



ODACE

Outil d'évaluation et de Dialogue entre acteurs et chercheurs, pour Accompagner la conCEption de solutions de protection des plantes dans le contexte arboricole

Appel à projets "Durabilité des systèmes de productions agricoles alternatifs"

Responsable scientifique



Mohamed-Mahmoud MEMAH

INRAE

mohamed-mahmoud.memah@inrae.fr

M-M MEMAH est chercheur à l'INRAE, à l'unité PSH. Ses travaux de recherche portent sur la conception assistée par modèles de systèmes agroécologiques multiperformants, visant à satisfaire divers services écosystémiques en développant des méthodes d'optimisation et d'aide multicritère à la décision.

Partenaires

- ◆ INRAE
- ◆ CIRAD
- ◆ CTIFL
- ◆ Université Lyon 2
- ◆ GRCETA
- ◆ CETA du Vidourle
- ◆ SUDExpé

Financements

Coût total du projet : 600 659 €

Montant de la subvention OFB : 299 866 €

Le projet en bref

Le projet ODACE vise à accompagner les acteurs dans leur réflexion sur la mise en place de stratégies de réduction de l'usage des produits phytosanitaires en vergers. Par une approche de modélisation, le projet propose un outil ergonomique pour accompagner les utilisateurs dans leurs démarches de conception de stratégies de production intégrant, dans des cadres existants (AB) ou nouveaux (0 phytos), des leviers alternatifs aux pesticides. Cet outil prend en compte les objectifs et les préférences des utilisateurs, relatifs à des performances multiples. Les scénarios candidats obtenus illustreront la démarche de co-conception et ouvriront des perspectives pour la transition agroécologique.

Bioagresseurs multiples

Vergers

Gestion durable des bioagresseurs

Modélisation

Aide à la décision multicritère

Contexte et principaux objectifs

La réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires nécessite une gestion durable des bioagresseurs (BAs) des plantes s'appuyant conjointement sur plusieurs leviers de contrôle alternatifs, ayant chacun une efficacité partielle : leviers culturaux, biodiversité planifiée, biopesticides, barrières physiques, etc. L'évolution des attentes de la société et des filières implique de considérer non seulement les performances agronomiques et économiques des agroécosystèmes mais aussi les impacts sur l'environnement, l'équité sociale, et la santé humaine. En outre, les acteurs de la transition agroécologique ont des préférences contrastées et ont besoin d'éléments adaptés à leurs points de vue pour évaluer des stratégies de gestion des BAs. Pour la mise au point de ces stratégies, il est donc nécessaire d'adopter une approche intégrée qui considère de multiples performances et de multiples acteurs. Un autre défi est d'évaluer des stratégies sur la base de connaissances éparses et partielles issues de la recherche et des dires d'experts. La modélisation apparaît comme un outil clé pour relever ces défis, permettant d'explorer des stratégies dans des contextes incertains, de faciliter la communication entre chercheurs et praticiens, et de cibler les expérimentations pour en limiter le coût. Le projet s'est donné les objectifs suivants :

- ♦ **Collecter, trier et mettre en forme des données** et connaissances expertes disponibles et nécessaires pour le développement d'un outil de co-conception ;
- ♦ **Articuler des modèles de culture fruitière** (pommier, pêcher, manguiers) prédisant la production et d'autres services écosystémiques, et des modèles de dégâts de BAs multiples répondant à des leviers variés (fertilisation, irrigation, taille, biodiversité planifiée, biopesticides, barrières physiques, etc...);
- ♦ **Définir des profils d'acteurs**, qui comprennent des stratégies de production dans un contexte donné et des critères de performance incluant plusieurs dimensions de la durabilité, et de formaliser ces profils pour les rendre utilisables par les modèles ;
- ♦ **Mobiliser des méthodes d'optimisation et d'aide à la décision multicritère** pour identifier un ensemble de scénarios adaptés aux différents profils d'acteurs, définis par des contraintes et objectifs contrastés ;
- ♦ **Intégrer toutes ces connaissances et expertises** de diverses natures et tout ce savoir-faire dans un outil de co-conception assistée par modèle ;

The screenshot displays the Odace tool interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: 'Géographie et profils', 'Vos pratiques culturales', 'Lutte chimique', 'Scénarios par exploration', 'Scénarios par classes', and 'À propos'. The main area is titled 'Sélectionnez votre région' and features a map of France with three regions highlighted: Bassin Ouest (red), Bassin Sud-Est (blue), and Bassin Sud-Ouest (green). A legend to the right of the map identifies these regions. To the right of the map are three configuration panels:

- Décrivez vos pommiers**: Includes 'Variété cultivée' (Chantecler, Gala, Golden, Granny Smith, Pink Lady) and 'Porte-greffe' (M7, M9, NAKB).
- Décrivez votre verger**: Includes 'Surface du verger' (Petite < 2 ha, Moyenne 2-10 ha, Grande > 10 ha), 'Densité de plantation (arb/ha)' (1500, 2000, 2250, 2500), 'Type de culture' (Eco-responsable, AB traditionnelle, AB rupture), and 'Vergers voisins non protégés' (Oui, Non).
- Décrivez l'année précédente**: Includes 'Pression tavelure' (Forte - Moyenne régionale, Moyenne, Faible), 'Pression oïdium' (Forte, Moyenne - Moyenne régionale, Faible), 'Septembre' (Chaud et sec), 'Pression carpocapse' (Forte, Moyenne, Faible - Moyenne régionale), 'Pression puc. cendré' (Forte - Moyenne régionale, Moyenne, Nulle ou faible), and 'Pression puc. lanigère' (Moyenne à forte - Moyenne régionale).

Description des contextes de production sur l'interface de l'outil Odace

Principaux résultats en lien avec le plan Ecophyto

◆ La **base de données Ecofruit est opérationnelle et accessible** sur demande via une interface web RShiny qui permet de l'interroger.

◆ Une **revue bibliographique** a été réalisée pour identifier les cortèges de BAs majeurs du pommier, ainsi que leurs dégâts et les mécanismes par lesquels ils perturbent le fonctionnement de l'arbre.

◆ **Cinq modèles IPSIM** (puceron cendré, carpocapse, puceron lanigère, oïdium, tavelure), visant à prédire le niveau de dégâts d'un BA en fonction des pratiques culturales et de l'environnement abiotique et biotique, ont été développés en s'appuyant sur la littérature et sur l'expertise de chercheurs et de professionnels de la filière pomme. Ces modèles ont été intégrés dans un outil ergonomique et interactif développé sous R-shiny permettant de visualiser les dégâts prédits et de voir l'impact d'un levier individuel ou d'une combinaison de leviers sur ces dégâts.

◆ Un **modèle QualiTree-Pest a été développé** sur pommier pour les 10 BAs retenus. Ce modèle a été utilisé pour tester et hiérarchiser l'effet des 10 BAs sur la variation de 9 indicateurs de services écosystémiques relatifs à la production de fruits, la régulation du climat, la disponibilité de l'azote dans le sol et le maintien et la régulation du cycle de l'eau.

◆ Des enquêtes ont permis de définir, en interaction avec les acteurs de la filière pomme, **trois profils différents de producteurs de pomme** (verger éco-responsable, Agriculture Biologique (AB) traditionnelle et AB de rupture) qui ont été décrits dans 3 principaux bassins de production (Sud-Est, Val-de-Loire et Sud-Ouest).

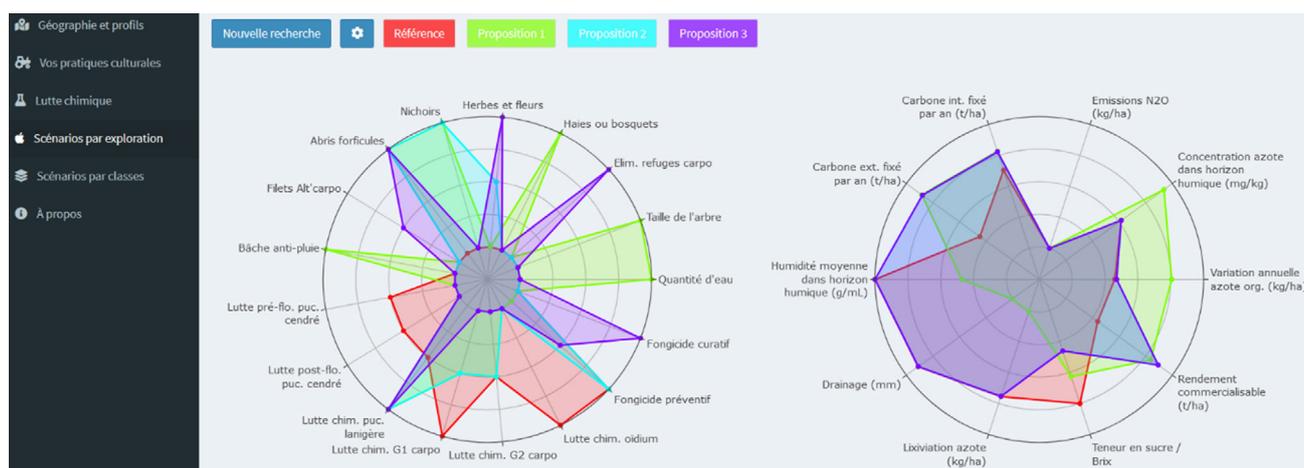


Illustration de la méthode d'exploration de l'outil Odace.

◆ Un **outil de co-conception pour le pommier, preuve de concept de la démarche**, a été développé en couplant les modèles IPSIM et Qualitree-Pest et en simulant les profils de producteurs. Deux méthodes d'exploration de scénarios qui constituent le cœur de l'outil développé ont été développées. La première méthode dite de classification commence par filtrer toutes les configurations possibles selon le contexte avant d'effectuer un clustering sur les critères. Dans chaque classe, trois scénarios sont sélectionnés selon différents objectifs de l'utilisateur/acteur : le rendement maximal (productivité), la présence des leviers environnementaux (biodiversité), l'absence des leviers contraignants (peu d'investissement). La deuxième méthode proposée est l'exploration par optimisation. Elle parcourt les combinaisons possibles des leviers en cherchant à maximiser un indicateur (rendement, prix, etc.) et en minimisant le nombre de leviers mobilisés (changement en douceur).

◆ **Le transfert de la démarche sur manguier** a été engagé afin de faire évoluer le modèle V-Mango en intégrant l'effet de BAs affectant les processus liés au carbone.

Cependant, notons que :

- ◆ Les **données disponibles sont parfois lacunaires ou peu fiables**.
- ◆ Nos **modèles présentent des limites** : manque de prédiction de certains critères clés (fermeté, coloration, IFT, résidus), non-prise en compte de maladies secondaires (black rot), ni d'effets différés.
- ◆ Des **décisions de simplification fortes** ont été prises pour aboutir à un outil opérationnel. Elles ont permis de contourner certaines difficultés computationnelles mais **limitent le champ du possible exploré**.
- ◆ **Peu de tests en ateliers de l'outil développé ont été conduits**. Il est primordial de faire des tests à une échelle beaucoup plus large pour améliorer l'outil et y intégrer les retours d'expérience des utilisateurs.

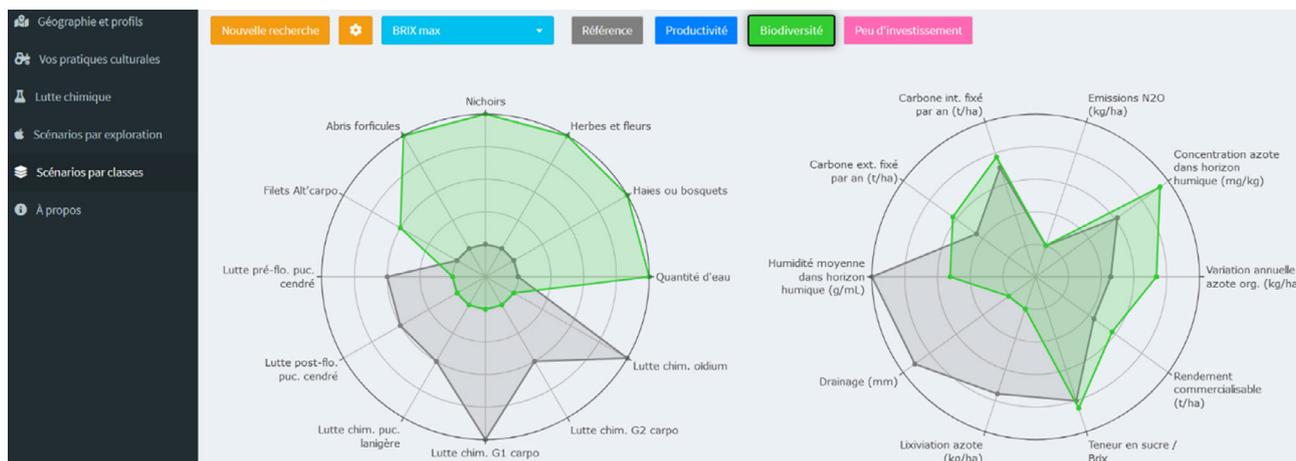


Illustration de la méthode de classification de l'outil Odace.

Perspectives futures...

...En termes de transfert

- ◆ La base de données Ecofruit pourrait être utile pour des projets en cours ([Cacolac](#)) ou futurs. Sa structure très générique permet **son adaptation pour d'autres espèces**.
- ◆ L'outil de co-conception et les modèles IPSIM développés pourraient **servir comme support de discussion entre acteurs (conseillers, agriculteurs, chercheurs, et grand public) autour de la transition agroécologique**.
- ◆ Le travail entrepris dans le projet Odace doit continuer pour **améliorer les développements sur pommier et généraliser la démarche à d'autres espèces fruitières** (pêcher, manguier). Ce qui nécessite de renforcer le partenariat actuel avec d'autres acteurs pour faciliter le transfert et l'adoption de la démarche.

...En termes de recherche

Le modèle QualiTree-Pest développé ouvre plusieurs perspectives. En plus d'évaluer l'impact de BAs multiples sur les services écosystémiques des vergers, il pourrait aussi servir à **cartographier et quantifier les voies de perturbation des BAs**, à tester l'impact de différents schémas d'infestation/infection spatiale et temporelle des BAs, ou à évaluer l'impact de BAs dans des conditions de culture non optimales induisant des stress abiotiques. Ce modèle n'est pas sensible à des effets différés des BAs (effet des pucerons sur la floraison suivante) vu qu'il est à l'échelle de la saison. Il serait très intéressant de **rendre le modèle pluriannuel pour prendre en compte ces effets différés**.

Livrables, valorisation et transfert

Liste non exhaustive

- ◆ La base de données Ecofruit est opérationnelle.
- ◆ Un modèle de culture QualiTree-Pest prenant en compte un cortège de bioagresseurs et simulant un ensemble de services écosystémiques pour le pommier. Ce modèle est disponible sur le site SK8 dédié aux applications Shiny développées à INRAE <https://qualitree.sk8.inrae.fr/>.
- ◆ Des modèles IPSIM développés pour 5 bioagresseurs majeurs du pommier sont mobilisables via une interface conviviale R-Shiny.
- ◆ Un outil de co-conception développé pour le pommier, preuve de concept de la démarche qui pourrait être transposée à d'autres espèces.
- ◆ Des publications scientifiques (4 sont parues, et 1 en cours de préparation) pour valoriser les travaux réalisés. Un article de vulgarisation dans la Revue Innovations Agronomiques est prévu.
- ◆ Des communications dans des conférences internationales (4), des congrès nationaux (2), et des réseaux locaux (3) pour présenter le projet.
- ◆ La formation d'étudiants : 9 étudiants, en écoles d'ingénieurs ou universités ou lycée agricole, encadrés lors de stages de césure ou de fin d'études.
- ◆ Des ateliers de conception des modèles IPSIM et entretiens avec les conseillers pour les valider.
- ◆ Des enquêtes réalisées pour définir les profils d'acteurs (avec le concours d'un projet tutoré pour étudiants ingénieurs Purpan)

Publications et colloques scientifiques

- ◆ Memah, M.M., Aubertot, J.N., Bevacqua, D., Blanc, P., Borg, J., Borioli, P., Drusch, S., Gallia, V., Gauffre, B., Gautier, H., Génard, M., Gomez, L., Grechi, I., Franck, P., Labeyrie, B., Lacroix, O., Lavigne, C., Lescourret, F., Mercier, V., Monot, C., Mouiren, C., Normand, F., Plenet, D., Robin, M.H., Rolland, A., Rosiès, B., Ruesch, J., Sautereau, N., Valsesia, P. and Vercambre, G. (2025). ODACE: a tool for evaluation and dialogue between stakeholders and researchers, to support the design of plant protection solutions. *Acta Hort.* 1425, 289-296. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2025.1425.37>
- ◆ Grechi, I., Normand, F., Vaillant, J., Carrié, E., Léchaudel, M. and Boudon, F. (2025). V-Mango, a functional-structural plant model of mango tree growth, development and fruit production: from model design to applications. *Acta Hort.* 1415, 87-94. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2025.1415.10>
- ◆ Memah, M-M., Aubertot, J-N., Bevacqua, D., Blanc, P., Borg, J., Borioli, P., Drusch, S., Gallia, V., Gauffre, B., Gautier, H., Génard, M., Grechi, I., Franck, P., Labeyrie, B., Lavigne, C., Lescourret, F., Vincent, M., Mouiren, C., Ndalla-Landou, D., Normand, F., Plenet, D., Robin, M-H., Rolland, A., Ruesch, J., Sautereau, N., Valsesia, P., Vercambre, G. (2025). Le projet ODACE : vers un Outil d'évaluation et de Dialogue entre acteurs et chercheurs, pour Accompagner la conCEption de solutions de protection des plantes dans le contexte arboricole, Actes 52° Congrès du Groupe Français de Recherches sur les Pesticides, May 2024, Lyon, France. 2025, 978-2-9584232-2-3. hal-05035598
- ◆ Lacroix, O., Lescourret, F., Génard, M., Memah, M-M., Vercambre, G., Valsesia, P., Bevacqua, D., Grechi, I. (2024). Modeling the effect of multiple pests on ecosystem services provided by fruit crops: Application to apple, *Agricultural Systems*, 213. Livrable L25. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103808>
- ◆ Julie Borg, Jean-Noël Aubertot, Daniele Bevacqua, Philippe Blanc, Pascal Borioli, Stéphanie Drusch, Valérie Gallia, Bertrand Gauffre, Hélène Gautier, Michel Génard, Isabelle Grechi, Pierre Franck, Baptiste Labeyrie, Claire Lavigne, Françoise Lescourret, Mohamed-Mahmoud Memah, Vincent Mercier, Christophe Mouiren, Octave Lacroix, Frédéric Normand, Marie-Hélène Robin, Antoine Rolland, Julien Ruesch, Natacha Sautereau, Pierre Valsesia, Gilles Vercambre (2024). Towards a tool to support the design of plant protection solutions

in the context of fruit growing. 18th Congress European Society for Agronomy. Aug 26 – 30, 2024, Rennes, France.

◆ Mohamed-Mahmoud Memah, Jean-Noël Aubertot, Julie Borg and Michel Génard, Isabelle Grechi, Sacha Lavaud, Françoise Lescourret, Didace Ndalla Landou, Marie-Hélène Robin, Pierre Valsesia, Gilles Vercambre, Antoine Rolland. Towards a Tool to Support the Design of Plant Protection Solutions in the Context of Fruit Growing. The 27th international conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM2024), Hammamet, Tunisia, 2-7 June 2024.

◆ Grechi I., Normand F., Vaillant J., Carrié E., Léchaudel M., Boudon F. 2023. V-Mango, a functional-structural plant model of mango tree growth, development and fruit production: from model design to applications. XIII International Mango Symposium. 2023/09/29-2023/10/03, Malaga, Spain.

◆ Antoine Rolland, Baptiste Labeyrie, Bertrand Gauffre, Blandine Rosiès, Claire Lavigne, Christophe Mouiren, Clémence Monot, Daniele Bevacqua, Daniel Plenet, Françoise Lescourret, Frédéric Normand, Gilles Vercambre, Hélène Gautier, Isabelle Grechi, Jean-Noël Aubertot, Julie Borg, Julien Ruesch, Laurent Gomez, Marie-Hélène Robin, Michel Génard, Mohamed-Mahmoud Memah, Natacha Sautereau, Octave Lacroix, Pascal Borioli, Philippe Blanc, Pierre Franck, Pierre Valsesia, Stéphanie Drusch, Valérie Gallia, Vincent Mercier (2023). Odace: A tool for evaluation and dialogue between stakeholders and researchers, to support the design of plant protection solutions. Oral presentation at The HorchiModel 2023 International Symposium on Models for Plant Growth, Environments, Farm Management in Orchards and Protected Cultivation, Almería (Spain) from June 26th to 28th 2023.

Articles de valorisation/vulgarisation

◆ Borg. J et al (2025). En préparation pour Innovations agronomiques. Un article de vulgarisation présentant l'outil et sa mobilisation potentielle comme support de discussion avec les acteurs.

Présentation à des instances professionnelles ou de décision

◆ Plusieurs ateliers d'échanges avec des conseillers et agriculteurs pour construire les modèles IPSIMs et pour la définition des profils et topologie d'acteurs à considérer.

◆ Plusieurs réunions d'échange avec les partenaires techniques du projet autour de l'outil et des cinq modèles IPSIMs développés.

Les présentations suivantes ont été faites pour présenter le projet et ses résultats :

◆ Ndalla-Landou et al., (2024). Le projet ODACE : vers un outil d'évaluation et de Dialogue entre acteurs et chercheurs, pour accompagner la conception de solutions de protection des plantes dans le contexte arboricole. Tersys Implanteus Summer School: One Health. Avignon, 18-20 juin 2024.

◆ Memah et al., (2024). Présentation du projet odace. AG plénière du projet CZP. WP5 : Etat des connaissances sur les leviers utilisés par la profession et intégration des leviers CZP. Comment capitaliser et intégrer ces connaissances en interaction avec d'autres projets ? Angers, 8-9 Février 2024.

◆ Memah et al., (2023). Le projet Odace. Rencontres entre chercheurs et professionnels autour de la réduction des pesticides en arboriculture en duplex Avignon et Angers organisées par la cellule d'animation du Programme Prioritaire de Recherche « Cultiver et Protéger Autrement ». Le 30 novembre 2023.

◆ Memah & Borg (2023). ODACE : Outil pour la conCEption de solutions de protection des plantes en arboriculture. Séminaire UMT SI Bio "Des leviers à la co-conception/évaluation et à la valorisation/circulation des connaissances produites". GRAB, Avignon, 10/03/2023.

Autres valorisations

Méthodologies produites

- ◆ C. Monot, P. Valsesia (2022). Base de données du projet ODACE. Conception du diagramme entité-relation. 70 pages.
- ◆ F. Ourgaud, M-M. Memah, A. Rolland (2025), Notice Odace : le fonctionnement de l'outil, 6 pages.
- ◆ O. Lacroix, M. Génard, I. Grechi, P. Valsesia, F. Lescourret (2022). Qualitree2- "apple pests module".
- ◆ Rapports de stage :
- ◆ Chemier Apolline (2024). Contribution à la modélisation de la photosynthèse du mangouier et de l'effet de bioagresseurs sur le fonctionnement de l'arbre et de sa production. Rapport de stage de césure. Institut Agro Montpellier. 25p.
- ◆ Bolot Maëlle (2024). Analyse de structures fructifères chez le mangouier. Rapport de stage de césure. AgroParisTech. 40p.
- ◆ Félix Ourgaud (2024). Modélisation des stress biotiques du pommier. Mémoire de M2, Université Claude Bernard de Lyon, 43p.
- ◆ Sacha Lavaud (2023). Projet ODACE, Fiche technique de la tâche 4. Mémoire de M2, Université Claude Bernard de Lyon, 28p.
- ◆ E. Barthélémy (2022). Simulation et analyse de profils d'acteurs et de stratégies de protection de pommier à l'aide d'un modèle agronomique couplé à un modèle de dégâts de bioagresseurs. Rapport de stage AI ISARA Lyon, 21p.
- ◆ V. Mouche (2022). Conception d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des dégâts des bio-agresseurs du pommier. Mémoire de fin d'étude ISARA, Lyon, 52p. Livrable 22a.
- ◆ Y. Thorel (2022). Développement d'une démarche d'élicitation de préférences des acteurs pour accompagner la conception de solutions innovantes de protection des plantes dans le contexte arboricole. Rapport de stage de Césure, CentraleSupélec, 24p.

Rapports d'activités :

- O. Lacroix, I. Grechi, M. Génard, A. Ratnadass, F. Lescourret (2021). Revue bibliographique des dégâts des bioagresseurs du pommier. 27p.