériens, ils détruisent les tissus des plantes. Afin de limiter les dégâts causés par les bioagresseurs, les pesticides de synthèse jouent depuis le milieu du xx^e siècle un rôle clé pour assurer la productivité des cultures dans les systèmes de culture conventionnels. Toutefois, il est devenu nécessaire de réduire leur utilisation excessive en