



anses

Stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*)

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Mai 2022



CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 31 mai 2022

AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à « aux stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*) »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 02 juin 2020 par la DGAL pour la réalisation de l'expertise relative aux stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*).

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1 Contexte

Ceratocystis platani, le champignon pathogène responsable du chancre coloré du platane (CCP), est un organisme nuisible réglementé dont l'introduction et la dissémination sont interdites, conformément aux réglementations nationale et européenne en vigueur. Au niveau européen, depuis le 14 décembre 2019, l'agent du CCP est catégorisé parmi les organismes de quarantaine et la maladie fait donc l'objet d'une lutte obligatoire sur tout le territoire de l'Union. En France, le CCP fait l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire national, conformément aux dispositions prévues dans l'arrêté du 22 décembre 2015. Cet arrêté a vocation à rester en vigueur mais des ajustements sont nécessaires afin de tenir compte des retours d'expérience, en particulier en matière de spécificité des foyers (urbains ou non, en bordure de cours d'eau ou non) et de difficultés d'accessibilité du terrain pour la mise en œuvre des mesures de gestion de foyer.

En France, la maladie touche actuellement les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Nouvelle-Aquitaine, et plus récemment les régions Pays-de-la-Loire et Île-de-France. Dans certains foyers des régions Occitanie et PACA, où le champignon est établi depuis plusieurs décennies, son éradication semble dorénavant impossible et une stratégie en vue de l'enrayement de la maladie doit être identifiée et appliquée.

1.2 Objet de la saisine

Dans ce contexte et dans la perspective d'améliorer la stratégie de lutte contre le CCP dans les régions où son éradication n'est plus possible, il est demandé de :

- 1) Identifier les différentes stratégies de lutte possibles ;
- 2) Mesurer leur pertinence en fonction (i) des niveaux d'infestation et (ii) des risques de dissémination associés à la nature des foyers.

Le texte de la saisine est présenté en Annexe 1.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « Stratégies de lutte contre le chancre coloré du platane », rattaché au comité d'experts spécialisé « Risques biologiques pour la santé des végétaux » l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du GT ont été soumis régulièrement au CES pour discussion, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, le 17/11/2020, le 15/03/2021, le 19/05/2021, le 06/07/2021, le 21/09/2021, le 16/11/2021, le 18/01/2022 et le 15/03/2022.

Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES au cours des différentes sessions.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

2.2. Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ET DU GT

3.1. Méthodologie mise en œuvre par le groupe de travail

3.1.1. Introduction

Pour répondre aux questions posées par la saisine, le GT a considéré qu'il était important d'avoir accès aux données de suivi épidémiologique du CCP en France métropolitaine. À cette fin, le GT a organisé l'audition des Services Régionaux de l'Alimentation (SRAL) Occitanie (le 20/05/2021) et PACA (le 07/04/2021) pour recueillir des informations issues du terrain sur la distribution géographique du CCP dans les deux régions où certains foyers de la maladie ne peuvent plus être éradiqués.

Lors de l'audition du SRAL PACA, le GT a été informé de l'existence de données qui ont été collectées depuis 2002 par la FDGDON du Vaucluse puis la Fredon PACA dans le cadre d'un suivi régulier des platanes dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse. Ces données ont été communiquées au GT afin qu'il puisse en faire une analyse. Le GT a bénéficié de l'appui scientifique de l'unité Épidémiologie et Appui à la Surveillance du Laboratoire de Lyon de l'Anses pour analyser les données disponibles.

Les données de suivi d'infection des platanes par le CCP sont collectées par la Fredon PACA à la demande du SRAL dans un système d'information géographique (SIG). La base de données est renseignée pour le Vaucluse depuis 10 ans et pour les Bouches-du-Rhône depuis un peu plus de 5 ans. Le technicien référent dans le département des Bouches-du-Rhône a une connaissance du suivi de l'évolution du CCP depuis 20 ans et celui du département du Vaucluse depuis 5 ans.

Les données collectées par la Fredon PACA portent sur :

- La réalisation d'une inspection ou non ;
- La présence ou l'absence de symptômes ;
- La date du 1^{er} diagnostic pour les platanes malades ;
- L'année d'exposition pour les arbres dans un rayon de 35 m autour d'un foyer ;
- L'année d'abattage des arbres infectés.

Par ailleurs, une revue des connaissances sur la biologie, la diversité et la structure des populations de *Ceratocystis platani*, sur son pouvoir pathogène et sur l'épidémiologie et les modes de dissémination du CCP a été produite pour le rapport d'expertise collective de l'Anses relatif à la saisine n° 2018-SA-0069 (« Résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani* : Évaluation des résultats d'expérimentation de contournement »). L'examen de la littérature publiée depuis la publication de ce rapport (mars 2019), montre qu'aucune nouvelle connaissance à prendre en compte pour la gestion du CCP n'a été produite sur la biologie de l'agent pathogène ou l'épidémiologie de la maladie. En termes d'outil de détection, depuis mars 2019, une méthode basée sur la technique LAMP (Loop-mediated isothermal Amplification) a été développée, permettant une détection rapide *in situ* (Aglietti *et al.*, 2019). L'utilisation de composés organiques volatiles spécifiques de *C. platani* a aussi été proposée pour la détection de la maladie (Brilli *et al.*, 2020).

Les informations sur la biologie de l'agent du CCP et l'épidémiologie de la maladie ont été compilées à partir du rapport de l'Anses relatif à la saisine n° 2018-SA-0069 (Anses,

2018). La biologie de *C. platani* et l'étiologie de la maladie (détermination et analyse des causes de la maladie) sont connues superficiellement. Il existe des lacunes de connaissance qui restent des éléments clés pour la gestion de la maladie. Cela concerne en particulier i) la génétique des populations de l'agent pathogène et les déterminants de pathogénicité, ii) les mécanismes de résistance du platane, iii) les modes de dissémination à longue distance, naturelle et via les activités anthropiques iv) le criblage et les modes d'action de molécules phytosanitaires, et v) les modes d'application des traitements en situation de gestion.

3.1.2. Questions posées pour l'analyse de l'épidémie du chancre coloré du platane et sa gestion

Les données de suivi du CCP en région PACA et en Occitanie ont été exploitées pour tenter d'apporter des réponses aux questions suivantes, permettant de formuler des propositions pour les demandes de la saisine :

- *Comment la maladie progresse-t-elle au cours du temps ?* Pour la région PACA, le GT a fait l'hypothèse que la maladie progresse plus rapidement le long des cours d'eau. L'analyse des données devait permettre de tester cette hypothèse.

- *Comment la maladie progresse-t-elle spatialement ?* Le long de cours d'eau, en région Occitanie, deux parties du Canal du Midi sont à distinguer avec le versant méditerranéen (entre le seuil du Lauragais/Naurouze et la mer Méditerranée) qui pourrait être considéré comme une zone d'enrayement, et le versant atlantique (entre le seuil du Lauragais/Naurouze et Toulouse) où il n'y a pas encore de continuum de platanes contaminés le long du Canal et qui pourrait être maintenu en zone d'éradication. En aval de Toulouse, le réseau hydrographique devient plus complexe et semblerait pouvoir être maintenu en zone d'éradication également.

- *Quel est l'effet de l'abattage des arbres infectés par le CCP et dans un rayon de 35 m autour des arbres symptomatiques sur la progression de la maladie ?* Dans le jeu de données de la région PACA, l'information est bien documentée (avec la date d'abattage) et elle devrait permettre de mesurer l'impact de la mesure d'abattage sur la progression du CCP. Le long du Canal du Midi qui est géré par VNF, selon le SRAL, tous les foyers ne sont pas systématiquement signalés et sur certaines communes, les platanes contaminés ne sont pas immédiatement abattus. De ce fait, sur certains secteurs du Canal, des foyers de CCP ne sont pas éradiqués.

- *La maladie progresse-t-elle de la même manière selon que le foyer se trouve dans l'épicentre de la maladie ou dans la zone de front, ou ailleurs (par exemple les foyers isolés dans le nord de la France) ?* Des zones correspondantes à ces trois situations pourraient être prises en exemple pour comparer la vitesse de progression des foyers.

- *Quelle est la situation sanitaire des plants de Platanor ?* En région Occitanie, aucune nouvelle donnée n'est disponible depuis 2018. Le long du Canal, à Trèbes et à Villeneuve-lès-Béziers, tous les Platanor sont malades. En région PACA, un suivi des Platanor devrait être assuré mais cette donnée n'est pas présente dans le jeu de données communiqué par la Fredon. La réponse à cette question est donc restée très partielle.

3.1.3 Analyse multicritère pour l'élaboration de stratégies de lutte pertinentes

3.1.3.1 Enjeux et modalités d'une analyse multicritère

L'objectif visé par l'analyse multicritère (AMC) est d'évaluer des scénarios de lutte pour proposer des stratégies d'enrayement possiblement déployées de manière différentes selon les lieux d'implantation des platanes.

Pour réaliser cette évaluation, le GT a travaillé sur la manière de mettre en œuvre l'AMC et sur les critères qu'il serait utile de répertorier.

Principes de l'AMC

L'analyse multicritère est fondée sur 3 principes majeurs :

- L'AMC est un outil d'aide à la décision utilisé lorsque l'on doit faire un choix entre plusieurs alternatives (ou scénarios) que l'on compare les unes aux autres. Les critères choisis peuvent être de nature différente. Les valeurs prises par les critères peuvent être qualitatives / qualitatives ordinales (p.ex. faible, moyen, fort) / quantitatives. On peut chercher à minimiser ou à maximiser les critères.

- Un autre intérêt de l'AMC est de pouvoir pondérer les critères. La pondération des critères joue un rôle clé dans le classement final des alternatives.

- La méthode d'AMC choisie pour réaliser ce travail s'appuie sur l'utilisation de l'algorithme PROMETHEE (**P**reference **R**anking **O**rganization **M**ETHOD for **E**nrichment **E**valuations). Le point de départ de l'utilisation de l'application Visual PROMETHEE, qui implémente l'algorithme PROMETHEE, consiste en l'établissement d'une matrice comprenant les actions (méthodes de lutte) en ligne et les critères en colonne. Cette matrice est ensuite renseignée avec l'information disponible. Il est important de souligner que :

- Le classement étant basé sur une préférence, il n'a pas de valeur absolue mais une valeur relative. Ce classement sera relatif au sein des méthodes de lutte analysées.
- Le classement entre deux actions/alternatives pour un critère donné met en œuvre une fonction de préférence. La comparaison est faite paire par paire entre toutes les actions pour chaque critère.

Application de l'AMC au cadre de l'expertise

L'AMC permet de comparer des méthodes de lutte en fonction des critères sélectionnés. Les résultats de la comparaison des différentes méthodes de lutte alimenteront la réflexion pour élaborer différentes stratégies de lutte qui seront adaptées aux différentes situations de gestion du CCP rencontrées sur le terrain (en combinant par exemple la lutte chimique à une méthode physique). Les stratégies que le GT est amené à proposer se classent en deux catégories : i) stratégie d'éradication ou ii) stratégie d'enrayement.

Les cas extrêmes de gestion sont ceux de la situation du Canal du Midi (cours d'eau contaminé) d'un côté, et d'un contexte urbain, de l'autre.

3.1.3.2 Identification des actions unitaires

Des actions prophylactiques, ou de lutte contre la maladie sur des arbres infectés envisageables contre le CCP, ont été identifiées (Tableau 1). Ces actions unitaires (méthodes prophylactiques ou méthodes de lutte) ont été considérées comme des méthodes pouvant être combinées dans le but de construire des itinéraires de gestion des peuplements de platanes. Dans un premier temps, ces actions unitaires ont été comparées entre elles, puis dans un second temps, des combinaisons d'actions unitaires ont été comparées entre elles.

3.1.3.3 Élaboration de la matrice-type

La matrice-type recense l'ensemble des actions unitaires identifiées par le GT, établit la liste des critères retenus par le GT pour classer ces actions unitaires, et présente les évaluations de chaque action unitaire pour chaque critère. La matrice-type construite par le GT comporte 22 actions unitaires (lignes) et 13 critères (colonnes).

Les actions unitaires potentiellement disponibles ou actuellement disponibles identifiées

La liste complète des actions unitaires identifiées par le GT est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Liste actualisée des actions unitaires potentiellement disponibles ou disponibles

Famille de méthode	Action unitaire (nom abrégé)	Descriptif succinct
Culturale	Abattage	Abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération
Culturale	Dessouchage	Dessouchage
Culturale et biologique	Désinfec. sol - Trichod.	Exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)
Culturale et chimique	Désinfec. sol - chim.	Exportation et désinfection du sol par un traitement chimique
Physique	Solarisation	Solarisation
Biologique	Biofumigation	Biofumigation
Culturale	Plante non hôte	Remplacement des platanes par une plante non hôte
Prophylaxie	Prophylaxie	Prophylaxie – désinfection locaux, structures et matériels
Chimique	Dévit. souches - arbres sur pied-souches	Dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.
Chimique	Dévit. souches - destruct. souches	Destruction des souches afin de prévenir l'apparition de rejets ou de drageons.
Génétique	Platanor	Remplacement des platanes par des plants de la variété Platanor
Génétique	VarR INRAE	Remplacement des platanes par une variété résistante de <i>Platanus x acerifolia</i> (INRAE) autre que Platanor
Génétique	Autres platanes R	Remplacement des platanes par d'autres variétés de platanes résistants

Famille de méthode	Action unitaire (nom abrégé)	Descriptif succinct
Chimique	Platane - TPA	Produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes
Chimique	Platane – microinj.	Produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois – microinjections
Chimique	Autres – TSol (Trichod.)	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol à base de <i>Trichoderma asperellum</i>
Chimique	Autres - TPA	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes
Chimique	Autres – microinj.	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – microinjections
Chimique	Autres - TSol	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol par lutte chimique
Biologique	Microorganismes	Produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes
Chimique	ASM	Produit de stimulation de défense des plantes à base d'acibenzolar-s-méthyl (actuellement aucun produit n'est autorisé pour lutter contre <i>Ceratocystis platani</i>)
Biologique	Laminarine - <i>Bacillus subtilis</i>	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses sur des usages de stimulation de défense des plantes – traitement des parties aériennes

Devit : Dévitalisation ; Trichod. : Trichoderma ; VarR : variété de platanes résistants à *Ceratocystis platani* ; TSol : traitement du sol ; TPA : traitement des parties aériennes ; Microinj. : microinjection ; ASM : Acibenzolar-S-Méthyl.

Les critères d'évaluation des actions unitaires et règles de notation des critères

Les critères d'évaluation retenus par le GT sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : liste des 13 critères identifiés pour l'évaluation des méthodes de lutte

Opérationnalité (disponibilité d'une technique en fonction de sa mise au point, de sa validation au champ et éventuellement de son autorisation de mise sur le marché (AMM) ou de son inscription aux Catalogues des variétés dans le cas de la lutte génétique).
Efficacité (synonyme aussi de « niveau » d'efficacité, capacité de la méthode à réduire l'intensité et/ou la fréquence des dégâts infligées par l'agent pathogène aux platanes)
Durabilité (pérennité de la méthode en fonction du risque d'apparition éventuelle de résistance ou de contournement du mécanisme de régulation de l'agent pathogène)
Praticité (facilité de mise en œuvre de la méthode, en fonction notamment du matériel, du nombre de traitements ou d'interventions, du temps de travail et de la technicité nécessaires).
Échelle spatiale (à laquelle la méthode de lutte est appliquée ; répétabilité de la méthode à grande échelle : traitement à l'arbre, à l'alignement ou sur un territoire)
Échelle temporelle – durée (durée du traitement : quelques heures/jour/plusieurs jours ou plus)
Échelle temporelle – périodicité (application de la méthode 1 fois ou plusieurs fois)
Coût (estimation du coût en euros/platane ou en euros/traitement unitaire)
Effet non intentionnel – toxicologie (impact sur l'opérateur ou les riverains)

Effet non intentionnel – Écotoxicologie (impact environnemental sur les organismes non cibles)
Effet non intentionnel – Écosystémique (impact sur le maintien des berges, sur la régulation de la température, autres)
Effet non intentionnel – Rémanence basée sur la DT50 qui correspond au temps nécessaire pour observer une dégradation égale à 50 % de la substance chimique.
Acceptabilité sociale (actuelle ou future)

Les règles de notations des critères sont décrites dans le paragraphe ci-dessous. Une note correspondant à la moyenne des notes attribuée à chaque critère est donnée pour toute donnée manquante.

- **Critère Opérationnalité** : notes allant de 1 à 3.

1 = méthode non disponible – stade de recherche

2 = méthode opérationnelle pour d'autres usages. La note de 2 sera à préciser pour chaque méthode.

3 = méthode opérationnelle sur platane pour lutter contre *Ceratocystis platani* (cas particulier : produits avec AMM = 3)

- **Critère Efficacité** : notes allant de 1 à 3.

1 = efficacité faible ou pas entièrement démontrée contre *Ceratocystis platani*

2 = efficacité partielle

3 = efficacité démontrée pour lutter contre *Ceratocystis platani* (cas particulier : produits avec AMM = 3)

Certains produits classés avec une note de 1 ou 2 sont potentiellement efficaces au vu des données disponibles sur d'autres maladies corticales sur arbres et arbustes, mais leur efficacité pour lutter contre le CCP reste à démontrer.

- **Critère Durabilité** : notes allant de 1 à 3.

1 = risque élevé d'apparition de résistance

2 = risque modéré

3 = risque faible

La note de durabilité 1 (fort risque d'apparition de résistance au pesticide) a été attribuée aux méthodes pour lesquelles des baisses d'efficacité au cours du temps ont été observées (cas d'apparition de résistance pour les pesticides et adaptation de populations pathogènes à un hôte résistant, par exemples). La catégorie 2 regroupe des méthodes pour lesquelles, une baisse d'efficacité au cours du temps n'a pas été observée mais pour lesquelles elle ne peut pas être exclue. De manière générale, la note de durabilité 3 a été attribuée aux méthodes pour lesquelles un risque d'apparition de résistance est très peu probable (microorganismes) ou lorsqu'aucune résistance n'a, à ce jour, été observée (rapportée dans la pratique ou mentionnée dans la bibliographie).

- **Critère Praticité** : notes allant de 1 à 3.

1 = faible

2 = moyenne

3 = élevée (produits avec AMM sont jugés d'usage pratique par défaut)

La praticité décrit la facilité de mise en œuvre de la méthode, en fonction notamment du matériel, du nombre de traitements ou d'interventions, du temps de travail et de la technicité nécessaires.

- **Critère Échelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle) :** notes allant de 1 à 3.

1 = locale

2 = alignement

3 = cantonale

- **Critère Échelle temporelle – durée :** notes allant de 1 à 3.

1 = traitement rapide (de l'ordre de l'heure)

2 = traitement avec une durée moyenne (de l'ordre de la journée)

3 = élevée (de l'ordre de la semaine ou plus)

- **Critère Échelle temporelle – périodicité :** notes allant de 1 à 3.

1 = traitement en 1 fois

2 = traitement à renouveler

3 = traitement à répéter régulièrement

- **Critère Coût :** échelle continue en euros/platane ou en euros/traitement d'un platane ou d'un arbre.

- **Critère Effet Non Intentionnel - Toxicologie :** notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible (absence de classement)

2 = risque modéré (produit classé nocif à toxique)

3 = risque élevé (produit classé très toxique, CMR ou ayant des effets graves)

- **Critère Effet Non Intentionnel - Écotoxicologie :** notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible (absence de classement)

2 = risque modéré (produit nocif pour l'environnement)

3 = risque élevé (produit dangereux pour l'environnement)

- **Critère Effet Non Intentionnel - Écosystémique :** notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible

2 = risque modéré

3 = risque élevé

- **Critère Effet Non Intentionnel - Rémanence :** notes allant de 1 à 4.

1 = non rémanent

2 = rémanence faible (DT50 de l'ordre de l'heure à quelques jours)

3 = rémanence moyenne (DT50 entre 10 et 90 jours)

4 = rémanence élevée (DT50 supérieure à 90 jours)

- **Critère Acceptabilité sociale :** notes allant de 1 à 3.

1 = faible (méthode pouvant susciter des oppositions de riverains ou institutionnelles)

2 = modérée (méthode pouvant être jugée acceptable par les riverains ou des collectivités locales)

3 = élevée (méthode ne devant pas susciter d'oppositions de riverains ou institutionnelles)

3.1.3.4 Définition des scénarios pour la réalisation de l'analyse multicritère

Initialement, le GT a considéré que l'évaluation des actions unitaires devrait être distincte selon le scénario pris en compte, chaque scénario correspondant à une situation épidémiologique *a priori* différente correspondant à des lieux différents d'implantation des platanes. La matrice-type peut prendre des valeurs qui varient selon le scénario considéré. L'hypothèse posée alors par le GT était que le classement des différentes méthodes pouvait différer selon le scénario pris en compte.

Les enjeux liés à la conception des scénarios-types sont de deux ordres : il s'agit de caractériser, d'un côté, la dynamique de la maladie et, de l'autre, les contextes d'exposition des platanes à l'infection pour la gestion de la maladie.

Choix des scénarios

Le GT a retenu trois scénarios : 1) implantation des platanes au bord d'un cours d'eau (avec des contraintes similaires selon que l'on a affaire au Canal du Midi ou à une rivière telle que les Sorgues), 2) implantation des platanes en milieu terrestre non urbain tel que les alignements le long des routes et 3) implantation des platanes en milieu terrestre urbain (avec des platanes isolés ou présents sur des places, ou encore implantés au sein d'alignements le long des rues). Selon la situation d'implantation, une méthode de lutte peut être notée différemment selon les différents critères. En prenant l'exemple de la lutte chimique, son impact environnemental pourra être jugé relativement modéré en ville mais plus élevé le long d'un cours d'eau. Par ailleurs, le GT a considéré qu'il fallait également prendre en compte les foyers sporadiques (identifiés en régions Occitanie ou PACA ou dans le nord de la France, à Nantes et récemment en Île-de-France).

Autres facteurs pouvant influencer le choix des méthodes de lutte

L'application de la réglementation implique que pour éradiquer le CCP, l'arbre infecté et tous les arbres situés dans un rayon de 35 m (quel que soit leur état sanitaire) soient abattus, dessouchés et les matériaux végétaux incinérés. Dans une perspective d'enrayement et non plus d'éradication, il pourrait être envisagé d'abattre seulement les arbres symptomatiques et non plus les arbres (apparemment) indemnes situés à une certaine distance de l'arbre infecté. Dans ce cas, deux facteurs apparaissent alors importants à prendre en compte : l'âge (ou stade de développement) des arbres (conditionnant l'expansion de leur système racinaire) et la distance entre les platanes.

À titre d'exemple, on pourrait différencier la situation le long du Canal du Midi où les arbres sont âgés (de grande dimension) et distants de 7 m en gardant dans ce cas la distance préconisée de 35 m pour le rayon d'abattage, de celle d'un autre site avec des arbres de 15 ans distants de 25 m avec la possibilité de limiter dans ce cas l'abattage à l'arbre infecté (si on considère les anastomoses racinaires comme principale voie de transmission).

Se pose alors la question de la manière de fixer différents rayons d'abattage, à justifier, dans une perspective d'enrayement de la maladie. Afin de limiter le nombre d'arbres atteints, sont proposés d'un côté, différentes distances d'abattage (ex : en deçà de 35 m, 35 m et 200 m), et de l'autre, un nombre défini d'arbres à abattre (ex : les deux arbres les plus proches de l'arbre contaminé).

3.2. Synthèse des résultats

L'analyse des données épidémiologiques collectées en PACA, permet de tirer quelques conclusions fortes :

- Les platanes « potentiels » c'est-à-dire situés à moins de 35 mètres d'un platane diagnostiqué malade du CCP (et abattu) sont à leur tour diagnostiqués malades en général dans les trois à quatre années suivantes (80% des cas).

- La dissémination de la maladie par des actions anthropiques (au moyen d'outils ou d'engins de chantiers contaminés par le champignon par exemple) ne fait plus de doute, comme le suggère l'apparition de foyers sporadiques à distance de la zone épidémique.
- La stratégie d'éradication basée sur l'abattage et le dessouchage des arbres malades n'a pas pleinement porté ses fruits. Dans les zones de forte contamination originale, autour de Carpentras et dans la plaine des Sorgues, il est actuellement observé très peu de platanes malades mais cela est probablement dû à la suppression de cette espèce dans cette zone. En revanche, la maladie a continué à s'étendre dans les Bouches-du-Rhône, et vers le nord en direction de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Ces points sont en cohérence avec la situation rapportée, plus partiellement, en Occitanie. Dans cette région, la situation le long du Canal du Midi semble contrastée entre le versant méditerranéen et le versant atlantique jusqu'à Toulouse. Par contre, d'importantes contaminations en zones semi-sauvages ont été rapportées dans le bassin versant de l'Agout et de la Garonne. Similairement à la situation en PACA, le patron de dissémination de la maladie doit très probablement mettre en jeu des actions anthropiques. Les apparitions sporadiques du CCP en région parisienne ou à Nantes sont également probablement dues à des contaminations en lien avec l'activité humaine.

Par manque de temps et en raison de la complexité des analyses à faire, il n'a pas été possible d'évaluer précisément si la dissémination le long des routes est plus ou moins rapide qu'en bord d'eau ou en milieu urbain en région PACA. Toutefois, une analyse préliminaire basée sur le temps entre exposition (arbre dans un rayon de 35 m d'un arbre symptomatique) et déclaration de la maladie suggère qu'il n'y a pas de différence majeure de vitesse de propagation entre les milieux. Il est par ailleurs extrêmement difficile de savoir si la mesure actuelle d'abattage dans un rayon de 35 mètres autour d'un platane malade est suffisante et pourrait faire l'objet d'une minoration ou d'une majoration. Cette mesure peut limiter ou abolir la contamination de proche en proche mais ne peut pas empêcher une dissémination, ponctuelle, à plus longue distance, que ce soit par les eaux ou des actions anthropiques.

Les experts ont pensé que les types d'implantation correspondant aux trois types de scénarios définis pouvaient faire l'objet de mesures de lutte différenciées en vue de l'enrayement. **Les experts considèrent également que, quel que soit le type d'implantation, les foyers sporadiques qui se déclarent hors de la zone épidémique ou de la zone de front de l'épidémie devraient faire l'objet de mesures d'éradication selon la réglementation actuelle.**

Les membres du GT ont considéré 22 actions unitaires parmi la panoplie des différents types de lutte connus : lutte chimique, lutte physique, lutte génétique, pratique culturale, etc. Parmi ces 22 actions unitaires, 11 d'entre elles sont utilisables immédiatement. Treize critères permettant de prendre en compte les multiples dimensions de la mise en œuvre et les conséquences de ces actions unitaires ont été définis : critères de coûts, de facilité de mise en œuvre à différents niveaux (temps, spatialité), critère d'acceptabilité sociale, critères relatifs aux aspects toxico/éco-toxicologiques, etc.

Les membres du GT soulignent le peu de connaissances disponibles sur l'agent pathogène et l'étiologie de la maladie, ainsi que sur les molécules actives ou les traitements possibles autorisés pour lutter contre le CCP. Compte tenu de ces incertitudes, les gammes de valeurs pour les notations des différentes méthodes de lutte pour 12 des 13 critères envisagés sont réduites (faible/moyen/fort). De fait, les experts ont privilégié une approche prudente sans accroître de manière excessive les écarts entre les méthodes en l'absence de données concrètes. **Le manque de connaissance est donc un point critique qui obère la mise en place immédiate de stratégies raisonnées et efficaces.**

Un classement des préférences relatives des différentes actions unitaires a été réalisé par Analyse Multicritère (AMC) en utilisant l'algorithme PROMETHEE via le logiciel Visual PROMETHEE. Pour les 11 actions unitaires opérationnelles, l'AMC a été réalisée dans chacun des trois scénarios d'implantation des platanes afin de concevoir des itinéraires de gestion pouvant être mis en place à court terme en les combinant. Pour l'ensemble des 22 actions unitaires, l'analyse a été réalisée également pour chacun des trois scénarios d'implantation, en considérant que les incertitudes sur les notations des critères pour les méthodes de lutte ne bénéficiant pas d'autorisation de mise sur le marché ou non disponibles actuellement sont identiques dans les trois cas. Enfin, différentes combinaisons des actions unitaires les mieux classées dans les analyses précédentes ont été comparées.

Pour les 11 actions unitaires opérationnelles, les actions unitaires basées sur la prophylaxie et le remplacement des platanes par des plantes non hôtes sont préférées pour les trois types d'implantation des platanes. « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes » sont clairement préférées pour le scénario en bord d'eau. L'implantation en milieu terrestre non urbain ayant des pondérations de critères un peu différentes pour les effets non intentionnels, on remarque que l'action unitaire « Dévitalisation des arbres sur pied vivant et des souches » est classée assez proche des deux méthodes précitées.

Compte tenu des incertitudes sur les notations, les actions unitaires sont assez peu différenciées (deux actions unitaires étant même totalement superposées), même si le classement est clair pour les deux ou trois actions unitaires préférées pour chaque type d'implantation.

En conséquence, le classement relatif des actions unitaires opérationnelles révèle l'absence d'alternatives à l'approche « Abattage » et « Plantes non hôtes » / « Prophylaxie » pour lutter contre le champignon, et ce dans les trois scénarios d'implantation des platanes.

Un profil de classement similaire à celui obtenu avec le sous-ensemble des 11 actions unitaires opérationnelles est observé lorsque l'ensemble des actions unitaires est considéré, que ce soit les actions unitaires opérationnelles ou les actions unitaires possiblement disponibles à moyen et long terme : les deux méthodes les mieux classées par l'AMC pour les trois scénarios sont « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes » et les méthodes les moins bien classées sont celles basées sur la lutte chimique. On remarque également, en cohérence avec les pondérations des critères choisis, que les méthodes basées sur la lutte chimique sont mieux classées dans le scénario d'implantation « milieu terrestre non urbain ». **Dans une optique future, il est notable de constater que les méthodes basées sur la**

lutte génétique (« Platanor », « Autres platanes résistants » et « variété R INRAE ») arrivent immédiatement après les deux méthodes opérationnelles préférées, même si certaines des méthodes basées sur la lutte génétique ne sont pas encore disponibles. Les méthodes de désinfection de sols, opérationnelles ou non, bénéficient également de préférences positives.

3.3. Conclusions du groupe de travail et perspectives

Au terme de ce travail, les membres du GT considèrent que les méthodes utilisées et les résultats produits par le GT (analyse des données épidémiologiques/exploitation de la BD SIG de PACA et AMC avec une pondération des critères adaptée aux 3 scénarios-types d'implantation des platanes - milieu urbain, milieu terrestre non-urbain, implantation en bord d'eau) ont permis de structurer la réflexion sur les méthodes de lutte et de tester des hypothèses épidémiologiques. **Toutefois, les experts soulignent que le manque de données existantes par suite d'efforts de recherche insuffisants (au niveau français et européen) sur ce pathosystème, et le manque de données expérimentales visant à comparer des méthodes de lutte, sont des handicaps sérieux pour proposer des stratégies d'enrayement fondées sur des faits.**

3.3.1. Conclusions

Après une analyse détaillée de 22 actions unitaires dont 11 actions unitaires sont actuellement opérationnelles, ayant tenu compte des données d'épidémiologie les plus récentes et les plus détaillées (obtenues en région PACA et particulièrement Vaucluse et Bouches-du-Rhône), et ayant défini une gamme large et variée de critères pour évaluer ces actions unitaires, le GT propose quelques conclusions pour le déploiement d'une possible stratégie d'enrayement en région PACA et Occitanie.

La comparaison d'itinéraires de gestion basés sur la combinaison de certaines actions unitaires opérationnelles généralement bien classées (« Prophylaxie/abattage/dessouchage » + « désinfection du sol (par traitement chimique ou par *Trichoderma*) » ou « plante non hôte » ou « Platanor »), quel que soit le scénario considéré (milieu urbain, milieu terrestre non urbain ou milieu en bord de cours d'eau), montre que le critère « Coût » est le critère le plus discriminant des 13 critères, en l'absence de données complémentaires permettant d'évaluer plus finement les méthodes sur les autres critères. Cependant, même si l'évaluation de l'efficacité des combinaisons d'actions unitaires demeure difficile à réaliser, il est raisonnable de penser que la combinaison d'actions permettra d'obtenir de meilleurs résultats en termes de lutte contre *C. platani*.

Au-delà du critère « coût », pour affiner la comparaison des combinaisons en fonction des contextes d'implantation des platanes, il serait possible de réévaluer les actions unitaires composant ces combinaisons en fonction des 3 scénarios pris en compte par le GT. Par exemple, dans le cas d'une implantation en bord d'eau, il conviendrait de sélectionner les combinaisons privilégiant les actions unitaires ne reposant pas sur l'usage de traitement chimique, les méthodes chimiques étant mal classées pour ce scénario.

Dans l'immédiat, la première étape d'une stratégie d'enrayement repose sur la mise en place de mesures prophylactiques réglementaires fortes pour enrayer la diffusion de la maladie. Les mesures prophylactiques arrivent en tête des classements des actions unitaires intégrant tous les critères dans toutes les situations d'implantation des platanes. L'application

des mesures de désinfection des outils de coupe et de débroussaillage/élagage des platanes qui sont obligatoires sur l'ensemble du territoire doit être rappelée dans le cadre de la gestion de platanes, présents dans les régions contaminées ou encore préservées du chancre coloré. D'autres mesures prophylactiques qui contribuent à limiter la dissémination du champignon d'origine anthropique, pourraient être mises en place telles que la certification de l'élimination des déchets (p.ex. absence de résidus de sols ou de débris végétaux) et la désinfection des véhicules de travaux publics lorsqu'ils circulent d'une région contaminée par le CCP (PACA, Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes) vers une région qui n'est pas considérée au front de l'épidémie.

Cette stratégie de prophylaxie pourrait être accompagnée de la stratégie de remplacement des platanes infectés (abattus et dessouchés) par des plantes non hôtes, quel que soit le site d'implantation des platanes (milieu urbain, milieu terrestre non urbain, bord d'eau). En effet, le déploiement de la stratégie « Plantes non hôtes » ou « Platanor » apparaît comme une solution satisfaisant les différents critères, en comparaison des autres méthodes de lutte évaluées. Conformément à la réglementation actuelle, cette stratégie est une combinaison de méthodes de surveillance et de lutte comportant la détection des platanes malades, leur abattage et l'élimination des déchets, le dessouchage physique et la replantation d'espèces ligneuses non affectées par *Ceratocystis platani* et d'autres agents pathogènes ou ravageurs de lutte obligatoire (p.ex. *Xylella fastidiosa*).

En l'absence de données plus précises sur l'évolution du statut des platanes exposés (les platanes immédiatement voisins d'un platane infecté vs les platanes distants dans un rayon de 35 m) selon leur positionnement par rapport à un foyer, il est difficile de se prononcer définitivement sur l'obligation d'abattage/arrachage des platanes dans un rayon de 35 mètres autour d'un platane contaminé dans le cadre d'une stratégie d'enrayement ou sur la réduction de la zone d'abattage aux platanes situés de part et d'autre d'un platane contaminé par exemple.

De manière plus spécifique, l'AMC suggère qu'une stratégie d'enrayement possible en milieu terrestre non urbain est l'abattage et la dévitalisation par destruction des souches au moyen d'un traitement chimique.

À plus long terme, la lutte génétique (platanes résistants) a beaucoup d'avantages (acceptabilité, pas d'impact toxicologique ou écotoxicologique). Cette action unitaire non opérationnelle pour l'instant est classée préférentiellement juste après les méthodes « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes », ce qui souligne son importance en vue d'une gestion future des platanes en zone contaminée par le CCP. Cependant, l'existence de clones de platanes durablement résistants n'est pas clairement établie et le développement de nouveaux clones serait long. Les membres du GT soulignent également que la lutte génétique devrait être basée sur le déploiement simultané de plusieurs clones résistants au CCP afin de minimiser les risques de contournement.

Les autres actions unitaires évaluées, qu'elles soient culturelles, physiques ou chimiques, ne sont pas bien classées par l'AMC en raison de combinaisons défavorables pour les critères coût/praticité/effets non intentionnels/opérationnalité.

Concernant la gestion des apparitions sporadiques de foyers de maladie dans des régions éloignées de PACA/Occitanie/ Auvergne-Rhône-Alpes, les membres du GT considèrent que les mesures d'éradication de ces nouveaux foyers demeurent une stratégie efficace à maintenir.

3.3.2. Perspectives

Le renforcement de la surveillance sur la base d'un échantillonnage homogène et régulier du territoire et non uniquement sur la base de signalements d'arbres malades, et du diagnostic moléculaire des souches de *C. platani* serait utile afin d'évaluer précisément d'une part, la réalité du foyer d'origine vaclusienne et du processus de dissémination de la maladie et, d'autre part, l'impact des actions anthropiques sur cette dissémination à l'échelle du territoire national. L'épidémiosurveillance basée sur un diagnostic moléculaire, associée au développement d'une recherche soutenue concernant la caractérisation du cycle de développement de *C. platani*, aiderait à définir quelles seraient les actions précises de prophylaxie les plus efficaces dans le cadre de la définition d'une réglementation future.

Les itinéraires de gestion envisagés par le GT reposent sur la combinaison de certaines actions unitaires opérationnelles. Les modalités d'évaluation de ces combinaisons adoptées par le GT étant très conservatrices, seul le critère « coût » permet de classer les différents itinéraires de gestion. La solution la plus sûre actuellement, est le remplacement par des plantes non hôtes après abattage et dessouchage. Cependant, à l'instar de ce qui est à l'étude en viticulture avec l'utilisation de microorganismes bénéfiques sur des cultivars résistants au mildiou ou à l'oïdium dans le but de renforcer leur résistance à d'autres maladies de la vigne, une combinaison associant l'utilisation de Platanor et d'un traitement basé sur le microorganisme *Trichoderma* pourrait représenter une solution en termes d'efficacité et de durabilité. Plus généralement, il serait utile de pouvoir évaluer l'efficacité et la durabilité des itinéraires de gestion pour ne pas restreindre leur évaluation au seul critère « coût ».

Enfin, le GT constate que l'avènement de méthodes curatives permettant de guérir les arbres ne saurait être envisagé dans le court terme et qu'à l'heure actuelle, l'éradication est impossible (sauf pour des foyers isolés et peu étendus) et que l'enrayement de la maladie s'avère également difficile. En conséquence, le GT rappelle la nécessité de développer des clones résistants au CCP, ce qui semble être la seule stratégie alternative, dans le court terme, au remplacement des platanes par des essences non hôtes. Lors du déploiement de ce ou ces clones, il sera important de prendre en compte les risques de contournement de résistances.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses endosse les conclusions du CES « Risques biologiques pour la santé des végétaux » et du GT « Stratégies de lutte contre le chancre coloré du platane ».

L'Anses signale que l'analyse et le classement des méthodes de lutte et prophylactiques dans le but de proposer des stratégies d'enrayement de *C. platani*, ont été réalisés dans un contexte de manque de données expérimentales relatives à des résultats d'essai sur l'efficacité des méthodes de lutte contre ce champignon.

Par ailleurs, si les données épidémiologiques mises à disposition des experts ont permis de disposer d'un jeu de données remarquable par son étendue (temporelle et spatiale), il n'a pas été possible d'évaluer précisément la vitesse de propagation de la maladie selon les milieux d'implantation des platanes en région PACA faute, notamment, de disposer d'un dispositif d'observation sur un périmètre constant.

En conséquence, l'Anses recommande qu'un effort de recherche soit porté sur le pathosystème pour une meilleure compréhension des mécanismes de la maladie qui permettra d'identifier les mesures de gestion les plus efficaces à mettre en œuvre pour enrayer voire éradiquer la maladie.

L'Agence recommande également que l'épidémiosurveillance repose, d'une part, sur un échantillonnage homogène et régulier du territoire, et d'autre part, sur un diagnostic moléculaire des souches de *C. platani* pour permettre de meilleures caractérisations du processus de dissémination du champignon et de ses populations.

Enfin, l'Agence rappelle l'importance du rôle joué par l'action humaine dans la dissémination du champignon et, par conséquent, le caractère déterminant des mesures prophylactiques dans la prévention de cette dissémination d'origine anthropique.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

Platane, *Platanus x acerifolia*, chancre coloré du platane, *Ceratocystis platani*, enrayement, méthodes de lutte, stratégies de lutte.

Plane tree, *Platanus x acerifolia*, canker stain disease of plane tree, *Ceratocystis platani*, containment, control methods, control strategies.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses (2022). Avis relatif au stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*). (saisine 2020-SA-0073). Maisons-Alfort : Anses, 17 p.

**Stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du
platane (*Ceratocystis platani*)**

Saisine « n° 2020-SA-0073 »

**RAPPORT
d'expertise collective**

« Comité d'experts spécialisé Risques biologiques pour la santé des végétaux »

Mai 2022

Citation suggérée

Anses. (2022). Stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*). (saisine 2020-SA-0073). Maisons-Alfort : Anses, 123 p.

Mots clés

Platane, *Platanus x acerifolia*, chancre coloré du platane, *Ceratocystis platani*, enrayement, méthodes de lutte, stratégies de lutte.

Plane tree, *Platanus x acerifolia*, canker stain disease of plane tree, *Ceratocystis platani*, containment, control methods, control strategies.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur des Universités – Bactériologie et Mycologie – Skolkovo Institute of Science and Technology – Skoltech Moscow

Membres

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU (démissionnaire le 06/09/2021) – Chargée de mission INRAE (Directrice de recherche retraitée)

Mme Florence FONTAINE – Professeure de Biologie et Physiologie Végétales, Maladies du bois de la vigne et Méthodes de lutte biologique – Université de Reims Champagne-Ardenne

M. Ivan SACHE – Professeur de Pathologie Végétale et Épidémiologie – Épidémiologie – AgroParisTech

M. Didier THARREAU – Chercheur – Phytopathologie et Mycologie – Cirad

.....

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- Risques biologiques pour la santé des végétaux – 2018/2022

Président

M. Thomas LE BOURGEOIS – Directeur de recherche, CIRAD, UMR
Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations

Membres

Mme Marie-Hélène BALESSENT – Directrice de recherche, INRAE, Centre Ile-de-France-Versailles-Grignon, UR BIOlogie et GEstion des Risques en agriculture

M. Antonio BIONDI – Enseignant-Chercheur, Université de Catane, Département Agriculture, Alimentation et Environnement, Italie

M. Philippe CASTAGNONE – Directeur de recherche, INRAE, Centre PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Péninna DEBERDT – Chercheur, CIRAD, UPR HORTSYS

M. Nicolas DESNEUX – Directeur de recherche, INRAE, Centre PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU – Chargée de mission INRAE (Directrice de recherche retraitée)

M. Abraham ESCOBAR-GUTIERREZ – Directeur de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Poitiers, UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur des Universités, Skolkovo Institute of Science and Technology – Skoltech Moscow

M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

M. David MAKOWSKI – Directeur de recherche, INRAE, Centre Ile-de-France-Versailles-Grignon, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR MIA

M. Arnaud MONTY – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Département Biodiversité et Paysage

Mme Maria NAVAJAS – Directrice de recherche, INRAE, Centre Occitanie-Montpellier, UMR CBGP Centre de biologie pour la gestion des populations

M. Xavier NESME – Ingénieur de recherche retraité, INRAE, Centre Auvergne-Rhône Alpes, UMR Écologie microbienne

Mme Marie-Hélène ROBIN – Enseignante/chercheuse, Ecole d'Ingénieurs de Purpan, UMR AGIR

M. Stéphan STEYER – Attaché scientifique, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Sciences du Vivant, Responsable Virologie Végétale

M. Éric VERDIN – Ingénieur de recherche, INRAE, Centre PACA Avignon, Unité de pathologie végétale

M. François VERHEGGEN – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Unité Entomologie fonctionnelle et évolutive

M. Thierry WETZEL – Directeur de recherche, DLR RHEINPFALZ

.....

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Emmanuel GACHET – Coordinateur scientifique – Unité Expertise sur les risques biologiques – Laboratoire de la santé des végétaux – Anses

M. Xavier TASSUS – Coordinateur scientifique – Unité Expertise sur les risques biologiques – Laboratoire de la santé des végétaux – Anses

Contribution scientifique

Mme Hélène TOMBETTE – Évaluatrice scientifique – Unité évaluation efficacité des intrants du végétal – Direction de l'Évaluation des Produits Réglementés – Anses

Mme Charlotte RÜGER – Coordinatrice étude et appui scientifique – Unité épidémiologie et appui à la surveillance – Laboratoire de Lyon – Anses

.....

Secrétariat administratif

Mme Françoise LOURENÇO – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Administration

DRAAF – Occitanie

Mme Christine COLAS – Cheffe de l'Unité Santé du Végétal – Service Régional de l'Alimentation

DRAAF – Provence-Alpes-Côte d'Azur

M. Denis FERRIEU – Responsable du Pôle Mutualisation des Inspections Phytosanitaires – Service Régional de l'Alimentation

Mme Sylvie TOURREL – Inspectrice – personne ressource Chancre coloré du platane

Fredon

Fédération régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles (Fredon) – Provence-Alpes-Côte d'Azur

Mme Pascale SAVARIT – Responsable technique

SOMMAIRE

1	Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	12
1.1	Contexte	12
1.2	Objet de la saisine	12
1.3	Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	12
1.4	Prévention des risques de conflits d'intérêts	13
2	Méthodes mises en œuvre pour l'instruction de la saisine	14
2.1	Introduction.....	14
2.2	Sources de données épidémiologiques	15
2.2.1	Région PACA.....	15
2.2.2	Région Occitanie.....	18
2.3	Questions posées pour l'analyse de l'épidémie du chancre coloré du platane et sa gestion.	21
2.4	Analyse multicritère pour l'élaboration de stratégies de lutte pertinentes	22
2.4.1	Enjeux et modalités d'une analyse multicritère	22
2.4.2	Identification des actions unitaires.....	24
2.4.3	Élaboration de la matrice-type.....	24
2.4.4	Définition des scénarios pour la réalisation de l'analyse multicritère.....	28
3	Résultats et synthèse	30
3.1	Présentation des données épidémiologiques.....	30
3.1.1	Région Occitanie.....	30
3.1.2	Région PACA (Départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse).....	30
3.2	Analyse des données épidémiologiques	31
3.2.1	Appui technique de l'Unité Epidémiologie et Appui à la Surveillance.....	31
3.2.2	Premiers éléments d'analyse	31
3.2.3	Analyses cartographiques	33
3.2.4	Données cartographiques avec la projection des axes routiers et des cours d'eau	39
3.2.5	Conclusion	42
3.3	AMC : évaluation des actions unitaires et de certaines combinaisons d'actions unitaires. 43	
3.3.1	Analyse des 11 actions unitaires opérationnelles	45
3.3.2	Analyse des 22 actions unitaires selon la matrice-type.....	59
3.3.3	Analyse de la combinaison de certaines actions unitaires	63
3.4	Synthèse.....	64
4	Conclusions du groupe de travail et perspectives	68
4.1	Conclusions	68

4.2	Perspectives	70
5	Bibliographie.....	71
5.1	Publications	71
5.2	Normes.....	71
5.3	Législation et réglementation	71
	Annexe 1 : Lettre de saisine	73
	Annexe 2 : Rapport intermédiaire remis en décembre 2020	75
	Annexe 3 : Fiches de notation des actions unitaires	99

Sigles et abréviations

AMC	:	Analyse Multicritère
AMM	:	Autorisation de mise sur le marché
CCP	:	Chancre coloré du platane
CES	:	Comité d'experts spécialisé
DGAI	:	Direction générale de l'Alimentation
FDGDON	:	Fédération Départementale de Groupements de Défense contre les Organismes nuisibles
Fredon	:	Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles
GT	:	Groupe de travail
LAMP	:	Loop mediated isothermal amplification
PACA	:	Provence-Alpes-Côte d'Azur
SDP	:	Stimulateur de défense des plantes
SRAL	:	Service Régional de l'Alimentation
Trt Part. Aer	:	Traitement des parties aériennes
Trt Sol	:	Traitement du sol

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste actualisée des actions unitaires potentiellement disponibles ou disponibles (Cf. rapport intermédiaire, Annexe 2).....	25
Tableau 2 : liste des 13 critères identifiés pour l'évaluation des méthodes de lutte.....	26
Tableau 3 : répartition des platanes selon leur état sanitaire	31
Tableau 4 : Matrice type présentant les valeurs des 13 critères pour les 22 actions unitaires identifiées par le GT	45
Tableau 5 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles (par ordre décroissant de Phi net) lorsque tous les critères ont un poids identique.	47
Tableau 6 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en milieu urbain ».	50
Tableau 7 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu urbain ».	50
Tableau 8 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en milieu terrestre non-urbain».	52
Tableau 9 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario.....	53
Tableau 10 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en bord d'eau ».	56
Tableau 11 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en bord d'eau ».	57
Tableau 12 : Classement des 22 actions unitaires.....	61

Liste des figures

Figure 1 : Carte épidémiologique du chancre coloré du platane en 2019 en région PACA ...	17
Figure 2 : Carte épidémiologique du chancre coloré du platane en région Occitanie en 2019	20
Figure 3 : Nombre de platanes contrôlés au cours du temps dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse	32
Figure 4 : Délai écoulé entre le moment où un platane est diagnostiqué « potentiel » (exposé dans un rayon de 35 m autour d'un platane malade) et le moment où le platane est diagnostiqué malade (infesté par <i>C. platani</i>).....	33
Figure 5 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches- du-Rhône et le Vaucluse sur la période 1987-2002	34
Figure 6 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches- du-Rhône et le Vaucluse en 2015 et 2016.....	36
Figure 7 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches- du-Rhône et le Vaucluse en 2019 et 2020.....	37
Figure 8 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2002.	40
Figure 9 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2015	41
Figure 10 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2020	42
Figure 11 : Positionnement des actions unitaires spécifiques dans la gestion d'un foyer.....	44
Figure 12 : Positionnement de la prophylaxie dans la gestion d'un foyer.....	44
Figure 13 : Analyse ACP réalisée via la fonction « Analyse visuelle GAIA » (Visual PROMETHEE) : projection des 12 critères (critère « Opérationnalité » désélectionné)	47
Figure 14 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles sans pondération des critères (walking weights)	49
Figure 15 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu urbain »	51
Figure 16 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque action unitaire dans le scénario « implantation en milieu urbain ».....	52
Figure 17 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu terrestre non urbain ».....	54
Figure 18 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque action unitaire dans le scénario « implantation en milieu terrestre non-urbain ».....	55
Figure 19 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en bord d'eau »	58
Figure 20 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque méthode de lutte dans le scénario « implantation en bord d'eau ».....	58
Figure 21 : Analyse ACP réalisée via la fonction « Analyse visuelle GAIA » (Visual PROMETHEE) : projection des 22 critères	60
Figure 22 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour les 22 actions unitaires identifiées, lorsque tous les critères ont la même pondération. Une	

contribution négative indique que le critère contribue à classer défavorablement une action unitaire.63

Figure 23 : Comparaison des préférences relatives des actions unitaires opérationnelles pour les trois scénarios d'implantation des platanes « Actions unitaires - urbain » « Actions unitaires - Terrestre » et « Actions unitaires - Aquatique » ainsi qu'avec le scénario sans pondération des critères noté « Actions unitaires non pondérées »66

Figure 24 : Comparaison des préférences relatives des 22 actions unitaires identifiées pour les trois scénarios d'implantation des platanes « Actions unitaires - Urbain », « Actions unitaires - Terrestre » et « Actions unitaires – Aquatique » ainsi qu'avec le scénario sans pondération des critères noté « Actions unitaires non pondérées »67

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

Ceratocystis platani, le champignon pathogène responsable du chancre coloré du platane, est un organisme nuisible réglementé, dont l'introduction et la dissémination sont interdites, conformément aux réglementations nationale et européenne en vigueur. Au niveau européen, depuis le 14 décembre 2019, l'agent du chancre coloré du platane est catégorisé parmi les organismes de quarantaine et la maladie fait donc l'objet d'une lutte obligatoire sur tout le territoire de l'Union. En France, le chancre coloré du platane fait l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire national, conformément aux dispositions prévues dans l'arrêté du 22 décembre 2015. Cet arrêté a vocation à rester en vigueur mais des ajustements sont nécessaires afin de tenir compte des retours d'expérience, en particulier en matière de spécificité des foyers (urbains ou non, en bordure de cours d'eau ou non) et de difficultés d'accessibilité du terrain pour la mise en œuvre des mesures de gestion de foyer.

En France, la maladie touche actuellement les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Nouvelle-Aquitaine, et plus récemment les régions Pays-de-la-Loire et Île-de-France. Dans certains foyers des régions Occitanie et PACA, où le champignon est établi depuis plusieurs décennies, son éradication semble dorénavant impossible et une stratégie en vue de l'enrayement de la maladie doit être identifiée et appliquée.

1.2 Objet de la saisine

Dans ce contexte et dans la perspective d'améliorer la stratégie de lutte contre le chancre coloré du platane dans les régions où son éradication n'est plus possible, il est demandé au groupe de travail (GT) de :

- 1) Identifier les différentes stratégies de lutte possibles ;
- 2) Mesurer leur pertinence en fonction (i) des niveaux d'infestation et (ii) des risques de dissémination associés à la nature des foyers.

Le texte de la saisine est présenté en Annexe 1.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail « Stratégies de lutte contre le chancre coloré du platane », rattaché au comité d'experts spécialisé « Risques biologiques pour la santé des végétaux » l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES pour discussion, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, le 17/11/2020, le 15/03/2021, le 19/05/2021, le 06/07/2021, le 21/09/2021, le 16/11/2021, le 18/01/2022 et le 15/03/2022.

Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES au cours des différentes sessions.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 Méthodes mises en œuvre pour l'instruction de la saisine

2.1 Introduction

Pour répondre aux questions posées par la saisine, le GT a considéré qu'il était important d'avoir accès aux données de suivi épidémiologique du chancre coloré du platane en France métropolitaine. À cette fin, le GT a organisé l'audition des Services Régionaux de l'Alimentation (SRAL) Occitanie (le 20/05/2021) et PACA (le 07/04/2021) pour recueillir des informations issues du terrain sur la distribution géographique du chancre coloré du platane (CCP) dans les deux régions où certains foyers de la maladie ne peuvent plus être éradiqués.

Lors de l'audition du SRAL PACA, le GT a été informé de l'existence de données qui ont été collectées depuis 2002 par la FDGDON du Vaucluse puis la Fredon PACA dans le cadre d'un suivi régulier des platanes dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse. Ces données ont été communiquées au GT afin qu'il puisse en faire une analyse. Le GT a bénéficié de l'appui scientifique de l'unité Épidémiologie et Appui à la Surveillance du Laboratoire de Lyon de l'Anses pour analyser les données disponibles. Une revue des connaissances sur la biologie, la diversité et la structure des populations de *Ceratocystis platani*, sur son pouvoir pathogène et sur l'épidémiologie et les modes de dissémination du CCP a été produite pour le rapport d'expertise collective de l'Anses relatif à la saisine n° 2018-SA-0069 (« Résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani* : Évaluation des résultats d'expérimentation de contournement »). L'examen de la littérature publiée depuis la publication de ce rapport (mars 2019), montre qu'aucune nouvelle connaissance à prendre en compte pour la gestion du CCP n'a été produite sur la biologie de l'agent pathogène ou l'épidémiologie de la maladie. En termes d'outil de détection, depuis mars 2019, une méthode basée sur la technique LAMP (Loop-mediated isothermal Amplification) a été développée, permettant une détection rapide *in situ* (Aglietti *et al.*, 2019). L'utilisation de composés organiques volatiles spécifiques de *C. platani* a aussi été proposée pour la détection de la maladie (Brilli *et al.*, 2020).

Les informations sur la biologie de l'agent du CCP et l'épidémiologie de la maladie ont été compilées à partir du rapport de l'Anses relatif à la saisine n° 2018-SA-0069 (Anses, 2018) et les principales données prises en compte pour la gestion de la maladie sont résumées ci-dessous :

- Le champignon pénètre via des blessures et colonise très rapidement les tissus via le xylème et les rayons ligneux et tue les platanes en quelques années seulement. Il peut infecter les parties aériennes et les racines. Les activités humaines favorisent les infections en créant des points d'entrée (plaie de taille, blessures des systèmes aériens et racinaires...);
- La survie du champignon est de quelques jours en surface des lésions, d'environ deux ans dans le bois infecté de souches d'arbres coupés et jusqu'à huit ans dans le sol (racines infectées, sciure);
- Les activités humaines sont considérées comme le principal mode de dissémination de l'agent pathogène. Le transport de bois ou de sciure contaminés et l'utilisation d'outils de taille contaminés favorisent la propagation de la maladie;

- La dissémination aérienne par spores a été observée jusqu'à 200 m de la source et la dissémination par l'eau à au moins 100 m en aval dans une rivière ;
- Les anastomoses racinaires permettent une contamination de proche en proche dans les alignements de platanes ;
- La dissémination par des insectes xylophages a été montrée expérimentalement mais son importance épidémiologique n'est pas connue.

En conclusion de cette analyse, la biologie de *C. platani* et l'étiologie de la maladie (détermination et analyse des causes de la maladie) sont connues superficiellement. Il existe des lacunes de connaissance qui restent des éléments clés pour la gestion de la maladie. Cela concerne en particulier i) la génétique des populations de l'agent pathogène et les déterminants de pathogénicité, ii) les mécanismes de résistance du platane, iii) les modes de dissémination à longue distance, naturelle et via les activités anthropiques iv) le criblage et les modes d'action de molécules phytosanitaires, et v) les modes d'application des traitements en situation de gestion.

2.2 Sources de données épidémiologiques

Afin de proposer d'éventuelles stratégies d'enrayement adaptées, le GT a souhaité faire le point sur la dynamique d'évolution de l'épidémie de CCP grâce à un suivi des plantations de platanes le long de cours d'eau (canaux et rivières) et de celles plus éloignées des bassins hydrologiques. Le GT a également souhaité connaître les modalités du suivi du CCP et de collecte des données dans les régions infectées par le CCP et concernées par la saisine : PACA et Occitanie. Les données collectées sont différentes selon les deux régions et n'ont pas fait l'objet des mêmes analyses.

2.2.1 Région PACA

Les principales zones touchées par le CCP dans la région PACA sont situées dans les départements du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône, et de manière plus marginale, les départements des Alpes-Maritimes et du Var (Cf. Figure 1).

2.2.1.1 Suivi des platanes malades

Une surveillance a été mise en œuvre dans toutes les communes où des foyers de CCP ont été mis en évidence et porte sur les arbres contaminés ou potentiellement contaminés par le champignon (c'est-à-dire dans un rayon de 35 mètres autour des arbres contaminés, distance réglementairement retenue). Les données issues de cette surveillance permettent de suivre l'évolution de la maladie dans le temps, notamment pour des collectivités territoriales ou chez des particuliers qui n'auraient pas appliqué les mesures de lutte phytosanitaire obligatoires.

Dans le département des Bouches-du-Rhône la totalité de la surveillance est assurée soit par la FDGDON des Bouches du Rhône soit par la Fredon PACA. Le bilan affiché est de moins de 1000 platanes trouvés contaminés chaque année depuis 1987.

La FDGDON des Bouches-du-Rhône travaille en étroite collaboration avec le Conseil départemental, la Ville de Marseille, la Ville d'Aix-en-Provence et toutes les autres communes du département pour assurer la surveillance du CCP. Des interventions chez les particuliers

sont assurées sur signalement. Dans le département du Vaucluse, certaines communes sont très actives. Pour les communes les moins actives, une visite tous les 3 ans est assurée *a minima*. L'État finance le dispositif à hauteur de 35 k€/an pour l'établissement des rapports, la réalisation de la cartographie et des analyses de recherche du CCP. Les grandes collectivités de la région (Marseille, Aix-en-Provence, Avignon et Carpentras) financent le dispositif de surveillance afin de permettre une détection précoce du CCP et de préserver les platanes d'une infection par le champignon.

Concernant la typologie des milieux, en région PACA, les foyers actuels de CCP se trouvent essentiellement en milieux terrestres (*i.e.* éloignés des cours d'eau ; Cf. Figure 1

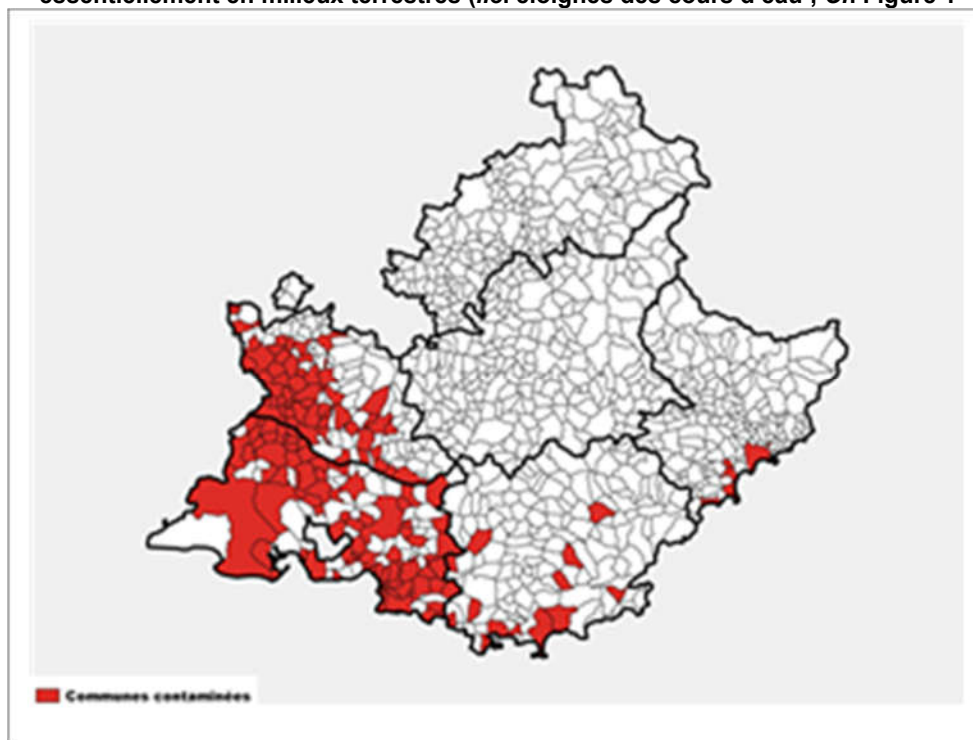


Figure 1). Dans le département des Bouches-du-Rhône, les foyers de CCP sont principalement en milieux terrestres et dans le département du Vaucluse, les foyers se trouvent à la fois en milieux terrestres et aquatiques (*i.e.* proche des cours d'eau ; plaine / réseau des Sorgues). Actuellement, la plupart des platanes situés le long des Sorgues ont été retirés (abattus et souches arrachées).

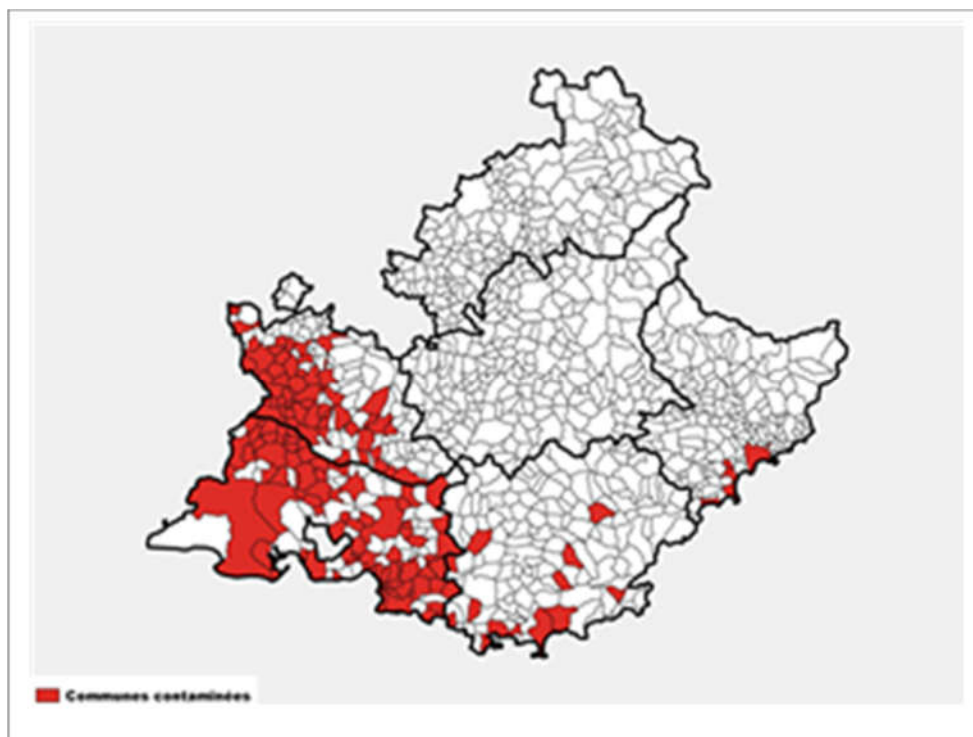


Figure 1 : Carte épidémiologique du chancre coloré du platane en 2019 en région PACA (source : Fredon PACA ; les communes en rouge correspondent aux communes sur lesquelles au moins un arbre malade a été observé)

2.2.1.2 Suivi des platanes abattus

La procédure d'abattage et de destruction des platanes contaminés par le CCP est déterminée par l'Arrêté du 22 décembre 2015 relatif à la lutte contre *Ceratocystis platani*, agent pathogène du chancre coloré du platane (NOR: AGRG1530100A ; Version consolidée au 10 janvier 2019). L'incinération des arbres infectés se fait sur site ou après transport dans des sites industriels. Dans ce dernier cas, un laissez-passer est délivré pour sortir le matériel contaminé de manière sécurisée du chantier. Les troncs sont ensuite stockés sur des aires de stockage dans des sites sécurisés avant leur incinération. Toutes les déclarations de chantiers de destruction sont enregistrées dans une base de données où sont identifiés les platanes contaminés ou potentiellement contaminés. Les rapports de visite sont associés à ces informations.

Le dispositif de contrôle de mesures ordonnées est effectué par l'organisme à vocation sanitaire (OVS) pour vérifier que les mesures de lutte sont appliquées et que les platanes sont bien abattus. *A posteriori*, il a été constaté qu'environ 70% des platanes faisant l'objet d'une notification officielle sont arrachés (source : audition du SRAL/Fredon PACA du 07/04/2021).

Le coût de l'abattage d'un platane est élevé. Une notification de mesures administratives est donc toujours basée sur un, voire deux résultats d'analyse de détection de l'agent du CCP. Une règle instaurée avec la Fredon PACA consiste à réaliser systématiquement une analyse pour tout nouveau foyer déclaré afin de confirmer la présence du CCP. En revanche, pour toute résurgence d'un ancien foyer, il n'est pas demandé de réaliser une nouvelle analyse de détection du CCP.

Dans les zones infectées faisant l'objet de mesures officielles de lutte (rayon de 35 mètres autour des platanes contaminés), les platanes de la variété Platanor sont

systématiquement répertoriés. Par ailleurs, suite à l'expertise Platanor de l'Anses (Avis de l'Anses, Saisine n° « 2018-SA-0069 », Rapports d'expertise collective : « Résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani* : Évaluation des résultats d'expérimentation de contournement »), certains Platanor ont été maintenus sur pied en zone infectée pour suivre leur éventuelle contamination comme le recommandait le rapport.

2.2.1.3 Constitution d'une base de données

Les données de suivi d'infection des platanes par le CCP sont collectées par la Fredon PACA à la demande du SRAL dans un système d'information géographique (SIG). La base de données est renseignée pour le Vaucluse depuis 10 ans et pour les Bouches-du-Rhône depuis un peu plus de 5 ans. Le technicien référent dans le département des Bouches-du-Rhône a une connaissance du suivi de l'évolution du CCP depuis 20 ans et celui du département du Vaucluse depuis 5 ans.

Les données collectées permettent d'établir, par parcelle cadastrale, des rapports de visite. Ceux-ci contiennent des tableaux récapitulatifs de la présence des platanes contaminés et de ceux potentiellement exposés au CCP dans une parcelle. Une cartographie est également produite indiquant les parcelles ainsi que la localisation des platanes contaminés ou exposés au CCP. À celle-ci sont associés les résultats d'analyse officielle pour la recherche du champignon. Les rapports de visite permettent de justifier les notifications de mesures administratives qui sont adressées aux collectivités ou aux particuliers.

Ainsi, les données collectées par la Fredon PACA portent sur :

- La réalisation d'une inspection ou non ;
- La présence ou l'absence de symptômes ;
- La date du 1^{er} diagnostic pour les platanes malades ;
- L'année d'exposition pour les arbres dans un rayon de 35 m autour d'un foyer ;
- L'année d'abattage des arbres infectés.

2.2.2 Région Occitanie

2.2.2.1 État des lieux

En région Occitanie, un suivi régulier et précis (avec des coordonnées GPS) des contaminations a été réalisé depuis 1990. Initialement, le SRAL Occitanie avait prévu de communiquer des données cartographiques (une carte des foyers en milieu terrestre et le long du Canal du Midi pour l'année 2020) ainsi que de mettre à disposition une carte dynamique. À la date de ce rapport, ces éléments n'ont pas été communiqués au GT.

Dans cette région une incertitude existe concernant la disponibilité des données postérieures à 2018 relatives à la variété Platanor.

En Occitanie, des constats généraux peuvent être établis.

La situation le long du Canal du Midi est contrastée. Sur le versant méditerranéen du Canal du Midi (jusqu'au seuil du Lauragais/Naurouze), une progression rapide de la maladie a été observée. Les premiers signalements du CCP datent de 2011 et l'application des mesures d'abattage a été tardive. La situation phytosanitaire actuelle nécessite une stratégie d'enrayement de la maladie. Sur le versant atlantique du Canal (à partir du seuil du Lauragais/Naurouze en direction de Toulouse), la progression du CCP est plus lente. Les

foyers de CCP seraient moins nombreux et sont discontinus, probablement du fait d'une gestion plus précoce. Les premiers signalements sont postérieurs à 2011 et la règle des 35 m autour des platanes malades a été appliquée immédiatement. Une stratégie d'éradication de la maladie semble encore possible actuellement sur ce tronçon.

Par ailleurs, un panorama des foyers a été dressé en fonction de la typologie des milieux, distinguant les foyers présents le long des cours d'eau (rivières ou Canal du Midi) de ceux situés en milieux terrestres. Par exemple, à Toulouse, les platanes malades se trouvent aussi bien le long du Canal qu'ailleurs dans la ville (ex : dans les parcs). Les autres zones de foyer se situent en milieu terrestre, le long de routes départementales (dans le Tarn, la Haute-Garonne, l'Hérault ou le Gard) ou en milieu urbain (comme à Lunel, Marsillargues, Montpellier, Pont-Saint-Esprit, Perpignan ou Montauban). De nombreux foyers sont répertoriés le long des routes départementales. Il est probable que ces foyers soient plus facilement détectés que ceux présents dans des zones plus difficiles d'accès.

Dans le Tarn, les foyers qui sont reportés sur la carte se trouvent en milieu terrestre (le long d'une route départementale) et non le long de l'Agout. Dans les Hautes-Pyrénées, le long de l'Adour, un foyer a été découvert de façon fortuite en 2015 (dans une zone difficile d'accès et escarpée) suite à l'observation de dépérissements de platanes en milieu terrestre. Le SRAL a demandé à la Fredon en 2019-2020 un état des lieux des contaminations en bord de l'Adour. Il est ressorti une forte contamination, en milieu semi-sauvage difficile d'accès, au moins dans le département des Hautes-Pyrénées (versant atlantique). Cela contraste donc nettement avec la plus faible incidence de la maladie le long du versant atlantique du Canal du midi. La situation générale n'est pas encore précisée dans le Gers.

La carte représentant les foyers de CCP en Occitanie pour l'année 2019 (Cf. Figure 2) doit être interprétée en intégrant certaines caractéristiques des données. Les données sont qualitatives : le nombre de foyers varie d'une commune à l'autre et le pourcentage de platanes malades dans chacune des communes n'est pas systématiquement connu. La carte le long du Canal est par exemple trompeuse car si elle montre un continuum de contaminations, tous les platanes ne sont pas forcément infectés.

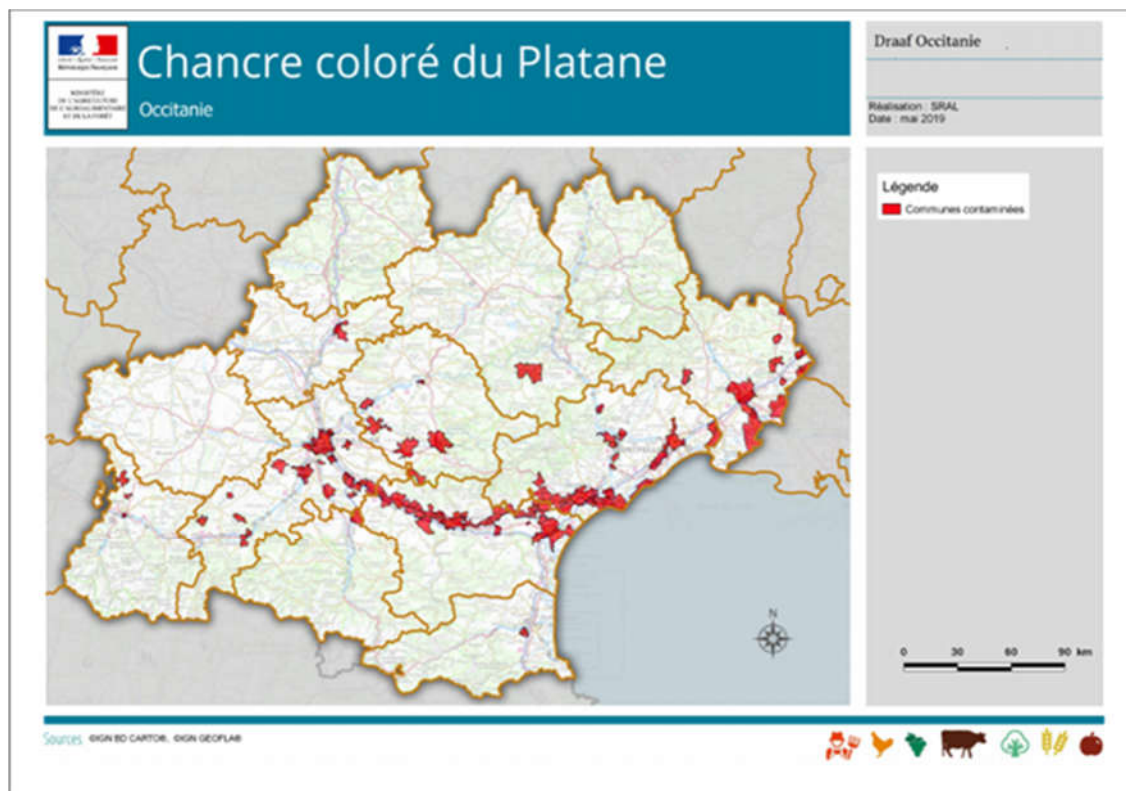


Figure 2 : Carte épidémiologique du chancre coloré du platane en région Occitanie en 2019
(source : DRAAF Occitanie)

2.2.2.2 Spécificités du contexte lié à l'Occitanie

En région Occitanie, différents acteurs sont concernés par la lutte contre le CCP. On trouve les services des espaces verts des communes, les Conseils départementaux, la Fredon, les entreprises d'élagage, Voies Navigables de France (VNF) et l'ONF (Office National des Forêts, dans les zones moins anthropisées). Une distinction est faite en fonction des lieux d'implantation des platanes entre milieu terrestre et milieu aquatique (bordure du Canal du Midi). Le long du Canal du Midi, VNF assure ses propres prospections par l'intermédiaire d'un prestataire, alors qu'ailleurs le SRAL délègue cette mission à la Fredon. VNF envoie ensuite au SRAL les bilans de fin de campagne.

Dès qu'un foyer de CCP est signalé, la Fredon est mandatée par le SRAL pour réaliser des prélèvements afin de confirmer la présence du champignon. Le SRAL est peu confronté aux problèmes de refus d'application des mesures réglementaires par des particuliers qui seraient opposés aux mesures d'abattage puisque ce sont essentiellement des collectivités locales et VNF qui sont concernées par ces mesures.

Les mesures d'abattage dans un rayon de 35 m ont été rigoureusement appliquées en milieu terrestre. Pour les foyers à proximité des cours d'eau, la règle d'abattage a été adaptée selon les capacités à appliquer les mesures de gestion. Le Canal du Midi est un cas particulier puisqu'il est géré par VNF. Du fait de ce contexte, les notifications d'abattage sont bien suivies d'effet. Cependant, la situation sur le Canal du Midi est plus contrastée en termes de suivi car VNF doit gérer des attentes contradictoires de la part des collectivités (demandes d'abattage des platanes morts mais oppositions à l'abattage des platanes exposés).

En région Occitanie, plusieurs milliers d'arbres sont abattus chaque année : 3 000 abattages en 2018, 3 150 en 2017, 3 400 en 2016 et 4 100 en 2015 (Cf. <https://www.ladepeche.fr/2019/09/17/des-abattages-projetes-jusqu'en-2023,8418685.php>).

Pour la replantation d'essences le long du Canal du Midi, VNF a utilisé différentes espèces (érable, micocoulier, peuplier) et a décidé de choisir comme espèce « jalon », selon leur terminologie, le chêne chevelu (*Quercus cerris*). Or, un foyer de la bactérie *Xylella fastidiosa* (sous-espèce *multiplex*) a été détecté en 2020 dans l'Aude et il se trouve que le chêne chevelu est une plante hôte de la sous-espèce *multiplex*. La question se pose donc de maintenir cette espèce jalon dans l'Aude notamment.

Selon le SRAL Occitanie (audition du 20/05/2021), le principe d'une « stratégie d'enrayement – Occitanie » est envisagé pour les communes traversées par le Canal du Midi et par l'Adour (fortes contaminations difficilement accessibles à une politique d'éradication). Notons qu'en l'état actuel de la réglementation, ce projet ne peut être mis en place (du fait de l'abattage obligatoire). Ce projet s'appliquerait d'une part sur une portion bien définie du Canal du Midi (entre Montferrand et Sète, sur 100 m de part et d'autre du Canal) c'est-à-dire sur le versant méditerranéen du Canal du Midi ; et, d'autre part, sur une portion du département des Hautes-Pyrénées (sur 100 m de part et d'autre de la rivière Adour) c'est-à-dire sur le versant atlantique du bassin versant.

2.3 Questions posées pour l'analyse de l'épidémie du chancre coloré du platane et sa gestion.

Les données de suivi du CCP en région PACA et en Occitanie ont été exploitées pour tenter d'apporter des réponses aux questions suivantes, permettant de formuler des propositions pour les demandes de la saisine :

- *Comment la maladie progresse-t-elle au cours du temps ?* Pour la région PACA, il existe différents jeux de données de suivi spatio-temporel des arbres malades et abattus (un jeu de données important relatif à des arbres individuels et deux jeux de données plus réduits relatifs à des alignements, pour l'un, et à des groupes d'arbres hors alignement, pour l'autre). Nous avons fait l'hypothèse que la maladie progresse plus vite le long des cours d'eau. Les analyses de données devraient permettre de tester cette hypothèse.

- *Comment la maladie progresse-t-elle spatialement ?* Le long de cours d'eau, en région Occitanie, deux parties du Canal du Midi sont à distinguer avec le versant méditerranéen (entre le seuil du Lauragais/Naurouze et la mer Méditerranée) qui pourrait être considéré comme une zone d'enrayement, et le versant atlantique (entre le seuil du Lauragais/Naurouze et Toulouse) où il n'y a pas encore de continuum de platanes contaminés le long du Canal et qui pourrait être maintenu en zone d'éradication. En aval de Toulouse, le réseau hydrographique devient plus complexe et semblerait pouvoir être maintenu en zone d'éradication également.

- *Quel est l'effet de l'abattage des arbres infectés par le CCP et dans un rayon de 35 m autour des arbres symptomatiques sur la progression de la maladie ?* Dans le jeu de données de la région PACA, l'information est bien documentée (avec la date d'abattage) et elle devrait permettre de mesurer l'impact de la mesure d'abattage sur la progression du CCP. Le long du Canal du Midi qui est géré par VNF, selon le SRAL, tous les foyers ne sont pas systématiquement signalés et sur certaines communes, les platanes contaminés ne sont pas immédiatement abattus. De ce fait, sur certains secteurs du Canal, des foyers de CCP ne sont

pas éradiqués.

- *La maladie progresse-t-elle de la même manière selon que le foyer se trouve dans l'épicentre de la maladie ou dans la zone de front, ou ailleurs (par exemple les foyers isolés dans le nord de la France) ?* Des zones correspondantes à ces trois situations pourraient être prises en exemple pour comparer la vitesse de progression des foyers.

- *Quelle est la situation sanitaire des plants de Platanor ?* En région Occitanie, aucune nouvelle donnée n'est disponible depuis 2018. Le long du Canal, à Trèbes et à Villeneuve-lès-Béziers, tous les Platanor sont malades. En région PACA, un suivi des Platanor devrait être assuré mais cette donnée n'est pas présente dans le jeu de données communiqué par la Fredon. La réponse à cette question est donc restée très partielle.

2.4 Analyse multicritère pour l'élaboration de stratégies de lutte pertinentes

2.4.1 Enjeux et modalités d'une analyse multicritère

L'objectif visé par l'analyse multicritère (AMC) est d'évaluer des scénarios de lutte pour proposer des stratégies d'enrayement possiblement déployées de manière différentes selon les lieux d'implantation des platanes.

Pour réaliser cette évaluation, le GT a travaillé sur la manière de mettre en œuvre l'AMC et sur les critères qu'il serait utile de répertorier.

2.4.1.1 Principes de l'AMC

L'analyse multicritère est fondée sur 3 principes majeurs :

- L'AMC est un outil d'aide à la décision utilisé lorsque l'on doit faire un choix entre plusieurs alternatives (ou scénarios) que l'on compare les unes aux autres. Cette analyse ne permet pas de trouver la ou les meilleures solutions de manière absolue mais celle qui est préférée parmi les différentes solutions proposées, au regard des critères choisis et des valeurs attribuées à ces critères. L'AMC est ainsi un système de classement *relatif* entre différentes actions. Cela se traduit par une hiérarchisation entre les actions (dans le cadre de l'expertise, les actions correspondent aux méthodes de lutte), entre celles qui sont préférées et celles qui le sont moins. Les actions sont comparées 2 à 2 vis-à-vis de chaque critère sélectionné pour l'évaluation des actions. La hiérarchisation est le résultat de la comparaison entre les actions, qui est basée sur l'ensemble des critères ayant servi à l'évaluation des actions.

- Les critères choisis peuvent être de nature différente. Les valeurs prises par les critères peuvent être qualitatives (p.ex. facile-difficile) / qualitatives ordinales (p.ex. faible, moyen, fort) / quantitatives (p.ex. 10 euros...1000 euros). On peut chercher à minimiser ou à maximiser les critères. La méthode va alors prendre en compte les différents critères pour comparer les scénarios entre eux. L'une des originalités de l'AMC est une étape de standardisation/normalisation des valeurs prises par les critères pour pouvoir ensuite les agréger. Cela permet ensuite de combiner les valeurs afin de choisir un compromis entre les différents critères.

- Un autre intérêt de l'AMC est de pouvoir pondérer les critères. Cette propriété est intéressante pour prendre en compte l'importance relative des différents critères dans le classement. Elle permet aussi de considérer la subjectivité des acteurs devant faire des choix entre les actions. La pondération des critères joue un rôle clé dans le classement final des alternatives. La pondération permet également de réaliser des tests de sensibilité (le changement du poids d'un ou de plusieurs critères peut influencer sur l'ordre de préférences des alternatives).

La méthode d'AMC choisie pour réaliser ce travail s'appuie sur l'utilisation de l'algorithme PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for ENrichment Evaluations). C'est la méthode actuellement validée par la communauté scientifique et très utilisée dans une large gamme de disciplines (Brans *et al.*, 1986). Le point de départ de l'utilisation de l'application Visual PROMETHEE, qui implémente l'algorithme PROMETHEE, consiste en l'établissement d'une matrice comprenant les actions (méthodes de lutte) en ligne et les critères en colonne. Cette matrice est ensuite renseignée avec l'information disponible. Deux points clés sont à retenir :

- Le classement étant basé sur une préférence, il n'a pas de valeur absolue mais une valeur relative. Il dépend donc des méthodes de lutte qui auront été identifiées et ne pourra proposer la 'meilleure' méthode de lutte dans l'absolu. Ce classement sera relatif au sein des méthodes de lutte analysées.
- Le classement entre deux actions/alternatives pour un critère donné met en œuvre une fonction de préférence. La comparaison est faite paire par paire entre toutes les actions pour chaque critère.

La fonction de préférence est une fonction de transformation qui convertit les *valeurs des écarts*, exprimés dans l'unité de départ, en une valeur comprise entre 0 et 1. Cette opération permet de standardiser les valeurs en ordonnée. Alors qu'en abscisses les écarts peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et sur des échelles diverses, en ordonnées, les valeurs seront toujours comprises entre 0 et 1. C'est grâce à cette étape de standardisation que les valeurs prises par chaque critère pourront être agrégées.

Un autre élément à prendre en compte est le seuil de préférence. Au-delà d'une certaine valeur de la différence entre les évaluations de deux actions/alternatives pour un même critère, il est décidé que cela n'aura plus d'incidence dans le choix d'une action/alternative A1 par rapport à une action/alternative A2. La valeur la plus élevée sera choisie systématiquement. Par exemple, si le seuil de préférence est fixé à 4 fois, la fonction de préférence donnera une valeur de 1 à tout écart égal ou supérieur à 4. Par exemple, si pour A1, la valeur du critère est de 1 et pour A2, cette valeur est de 6 et que, par ailleurs le seuil de préférence est fixé à 4 fois, l'écart de valeur étant égal à 5, la fonction de préférence attribuera donc à cet écart une valeur de 1.

Inversement, un seuil d'indifférence peut être également fixé. Cette fois, en deçà d'une valeur minimale de l'écart, il est décidé que cela n'aura plus d'incidence dans le choix d'une alternative A1 par rapport à une alternative A2 : l'écart sera jugé négligeable.

La matrice de préférence qui est réalisée ensuite consiste à donner une valeur à chacun des critères pour toutes les alternatives envisagées. Selon le critère pris en compte, l'objectif visé sera de minimiser ou maximiser l'écart. Pour certains critères, le choix ira à l'alternative A1, pour d'autres critères, le choix ira à l'alternative A2. Dans le cas du critère 1, si la préférence va à l'alternative A1, la valeur attribuée à A1 sera celle donnée par la fonction de préférence (ex : 0,5) et la valeur attribuée à A2 sera égale à 0 (puisque A1 sera préférée à A2 pour le critère 1).

Lorsqu'une fonction de préférence a été associée à chaque critère, toutes les comparaisons entre toutes les paires d'actions peuvent être effectuées pour tous les critères. Un degré de préférence multicritère est ensuite calculé pour comparer globalement chaque couple d'action. Pour cela, la moyenne des valeurs de préférence prises pour tous les critères pour l'alternative A1 (par rapport à A2) sera calculée. Symétriquement, la moyenne des valeurs de préférence prises pour tous les critères pour l'alternative A2 (par rapport à A1) sera également calculée.

L'étape suivante consiste à comparer les alternatives 2 à 2. La matrice de flux de préférence indique la valeur de préférence obtenue pour tous les couples d'alternatives (dans le cas où le choix doit se faire entre 5 alternatives : A1 par rapport à A2, A3, A4 et A5 ; et inversement A2 jusqu'à A5 par rapport à A1, etc.).

La fonction de flux de préférence Phi+ calcule la somme des moyennes des valeurs de préférences de A1 préférée à toutes les autres alternatives (A2 à A5 pour l'exemple cité). La fonction de flux de préférence Phi- donne la somme des moyennes des valeurs de préférences des autres alternatives (A2 à A5) préférées à A1. Pour terminer, le classement final des alternatives est établi par la différence entre la valeur de Phi+ et la valeur de Phi-.

2.4.1.2 Application de l'AMC au cadre de l'expertise

L'AMC permet de comparer des méthodes de lutte en fonction des critères sélectionnés. Les résultats de la comparaison des différentes méthodes de lutte alimenteront la réflexion pour élaborer différentes stratégies de lutte qui seront adaptées aux différentes situations de gestion du CCP rencontrées sur le terrain (en combinant par exemple la lutte chimique à une méthode physique). Les stratégies que le GT est amené à proposer se classent en deux catégories : i) stratégie d'éradication ou ii) stratégie d'enrayement.

Les cas extrêmes de gestion sont ceux de la situation du Canal du Midi (cours d'eau contaminé) d'un côté, et d'un contexte urbain, de l'autre.

2.4.2 Identification des actions unitaires

Les méthodes de lutte identifiées par le GT sont répertoriées dans le rapport intermédiaire (Annexe 2). A partir de ce recensement, des actions prophylactiques, ou de lutte contre la maladie sur des arbres infectés envisageables contre le CCP ont été identifiées (Tableau 1). Ces actions unitaires ont été considérées comme des méthodes pouvant être combinées dans le but de construire des itinéraires de gestion des peuplements de platanes. Dans un premier temps, ces actions unitaires ont été comparées entre elles, puis dans un second temps, des combinaisons d'actions unitaires ont été comparées entre elles.

2.4.3 Élaboration de la matrice-type

La matrice-type recense l'ensemble des actions unitaires identifiées par le GT, établit la liste des critères retenus par le GT pour classer ces actions unitaires, et présente les évaluations de chaque action unitaire pour chaque critère. La matrice-type construite par le GT comporte 22 actions unitaires (lignes) et 13 critères (colonnes) (Annexe 2).

2.4.3.1 Les actions unitaires potentiellement disponibles ou actuellement disponibles identifiées

La liste complète des actions unitaires identifiées par le GT est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Liste actualisée des actions unitaires potentiellement disponibles ou disponibles (Cf. rapport intermédiaire, Annexe 2)

Famille de méthode	Action unitaire (nom abrégé)	Descriptif succinct
Culturale	Abattage	Abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération
Culturale	Dessouchage	Dessouchage
Culturale et biologique	Désinfec. sol - Trichod.	Exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)
Culturale et chimique	Désinfec. sol - chim.	Exportation et désinfection du sol par un traitement chimique
Physique	Solarisation	Solarisation
Biologique	Biofumigation	Biofumigation
Culturale	Plante non hôte	Remplacement des platanes par une plante non hôte
Prophylaxie	Prophylaxie	Prophylaxie – désinfection locaux, structures et matériels
Chimique	Dévit. souches - arbres sur pied-souches	Dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.
Chimique	Dévit. souches - destruct. souches	Destruction des souches afin de prévenir l'apparition de rejets ou de drageons.
Génétique	Platanor	Remplacement des platanes par des plants de la variété Platanor
Génétique	VarR INRAE	Remplacement des platanes par une variété résistante de <i>Platanus x acerifolia</i> (INRAE) autre que Platanor
Génétique	Autres platanes R	Remplacement des platanes par d'autres variétés de platanes résistants
Chimique	Platane - TPA	Produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes
Chimique	Platane – microinj.	Produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois – microinjections
Chimique	Autres – TSol (Trichod.)	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol à base de <i>Trichoderma asperellum</i>
Chimique	Autres - TPA	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes
Chimique	Autres – microinj.	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – microinjections
Chimique	Autres - TSol	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol par lutte chimique
Biologique	Microorganismes	Produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes

Chimique	ASM	Produit de stimulation de défense des plantes à base d'acibenzolar-s-méthyl (actuellement aucun produit n'est autorisé pour lutter contre <i>Ceratocystis platani</i>)
Biologique	Laminarine - <i>Bacillus subtilis</i>	Produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses sur des usages de stimulation de défense des plantes – traitement des parties aériennes

Devit : Dévitalisation ; Trichod. : Trichoderma ; VarR : variété de platanes résistants à *Ceratocystis platani* ; TSol : traitement du sol ; TPA : traitement des parties aériennes ; Microinj. : microinjection ; ASM : Acibenzolar-S-Méthyl.

2.4.3.2 Les critères d'évaluation des actions unitaires et règles de notation des critères :

Les critères d'évaluation retenus par le GT sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : liste des 13 critères identifiés pour l'évaluation des méthodes de lutte

Opérationnalité (disponibilité d'une technique en fonction de sa mise au point, de sa validation au champ et éventuellement de son autorisation de mise sur le marché (AMM) ou de son inscription aux Catalogues des variétés dans le cas de la lutte génétique).
Efficacité (synonyme aussi de « niveau » d'efficacité, capacité de la méthode à réduire l'intensité et/ou la fréquence des dégâts infligées par l'agent pathogène aux platanes)
Durabilité (pérennité de la méthode en fonction du risque d'apparition éventuelle de résistance ou de contournement du mécanisme de régulation de l'agent pathogène)
Praticité (facilité de mise en œuvre de la méthode, en fonction notamment du matériel, du nombre de traitements ou d'interventions, du temps de travail et de la technicité nécessaires).
Échelle spatiale (à laquelle la méthode de lutte est appliquée ; répétabilité de la méthode à grande échelle : traitement à l'arbre, à l'alignement ou sur un territoire)
Échelle temporelle – durée (durée du traitement : quelques heures/jour/plusieurs jours ou plus)
Échelle temporelle – périodicité (application de la méthode 1 fois ou plusieurs fois)
Coût (estimation du coût en euros/platane ou en euros/traitement unitaire)
Effet non intentionnel – toxicologie (impact sur l'opérateur ou les riverains)
Effet non intentionnel – Écotoxicologie (impact environnemental sur les organismes non cibles)
Effet non intentionnel – Écosystémique (impact sur le maintien des berges, sur la régulation de la température, autres)
Effet non intentionnel – Rémanence basée sur la DT50 qui correspond au temps nécessaire pour observer une dégradation égale à 50 % de la substance chimique.
Acceptabilité sociale (actuelle ou future)

Les règles de notations des critères sont décrites dans le paragraphe ci-dessous. Une note correspondant à la moyenne des notes attribuée à chaque critère est donnée pour toute donnée manquante.

- **Critère Opérationnalité** : notes allant de 1 à 3.

1 = méthode non disponible – stade de recherche

2 = méthode opérationnelle pour d'autres usages. La note de 2 sera à préciser pour chaque méthode.

3 = méthode opérationnelle sur platane pour lutter contre *Ceratocystis platani* (cas particulier : produits avec AMM = 3)

- **Critère Efficacité** : notes allant de 1 à 3.

1 = efficacité faible ou pas entièrement démontrée contre *Ceratocystis platani*

2 = efficacité partielle

3 = efficacité démontrée pour lutter contre *Ceratocystis platani* (cas particulier : produits avec AMM = 3)

Certains produits classés avec une note de 1 ou 2 sont potentiellement efficaces au vu des données disponibles sur d'autres maladies corticales sur arbres et arbustes, mais leur efficacité pour lutter contre le CCP reste à démontrer.

- **Critère Durabilité** : notes allant de 1 à 3.

1 = risque élevé d'apparition de résistance

2 = risque modéré

3 = risque faible

La note de durabilité 1 (fort risque d'apparition de résistance au pesticide) a été attribuée aux méthodes pour lesquelles des baisses d'efficacité au cours du temps ont été observées (cas d'apparition de résistance pour les pesticides et adaptation de populations pathogènes à un hôte résistant, par exemples). La catégorie 2 regroupe des méthodes pour lesquelles, une baisse d'efficacité au cours du temps n'a pas été observée mais pour lesquelles elle ne peut pas être exclue. De manière générale, la note de durabilité 3 a été attribuée aux méthodes pour lesquelles un risque d'apparition de résistance est très peu probable (microorganismes) ou lorsqu'aucune résistance n'a, à ce jour, été observée (rapportée dans la pratique ou mentionnée dans la bibliographie).

- **Critère Praticité** : notes allant de 1 à 3.

1 = faible

2 = moyenne

3 = élevée (produits avec AMM sont jugés d'usage pratique par défaut)

La praticité décrit la facilité de mise en œuvre de la méthode, en fonction notamment du matériel, du nombre de traitements ou d'interventions, du temps de travail et de la technicité nécessaires.

- **Critère Échelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)** : notes allant de 1 à 3.

1 = locale

2 = alignement

3 = cantonale

- **Critère Échelle temporelle – durée** : notes allant de 1 à 3.

1 = traitement rapide (de l'ordre de l'heure)

2 = traitement avec une durée moyenne (de l'ordre de la journée)

3 = élevée (de l'ordre de la semaine ou plus)

- **Critère Échelle temporelle – périodicité** : notes allant de 1 à 3.

1 = traitement en 1 fois

2 = traitement à renouveler

3 = traitement à répéter régulièrement

- **Critère Coût** : échelle continue en euros/platane ou en euros/traitement d'un platane ou d'un arbre.

- **Critère Effet Non Intentionnel - Toxicologie** : notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible (absence de classement)

2 = risque modéré (produit classé nocif à toxique)

3 = risque élevé (produit classé très toxique, CMR ou ayant des effets graves)

- **Critère Effet Non Intentionnel - Écotoxicologie** : notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible (absence de classement)

2 = risque modéré (produit nocif pour l'environnement)

3 = risque élevé (produit dangereux pour l'environnement)

- **Critère Effet Non Intentionnel - Écosystémique** : notes allant de 1 à 3.

1 = risque faible

2 = risque modéré

3 = risque élevé

- **Critère Effet Non Intentionnel - Rémanence** : notes allant de 1 à 4.

1 = non rémanent

2 = rémanence faible (DT50 de l'ordre de l'heure à quelques jours)

3 = rémanence moyenne (DT50 entre 10 et 90 jours)

4 = rémanence élevée (DT50 supérieure à 90 jours)

- **Critère Acceptabilité sociale** : notes allant de 1 à 3.

1 = faible (méthode pouvant susciter des oppositions de riverains ou institutionnelles)

2 = modérée (méthode pouvant être jugée acceptable par les riverains ou des collectivités locales)

3 = élevée (méthode ne devant pas susciter d'oppositions de riverains ou institutionnelles)

2.4.4 Définition des scénarios pour la réalisation de l'analyse multicritère

Initialement, le GT a considéré que l'évaluation des actions unitaires devrait être distincte selon le scénario pris en compte, chaque scénario correspondant à une situation épidémiologique *a priori* différente correspondant à des lieux différents d'implantation des platanes. La matrice-type peut donc prendre des valeurs qui varient selon le scénario considéré. L'hypothèse posée alors par le GT était que le classement des différentes méthodes pouvait différer selon le scénario pris en compte.

Les enjeux liés à la conception des scénarios-types sont de deux ordres : il s'agit de caractériser, d'un côté, la dynamique de la maladie et, de l'autre, les contextes d'exposition des platanes à l'infection pour la gestion de la maladie.

2.4.4.1 Choix des scénarios

Le GT a retenu trois scénarios : 1) implantation des platanes au bord d'un cours d'eau, 2) implantation des platanes en milieu terrestre non urbain tel que les alignements le long des routes et 3) implantation des platanes en milieu terrestre urbain. Selon la situation d'implantation, une méthode de lutte peut être notée différemment selon les différents critères. En prenant l'exemple de la lutte chimique, son impact environnemental pourra être jugé relativement modéré en ville mais plus élevé le long d'un cours d'eau. Par ailleurs, le GT a considéré qu'il fallait également prendre en compte les foyers sporadiques (identifiés en régions Occitanie ou PACA ou dans le nord de la France, à Nantes et récemment en Île-de-France).

2.4.4.2 Autres facteurs pouvant influencer le choix des méthodes de lutte

L'application de la réglementation implique que pour éradiquer le CCP, l'arbre infecté et tous les arbres situés dans un rayon de 35 m (quel que soit leur état sanitaire) soient abattus, dessouchés et les matériaux végétaux incinérés. Dans une perspective d'enrayement et non plus d'éradication, il pourrait être envisagé d'abattre seulement les arbres symptomatiques et non plus les arbres (apparemment) indemnes situés à une certaine distance de l'arbre infecté. Dans ce cas, deux facteurs apparaissent alors importants à prendre en compte : l'âge (ou stade de développement) des arbres (conditionnant l'expansion de leur système racinaire) et la distance entre les platanes.

À titre d'exemple, on pourrait différencier la situation le long du Canal du Midi où les arbres sont âgés (de grande dimension) et distants de 7 m en gardant dans ce cas la distance préconisée de 35 m pour le rayon d'abattage, de celle d'un autre site avec des arbres de 15 ans distants de 25 m avec la possibilité de limiter dans ce cas l'abattage à l'arbre infecté (si on considère les anastomoses racinaires comme principale voie de transmission). Ainsi, il serait possible de concevoir une gestion différenciée selon que les platanes sont isolés ou présents dans des alignements avec des racines probablement anastomosées sur de longues distances (ex : pour le Canal du Midi sur des km). Un élément à connaître serait la vitesse de progression du champignon dans les racines. Par ailleurs, le gradient de dispersion n'est pas connu mais l'inoculum aérien a été détecté jusqu'à 200 m d'un arbre infecté et l'inoculum en milieu aquatique jusqu'à 100 m (Anses, 2018). On pourrait alors se demander si la distance de 35 m est suffisante.

Se pose alors la question de la manière de fixer différents rayons d'abattage, à justifier, dans une perspective d'enrayement de la maladie. Afin de limiter le nombre d'arbres atteints, sont proposés d'un côté, différentes distances d'abattage (ex : en deçà de 35 m, 35 m et 200 m), et de l'autre, un nombre défini d'arbres à abattre (ex : les deux arbres les plus proches de l'arbre contaminé).

3 Résultats et synthèse

3.1 Présentation des données épidémiologiques

Le GT a analysé les données épidémiologiques collectées et communiquées respectivement par la Fredon et les SRAL Occitanie et PACA. Le GT a considéré que la cartographie de la répartition des foyers devrait être utile à l'expertise et il a cherché à obtenir une cartographie de la maladie pour les régions PACA et Occitanie au niveau du canton et si possible au niveau de la commune (avec un positionnement des cours d'eau pour les communes situées à proximité d'un cours d'eau).

3.1.1 Région Occitanie

D'après le SRAL Occitanie, les informations données, sont moins fournies pour la région Occitanie que pour la région PACA. Les données disponibles couvrent la période 2016-2018 et n'apportent pas de nouvelles informations par rapport aux données mises à disposition pour la saisine « Platanor ». Il en est de même pour les données relatives au Platanor. Au niveau du Canal du Midi, les fortes contaminations de CCP se situent à Villeneuve-lès-Béziers et à Trèbes. Cependant, le SRAL doit vérifier que de nouvelles données n'ont pas été collectées en 2019. Parallèlement, le SRAL dispose d'une carte dynamique montrant l'évolution des foyers et d'une carte qui distingue les contaminations en milieux terrestres et en milieux en bord d'eau. Le GT n'a pas eu accès à ces données.

3.1.2 Région PACA (Départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse)

Pour la région PACA, les données les plus complètes sont celles disponibles pour le département du Vaucluse, avec une zone au réseau hydrologique important (plaine/réseau des Sorgues) et des zones urbaines nombreuses.

Dans le département du Vaucluse : le suivi de la maladie a débuté en 2002. Les informations relatives à l'abattage des arbres infectés par le CCP ne sont pas complètes car ce suivi ne rentre pas dans les missions de la Fredon. Concrètement, il existe 3 jeux de données : i) un 1^{er} jeu couvre des données ponctuelles (24099 lignes de données ; point GPS), ii) un 2^{ème} jeu couvre des alignements (9656 lignes ; les alignements sont composés de 2 à 60 platanes) et iii) un 3^{ème} jeu couvre des superficies (665 lignes ; les superficies correspondent à des surfaces comprenant 3 à 360 platanes). Au total, le jeu comporte près de 35000 données.

Les informations comportent les descripteurs suivants :

- le dernier état sanitaire connu du platane inspecté (ETATSANI) ;
- l'année d'abattage du platane avec son statut (platane malade, platane exposé - *i.e.* situé dans un rayon de 35 m autour d'un platane malade - et divers) (DATE_AB) ;
- l'année où le platane a été diagnostiqué infecté par *Ceratocystis platani* pour la première fois (DATE_C) ;
- l'année où le platane a été classé comme exposé au champignon pour la première fois (DATE_P).

Dans le département des Bouches-du-Rhône : le jeu est constitué de 26605 lignes de données ponctuelles (points GPS).

Au total, le nombre de platanes dont l'état sanitaire a été décrit est de 50704 sur les deux départements (Cf. Tableau 3).

Tableau 3 : répartition des platanes selon leur état sanitaire

	nb	%
Sain	29095	57,4
Cerato	3038	6,0
Potentiel	2014	4,0
Abattu cerato	8302	16,4
Abattu potentiel	3075	6,1
Abattu divers	4889	9,6
Mort divers	291	0,6
Total	50704	

3.2 Analyse des données épidémiologiques

3.2.1 Appui technique de l'Unité Epidémiologie et Appui à la Surveillance

L'unité Épidémiologie et Appui à la Surveillance (UEAS) (Charlotte Rüger) a expertisé les données et produit trois cartes correspondant aux trois jeux de données (voir 2.1.2) pour le département du Vaucluse, une carte pour le département des Bouches-du-Rhône et une carte correspondant aux données liées à Platanor. Il apparaît que des Platanor malades ne sont signalés que dans le département du Vaucluse¹.

La manière de visualiser les données a été discutée en suggérant l'utilisation de fonds de cartes pour illustrer les cours d'eau et les axes routiers sans indication des délimitations des communes. La production de cartes interactives dans le but de visualiser la manière dont le champignon se dissémine au cours des années a également été discutée, l'objectif du GT est de suivre l'évolution de la maladie dans différentes situations (cours d'eau, milieux terrestres à proximité des cours d'eau, milieux terrestres urbains).

3.2.2 Premiers éléments d'analyse

La classification des arbres après inspection est : « sain » ou « cerato » (*i.e.* présentant des symptômes de CCP) ou « potentiel » (*i.e.* dans le rayon de 35 m d'un arbre « cerato »).

¹ Dans le rapport relatif au Platanor (saisine n°2018-SA-0069), les données portaient, dans les Bouches-du-Rhône, sur le suivi de 243 plants de Platanor et aucun d'eux n'était malade (Source Fredon).

Des corrections ont dû être apportées au jeu de données au préalable de leur analyse. Celles-ci sont décrites ci-dessous :

- On considère, par défaut, qu'un platane est abattu l'année suivant son diagnostic positif « cerato ».
- N'ont pas été pris en compte :
 - Les contrôles effectués les années suivant l'année de diagnostic positif « cerato » : ces arbres sont considérés comme « sortis » du suivi car abattus ;
 - Les contrôles effectués les années suivant l'année de diagnostic « potentiel » dans le cas des arbres diagnostiqués uniquement « potentiel » (et non « potentiel » puis « cerato ») : ces arbres sont considérés comme « sortis » du suivi car abattus ;
 - Les contrôles effectués entre un diagnostic « potentiel » et un diagnostic « cerato ».
- Pour les 6 arbres affichant un diagnostic « cerato » puis « potentiel » (la question se pose de savoir si c'est une erreur de diagnostic ou de transcription de l'observation), le diagnostic « potentiel » a été supprimé (car la variable ETATSANI comportait la mention « cerato » ou « abattu cerato »).

Le suivi des alignements et des surfaces de platanes concerne beaucoup moins de communes que dans le cas des suivis individuels d'arbres. Les observations sont limitées aux communes de Noves, Tarascon, St Rémy-de-Provence et Arles, où il existe une forte densité de platanes.

L'analyse des données des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse montre que le nombre de platanes contrôlés depuis 2002 se situe en moyenne autour de 4000 à 5000 arbres par an, à l'exception des années 2004, 2005 et 2010, pour lesquelles l'effectif des arbres inspectés était de l'ordre de 18.000 à 20.000 individus (Cf. Figure 3).

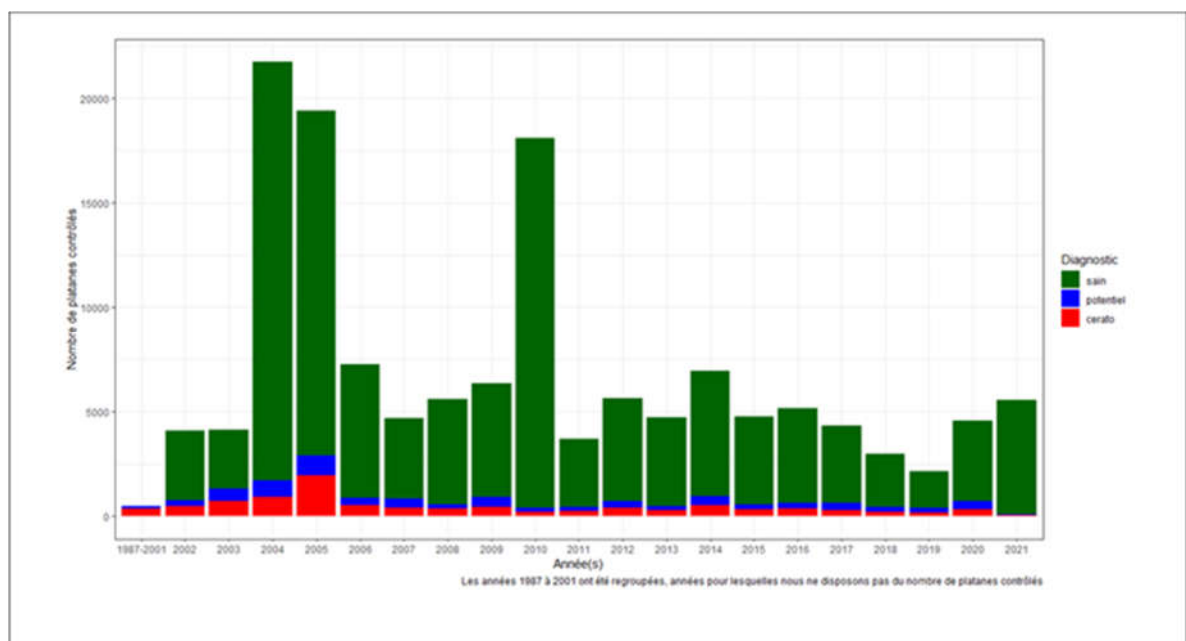


Figure 3 : Nombre de platanes contrôlés au cours du temps dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse (source : Fredon PACA)

L'analyse montre également que le nombre de platanes diagnostiqués contaminés pour la première fois (9493) par le champignon (« cerato »), n'est pas égal à la somme du nombre de platanes malades abattus (8301) et du nombre de platanes dont le dernier état sanitaire connu mentionne une contamination par le champignon (3038). Selon la Fredon PACA, l'écart de 1846 platanes correspond au nombre de platanes malades abattus dont la date du diagnostic n'avait pas été renseignée au moment de la mise en place du système d'information géographique et des prospections.

Par ailleurs, les données montrent que 70% des platanes exposés (« potentiel ») sont malades dans les 3 années qui suivent la détection d'un platane contaminé par le champignon dans un rayon de 35 m (Figure 4). Cette dynamique de changement de statut (potentiel – contaminé) au cours du temps ne semble pas varier en fonction des trois scénarios d'implantation ; les arbres en milieu urbain, les alignements en bord de route et les arbres en bord de rivière ou de canal suivent le même processus d'expression de la maladie dans les mêmes délais.

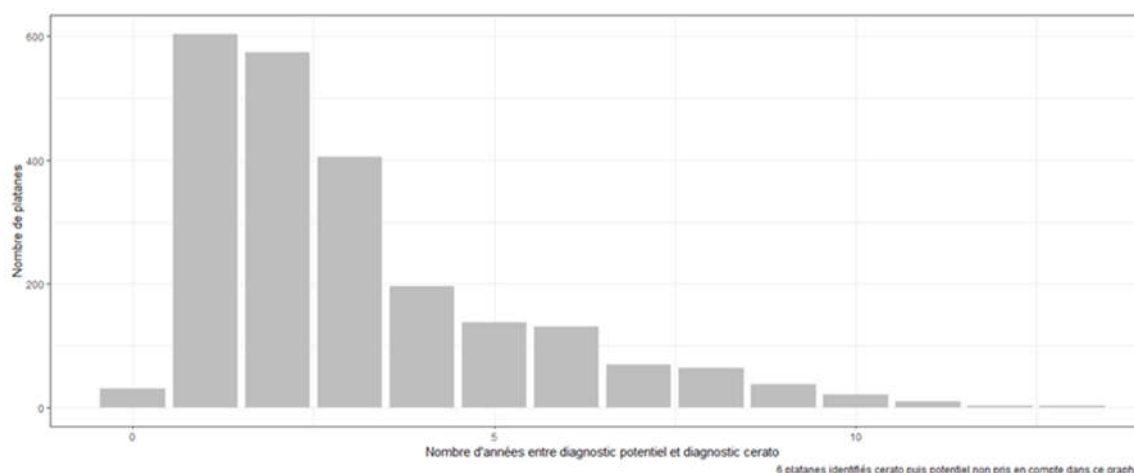


Figure 4 : Délai écoulé entre le moment où un platane est diagnostiqué « potentiel » (exposé dans un rayon de 35 m autour d'un platane malade) et le moment où le platane est diagnostiqué malade (infesté par *C. platani*) (source : Fredon PACA).

3.2.3 Analyses cartographiques

À partir des jeux de données des suivis individuels des platanes pour les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse, les premières cartes épidémiologiques réalisées par l'Unité EAS visent à :

- reconstituer l'historique des foyers ;
- analyser l'évolution spatiale et temporelle de la maladie.

Les relevés réalisés entre 1997 et 2002 montrent que les foyers sont largement concentrés entre Avignon et Carpentras et dans la plaine des Sorgues, bien que quelques arbres contaminés soient déjà signalés dans les Bouches-du-Rhône autour de Salon-de-Provence et de Martigues (Cf. Figure 5).

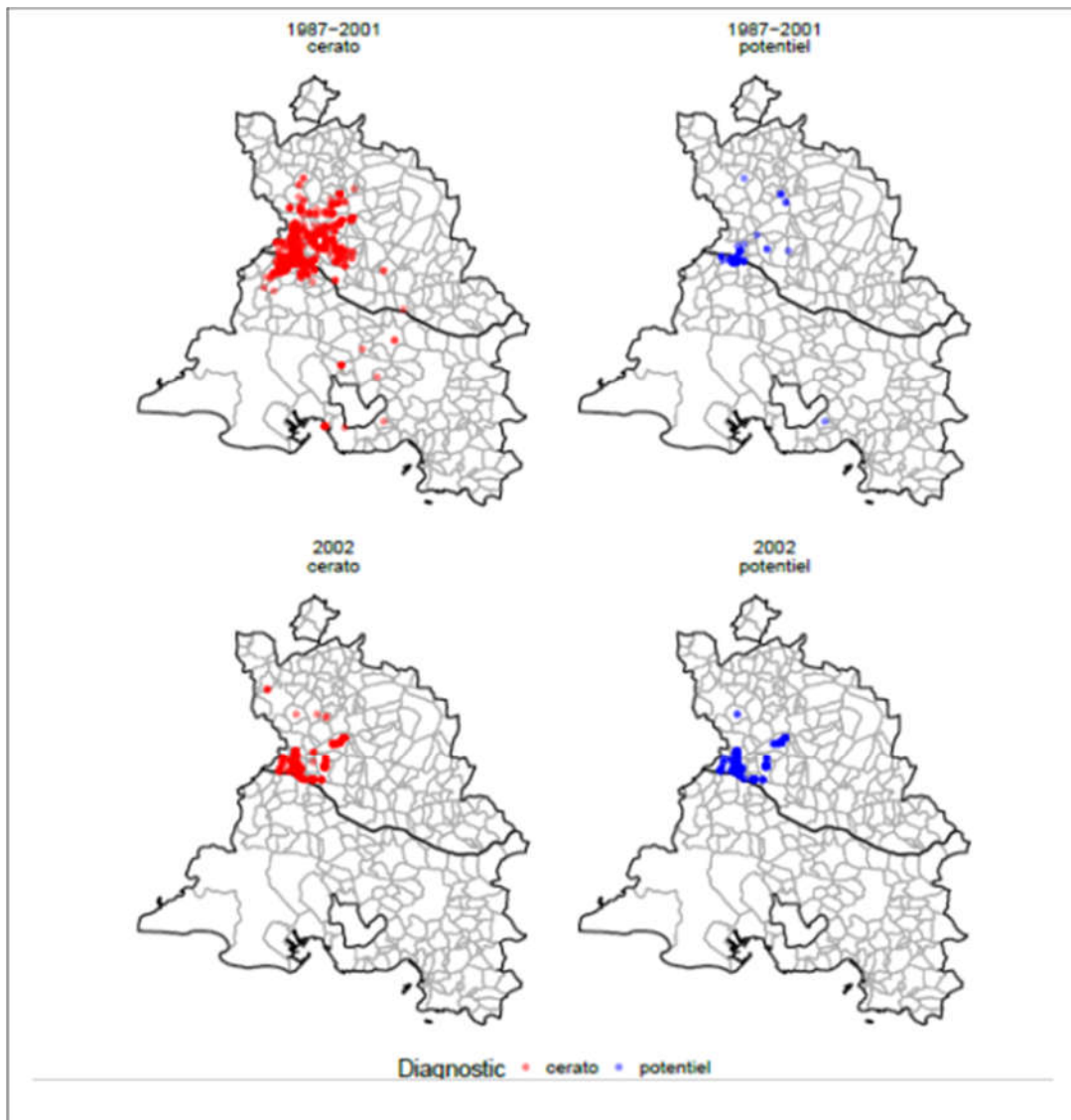


Figure 5 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse sur la période 1987-2002 (source : Fredon PACA)

À partir des années 2015 et 2016, la zone où des platanes contaminés par le chancre coloré sont observés s'étend dans le département du Vaucluse et des foyers apparaissent dans le département des Bouches-du-Rhône, dans des zones limitrophes aux foyers du Vaucluse mais aussi bien au-delà (Cf. Figure 6)

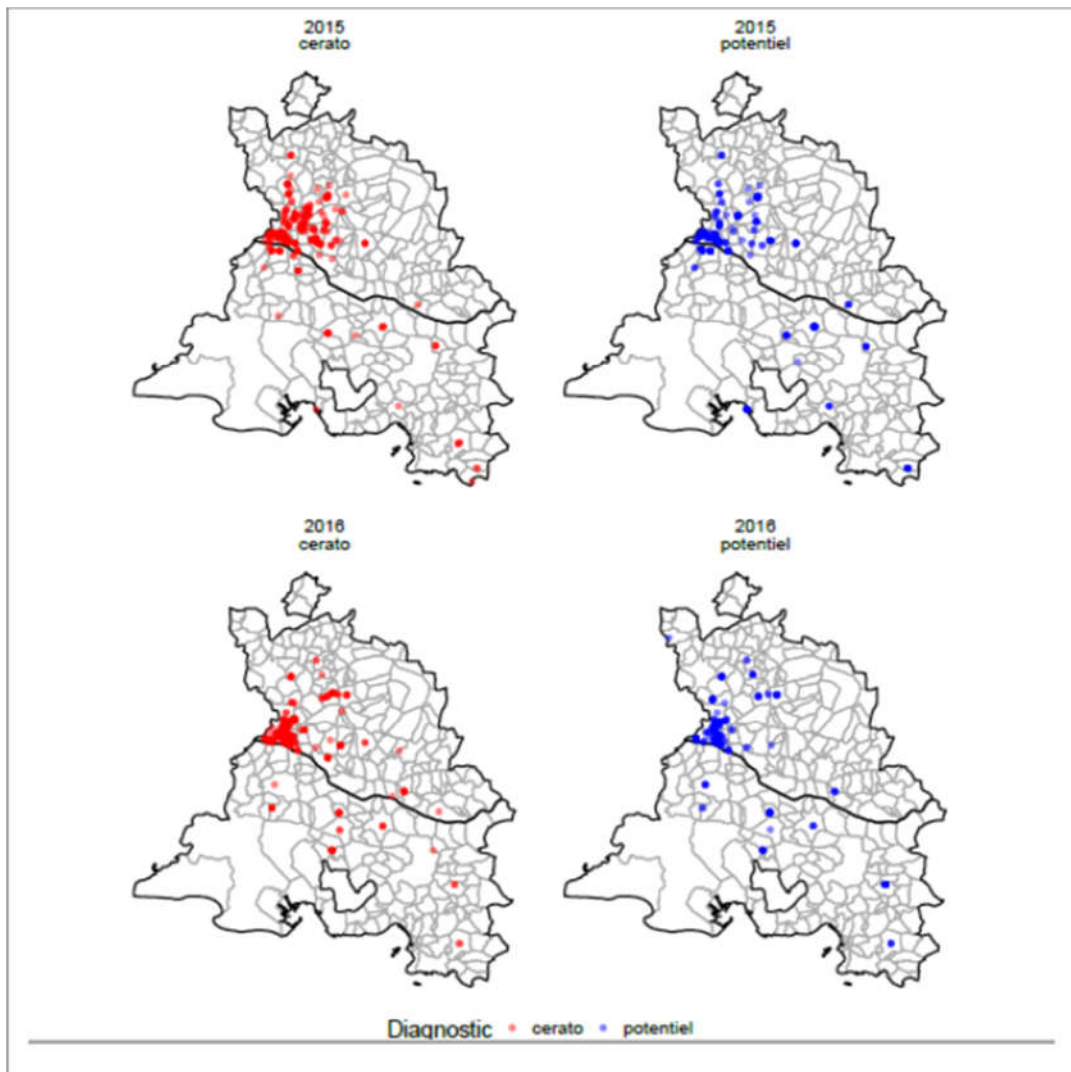


Figure 6).

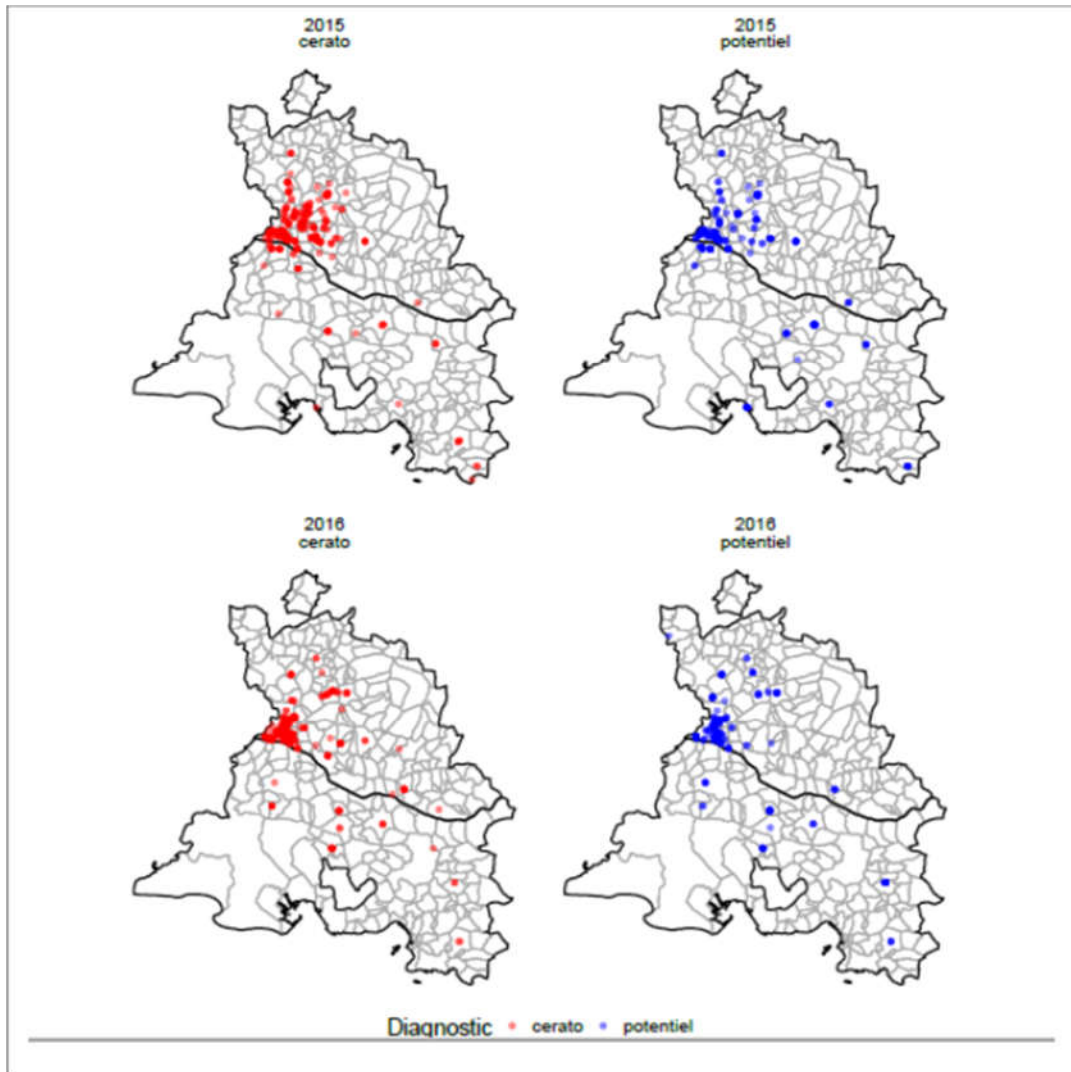


Figure 6 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse en 2015 et 2016 (source : Fredon PACA)

En 2019/2020 la maladie semble progresser dans ces deux départements (Cf. Figure 7).

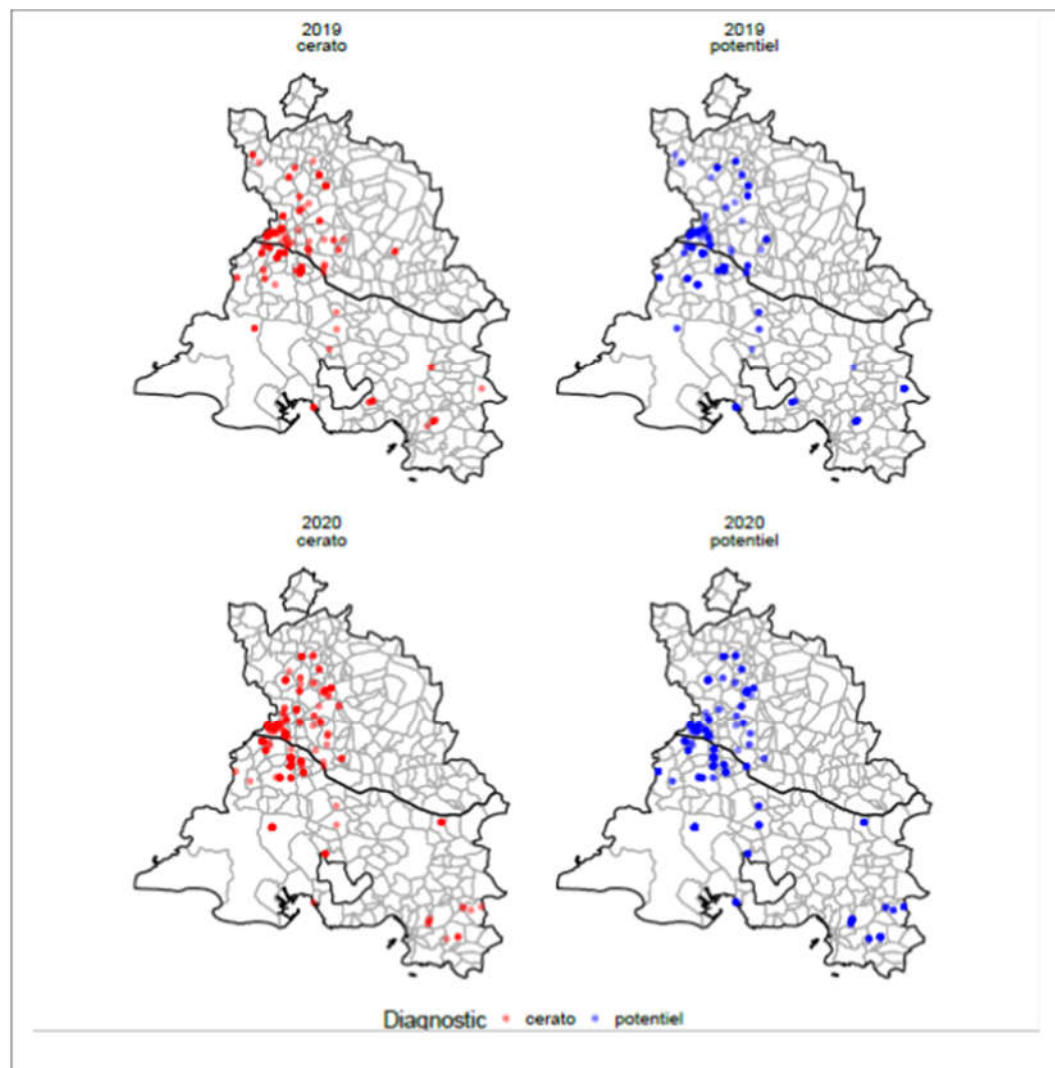


Figure 7 : Dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du chancre coloré dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse en 2019 et 2020 (source : Fredon PACA)

Une rupture dans la progression de la maladie est observée : avant 2015, l'essentiel des arbres malades se trouvent dans la zone du foyer principal (Avignon/Carpentras/plaine des Sorgues), bien que certains arbres contaminés soient signalés dans la région de Salon-de-Provence et de Martigues. Après la période 2015/2017, on observe l'apparition de nouveaux platanes malades, dans les Bouches-du-Rhône de façon assez dispersée. Le GT précise que les points reportés sur les cartes reflètent les zones prospectées suite à des signalements : l'absence de points indique simplement l'absence de prospection (du fait de l'absence de foyers ou de signalements).

L'analyse des cartes (Figures 8 à 10) montre que les zones échantillonnées (points verts) varient avec le temps ; le peu de données dans les Bouches-du-Rhône antérieurement à 2002 ne permet pas de tester une hypothèse souvent avancée localement, selon laquelle l'épidémie aurait régulièrement progressé vers le nord depuis Marseille. Historiquement, la maladie a été détectée pour la première fois à Marseille à la fin de la seconde guerre mondiale et a ré-émergé dans les années 1970, ni qu'elle se soit disséminée depuis le Vaucluse vers les Bouches du Rhône Il n'y a pas, à notre connaissance, de données quantitatives précises sur la dynamique épidémique lors des trois dernières décennies du 20^e siècle.

La dynamique des contaminations (points rouges) est conforme à un modèle de dispersion stratifiée bien connu en biologie des invasions ; la progression d'une maladie des plantes en terrain jusque-là indemne n'est d'ailleurs qu'un cas particulier d'invasion biologique. On y voit un foyer primaire (Vaucluse), qui a connu un fort accroissement local et continue à progresser à la marge (première strate de dispersion) et à l'apparition de foyers isolés de la maladie, à différentes distances du foyer primaire (deuxième strate). Les cartes ne montrent pas d'apparition de foyers secondaires de taille significative, susceptibles de devenir très infectieux et de reproduire la dynamique observée dans le foyer primaire.

La carte 1987-2001 permet d'identifier le foyer primaire de la maladie dans la zone Avignon – Carpentras - L'île-sur-la-Sorgue. Ce foyer très actif fournit une source massive d'inoculum pour les contaminations ultérieures. L'année 2019 semble marquer une extinction de l'épidémie, qui s'explique par la diminution drastique du nombre et de la densité de platanes sensibles : le feu s'éteint faute de combustible, suite à la mort et/ou l'abattage des platanes malades et potentiellement contaminés. La dispersion de la maladie continue à s'effectuer à la marge du foyer, qui ne s'étend plus beaucoup. La possible future cartographie de la zone pourrait montrer un anneau actif (zone périphérique) et un centre totalement mort ; cet anneau, de taille réduite par rapport au foyer initial, produira beaucoup moins d'inoculum à l'avenir. Les mesures de suivi et d'abattage semblent avoir été efficaces, au moins pour limiter l'intensité et la progression radiale de ce foyer.

Le foyer primaire s'étend sur l'agglomération d'Avignon (platanes urbains exposés aux agressions d'origine anthropique) et le réseau des Sorgues (platanes au bord de l'eau). La dynamique radiale correspond bien à des contaminations de proche en proche qui expliquent la formation d'un gros foyer. La région est un lieu de circulation sur courtes distances et travaux agricoles et de voiries intenses. Le trafic routier local est intense, y compris sur les routes secondaires, car il y a peu de grands axes et de voies de contournement, en raison de l'espace alloué aux activités agricoles.

La deuxième strate de dispersion entraîne l'apparition de la maladie hors du foyer primaire, de manière lente et différenciée selon les directions. Cette répartition correspond bien à une dispersion secondaire par des mécanismes à longue distance dont l'efficacité est beaucoup plus aléatoire. Chaque nouveau foyer correspond à une contamination réussie, mais il est impossible de déterminer combien de contaminations ont échoué, et, surtout, pourquoi ce site précis a été contaminé.

L'enclave papale (canton de Valréas, la partie exclavée du Vaucluse enclavée dans la Drôme) n'est pas atteinte, alors qu'elle a été bien échantillonnée. Il y a un « foyer secondaire » dans le nord-ouest du département, qui ne semble pas s'étendre. La maladie ne paraît pas progresser vers le nord du Vaucluse. Ces conclusions ne peuvent pas être définitives en l'absence de données concernant le département limitrophe, la Drôme.

La maladie semble s'étendre vers le sud à partir de 2014, ce qui peut sembler contradictoire avec l'idée commune qu'elle vient justement du sud. Mais il y a peu d'échantillonnages dans le sud avant cette année.

La maladie progresse lentement, mais régulièrement, vers le sud-est (Aix-en-Provence) et le sud-ouest (Nîmes). Les rivières (Durance et Rhône) peuvent difficilement être considérées comme des barrières efficaces face à une dispersion humaine.

L'analyse de ces cartes amène aux conclusions suivantes :

* dans le foyer primaire, il est nécessaire de continuer la détection et l'élimination la plus rapide possible des arbres contaminés afin de limiter les sources de contaminations secondaires ; seuls les arbres emblématiques doivent faire l'objet de mesures de protection strictes.

* la dispersion secondaire de la maladie étant lente, une détection précoce pourrait permettre d'éliminer les foyers secondaires. Le renforcement des procédures de désinfection et de la sensibilisation des acteurs concernés pourraient permettre de limiter cette dispersion secondaire.

L'absence de données aussi précises dans les régions limitrophes laisse en suspens les questions concernant la dispersion à encore plus grande échelle. Des arbres malades ont été abattus à Montpellier en 2021, sans qu'il soit possible de savoir si les contaminations viennent de la région PACA ou des zones très contaminées plus au sud (Béziers). Des données précises manquent également pour le département du Gard.

Quoi qu'il en soit, une collection importante d'échantillons biologiques et une connaissance de la structure et de l'évolution des populations de l'agent pathogène restent indispensables à la reconstitution des voies de dispersion de la maladie. La superposition des structures génétiques à la cartographie, couplée à une analyse en génétique des populations est actuellement le seul moyen d'élucider les questions de dissémination.

3.2.4 Données cartographiques avec la projection des axes routiers et des cours d'eau

Les Figures 8, 9 et 10 présentent l'ensemble des données collectées et cartographiées en région PACA, en lien avec les axes routiers et les cours d'eau. L'analyse d'une éventuelle influence des voies de communication ou des voies d'eau sur le patron de dissémination de la maladie n'a pas été réalisée, compte-tenu du temps imparti et de la complexité des analyses statistiques requises. Il faut en effet tenir compte du fait que la pression d'échantillonnage n'a pas été constante et conduit à des données censurées. Par exemple, l'absence d'arbres infectés à Salon-de-Provence en 2002 est-elle réelle ou provient-elle de l'absence de surveillance, aucun arbre sain n'ayant été noté à Salon-de-Provence à cette date. Cette analyse reste à faire.

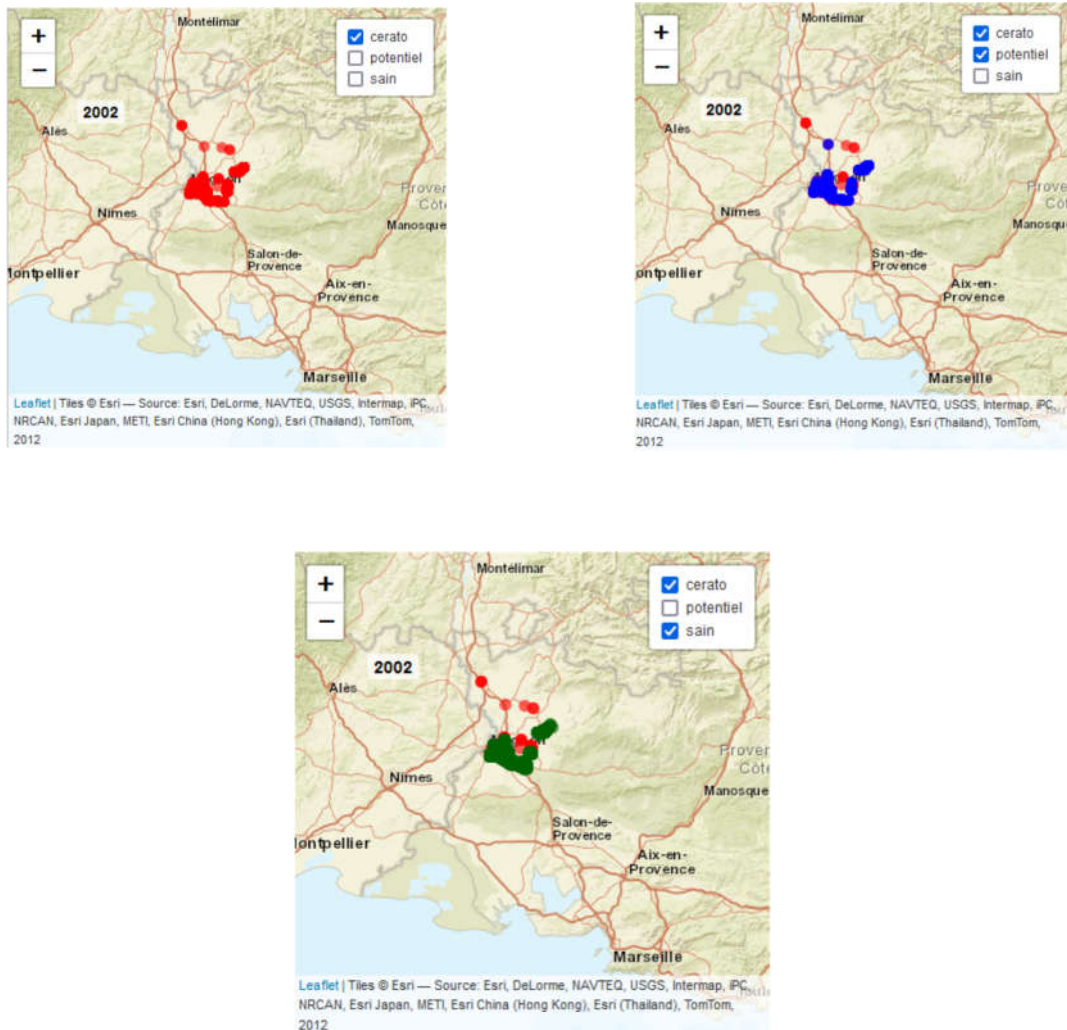


Figure 8 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2002 (source : Fredon PACA). En rouge les arbres « cerato », en bleu les arbres « potentiels » (= dans un rayon de 35 m d'un arbre sain), en vert sombre les arbres « sains ».

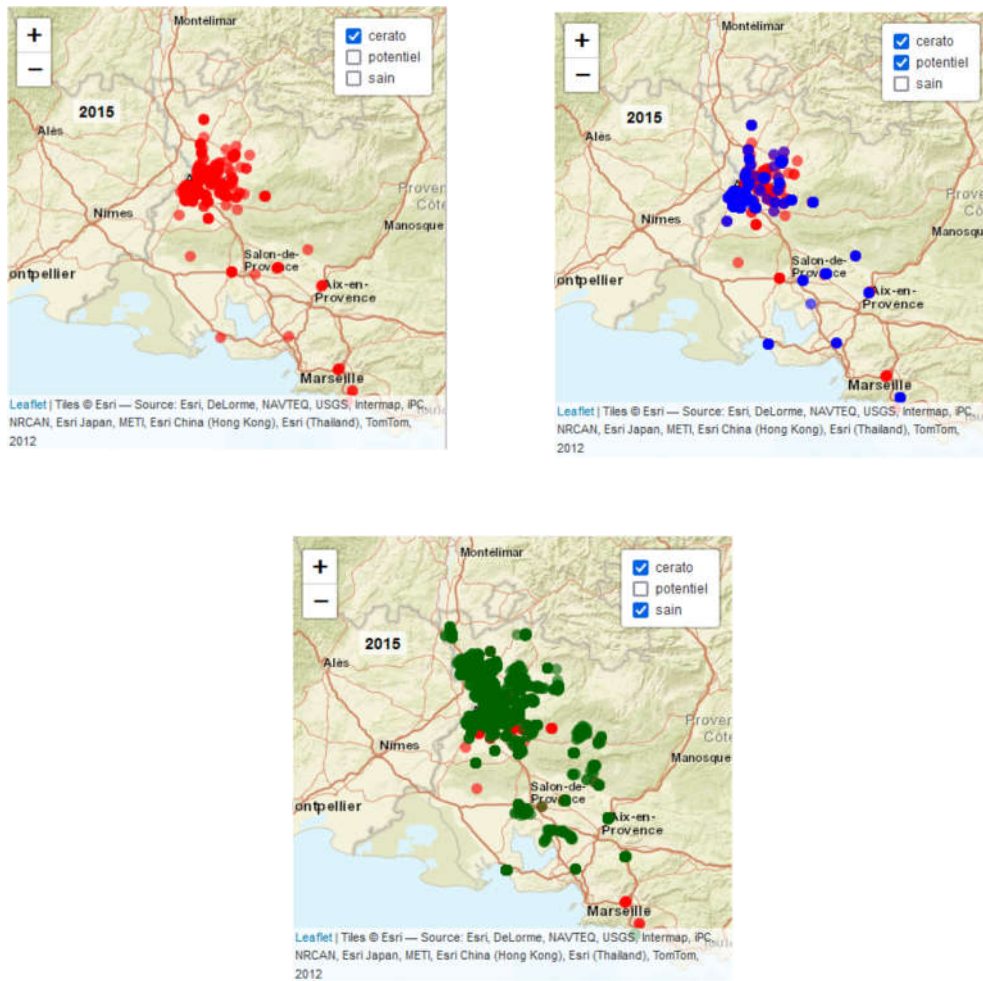


Figure 9 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2015 (source : Fredon PACA). En rouge les arbres « cerato », en bleu les arbres « potentiels » (= dans un rayon de 35 m d'un arbre sain), en vert sombre les arbres « sains ».

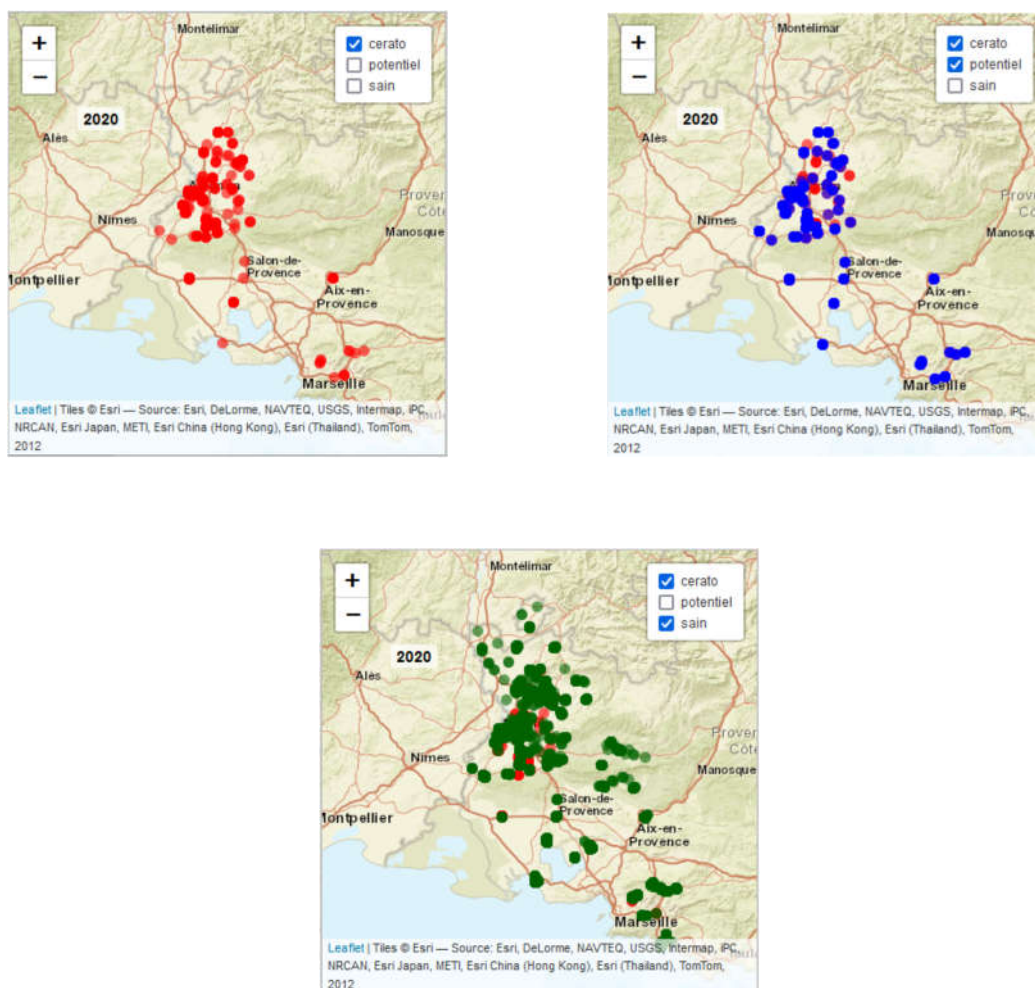


Figure 10 : Situation épidémiologique du chancre coloré du platane en 2020 (source : Fredon PACA). En rouge les arbres « cerato », en bleu les arbres « potentiels » (= dans un rayon de 35 m d'un arbre sain), en vert sombre les arbres « sains ».

3.2.5 Conclusion

Les analyses préliminaires des jeux de données sur la progression de la maladie en PACA révèlent la qualité et l'ampleur du travail réalisé sur une période de temps assez longue. Les résultats fournissent des premières réponses à deux des trois questions posées (comment la maladie progresse-t-elle au cours du temps ? et comment la maladie progresse-t-elle spatialement ?). Des analyses supplémentaires sont nécessaires pour préciser ces réponses. L'effet de l'abattage des arbres sur la progression de la maladie et l'effet de l'environnement sur la vitesse de progression n'ont pas encore été évalués en détail.

Sur l'ensemble de la région PACA, 71 % et 85 % des arbres potentiellement infectés (« potentiels ») sont malades (« cerato ») dans les trois et cinq ans respectivement. Le développement de la maladie dans l'arbre est rapide et sa vitesse de dissémination est élevée, chaque arbre nouvellement malade devenant une source d'inoculum supplémentaire. Il serait

utile de caractériser l'évolution et la dissémination de la maladie selon l'environnement des arbres (prise en compte du scénario-type d'implantation des platanes) sur une période de 5 ans, par exemple, à partir de la période 2002-2006. Cela permettrait de tester l'hypothèse *a priori* d'une vitesse de dissémination plus rapide en milieu aquatique, avec l'idée d'accorder ensuite plus de poids à certains critères dans le cadre de l'AMC. La contrainte de cette analyse est de pouvoir connaître de manière précise l'environnement de chaque arbre, ce qui est une expertise en soi. Il est sans doute possible d'automatiser la caractérisation de chaque emplacement de platane (distance à un cours d'eau, à une route, à une zone urbaine) à partir du moment où les seuils pour caractériser une zone (milieu aquatique, milieu urbain, milieu terrestre non urbain) auront été définis.

En fonction de la vitesse de dissémination, une gestion différenciée de la maladie pourrait être proposée. Dans les analyses de scénarios-types, la vitesse de progression de la maladie pourrait être utilisée pour pondérer certains critères ou pour sélectionner différemment les méthodes de lutte. Si cette vitesse est élevée, les méthodes de lutte qui seront rapides et faciles à mettre en œuvre, seront privilégiées. Si cette vitesse est plus lente, des méthodes de lutte nécessitant plus de temps et moins chères pourront être déployées. La vitesse de dissémination peut aider à définir les zones où une stratégie d'enrayement devra être mise en œuvre. Là où la vitesse de dissémination de la maladie est plutôt élevée une stratégie d'enrayement sera préférable à une stratégie d'éradication qui nécessite des moyens de lutte plus importants. L'élaboration de cette stratégie d'enrayement devra ensuite tenir compte du milieu (bord, d'eau, route, ville) pour identifier les moyens de lutte les plus adaptés à mettre en œuvre.

3.3 AMC : évaluation des actions unitaires et de certaines combinaisons d'actions unitaires.

Vingt-deux actions unitaires (méthodes de lutte ou prophylaxie) ont été identifiées (Cf. Tableau 1). Ces actions unitaires sont de deux ordres : des actions unitaires actuellement opérationnelles, ou des actions unitaires susceptibles d'être utilisées à moyen ou long terme. Elles s'appliquent également dans des contextes différents : par exemple les actions de prophylaxie ont pour objectif d'empêcher ou de limiter la propagation de la maladie et concernent moins le traitement d'un foyer existant. Afin d'aider le gestionnaire dans ses décisions, l'analyse est menée en trois étapes :

- 1) une AMC des actions unitaires actuellement disponibles appelées aussi actions unitaires opérationnelles (soit 11 actions unitaires² sur les 22 listées) afin de pouvoir proposer des stratégies pouvant être déployées immédiatement ;
- 2) une AMC avec l'ensemble des actions unitaires afin d'éventuellement anticiper des modifications de stratégies ;
- 3) une AMC sur la combinaison de différentes actions unitaires en vue de les comparer aux combinaisons mises en œuvre actuellement pour éradiquer *C. platani*.

Dans cette perspective, la gestion d'un foyer a été envisagée comme un enchaînement de mesures de gestion s'inscrivant dans une succession d'étapes : 1) la gestion du platane

² Abattage / Dessouchage / Exportation+désinfection sol (trt trichoderma) / Exportation+désinfection sol (trt chimique) / Plante non hôte / Prophylaxie / Dévitalisation souches (arbres sur pied vivants et souche) / Platanor / Trt chimique spécifique platane (trt parties aériennes) / Trt chimique autres espèces végétales ligneuses (trt parties aériennes) / Microorganismes (biocontrôle)

infecté, 2) la gestion de la souche infectée, 3) la gestion des débris végétaux et 4) le remplacement du platane malade. Les actions unitaires peuvent donc être mises en œuvre dans l'une ou l'autre des quatre étapes. A l'exception de la « Prophylaxie », les actions unitaires sont des actions spécifiques. Elles ne sont pas interchangeables et ne peuvent donc être mobilisées que pour l'une des quatre étapes (Cf. Figures 11 et 12).

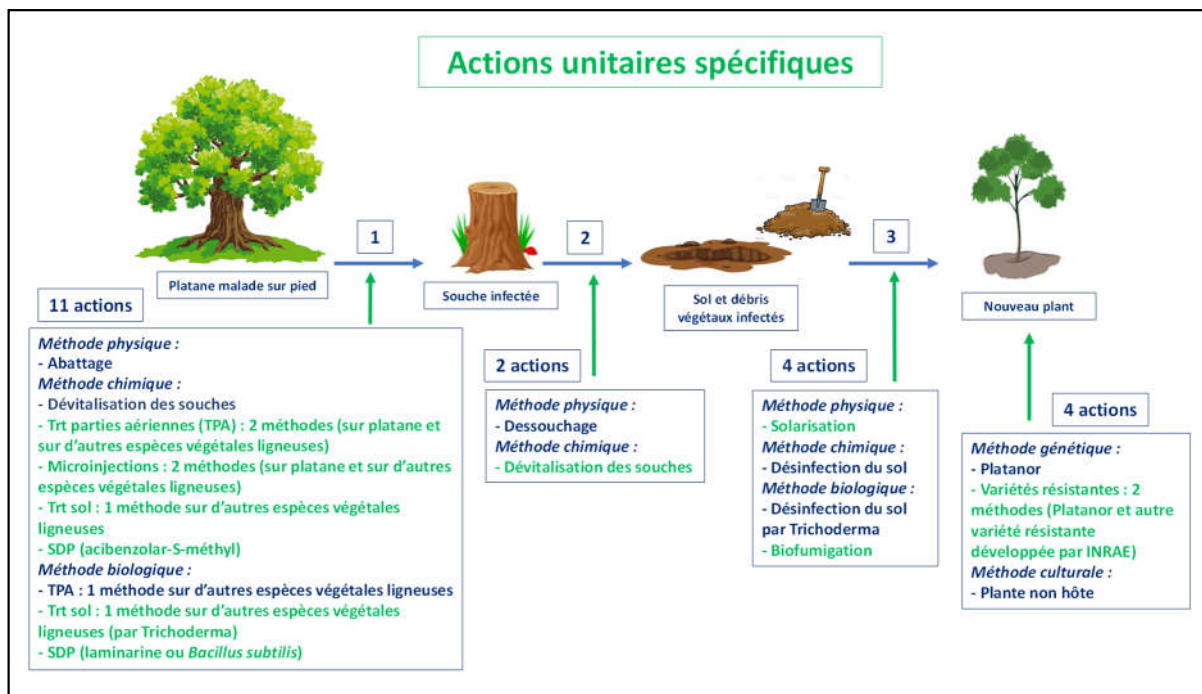


Figure 11 : Positionnement des actions unitaires spécifiques dans la gestion d'un foyer (mention des actions unitaires disponibles en bleu et des actions unitaires non disponibles en vert)

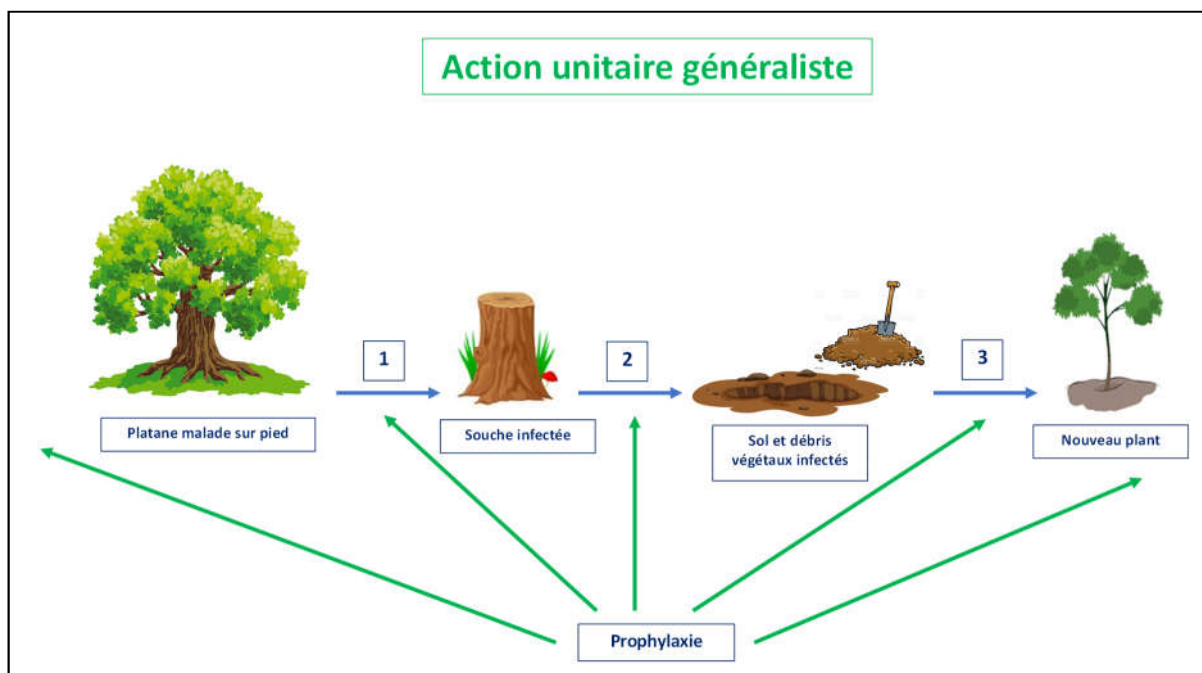


Figure 12 : Positionnement de la prophylaxie dans la gestion d'un foyer

Par ailleurs, l'enjeu visé par le GT était de prendre en compte toutes les méthodes y compris celles pour lesquelles il n'y avait pas de données par manque de connaissance. À ce titre, des valeurs ont été attribuées par dire d'experts aux données manquantes. Une autre approche aurait été de comparer toutes les actions unitaires en éliminant les critères pour lesquels des données sont manquantes. Il est à noter que le nombre d'actions unitaires à comparer joue sur le classement final.

Le GT a cherché dans un premier temps à définir des matrices pour lesquelles les notes attribuées aux actions unitaires pouvaient être différentes selon les scénario-types d'implantation des platanes (milieu terrestre urbain, milieu terrestre non urbain et implantation en bord d'eau). Cette approche s'est révélée inefficace : à l'issue de plusieurs sessions de travail, le GT a conclu qu'il ne disposait pas de suffisamment de faits et d'éléments bibliographiques permettant de créer des matrices clairement différenciées selon les scénarios d'implantation. La solution retenue pour l'application de la méthode PROMETHEE est donc de faire varier les pondérations des critères de notation en fonction des scénarios d'implantation.

3.3.1 Analyse des 11 actions unitaires opérationnelles

La matrice des valeurs des 13 critères pour les 22 actions unitaires répertoriées est présentée dans le Tableau 4. Les valeurs ont été attribuées par consensus à partir des données disponibles identifiées lors de la revue bibliographique et des dossiers de demandes d'autorisation de mise sur le marché de produits phytopharmaceutiques pour les critères Opérationnalité, Efficacité, Durabilité, Praticité, Toxicologie, Ecotoxicologie et Rémanence (Cf. rapport intermédiaire en Annexe 2 ; Cf. Fiches de notation en Annexe 3). Pour les autres critères, les valeurs ont été attribuées par consensus à dire d'experts (Cf. Fiches de notation en Annexe 3). Les 11 actions unitaires opérationnelles sont surlignées en bleu.

Tableau 4 : Matrice type présentant les valeurs des 13 critères pour les 22 actions unitaires identifiées par le GT

	Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Spatiale	Durée	Périodicité	Coût.	Tox	Ecotox.	Ecosyst.	Rémanence	Acceptabilité
Abattage	3	3	3	1	1	2	1	1500	1	1	3	1	1
Dessouchage	3	3	3	1	1	1	1	1000	1	1	2	1	2
Désinfec. sol - Trichod.	3	3	3	1	1	1	1	1000	1	1	1	4	2
Désinfec. sol - trt chim.	3	3	3	1	1	1	1	1000	3	1	1	1	2
Solarisation	2	1	3	1	1	3	2	15	1	3	3	1	2
Biofumigation	1	1	3	2	1	1	2	5	1	3	3	1	3
Plante non hôte	3	3	3	3	3	1	1	100	1	1	1	1	2
Prophylaxie	3	3	3	3	2	1	1	5	3	1	1	1	3
Dévit souches - arbres sur pied	3	3	2	3	1	1	1	5	3	3	3	4	1
Dévit souches - destruct. souches	1	1	2	3	1	1	1	5	3	3	3	4	1
Platanor	3	2	1	3	3	1	1	400	1	1	1	1	3
VarR INRAE	2	1	n/d	3	3	1	1	150	1	1	1	1	3
Autres platanes R	1	1	n/d	3	3	1	1	150	1	1	1	1	3
Platane - TPA	3	2	3	3	2	1	3	5	3	3	3	3	1
Platane - microinj	1	1	3	1	1	2	1	5	2	2	2	4	2
Autres - Tsol (Trichod.)	1	1	3	1	3	1	3	5	1	1	1	4	2
Autres - TPA	3	2	1	3	2	1	2	5	3	3	3	4	1
Autres - microinj	1	1	3	1	1	2	1	5	2	2	2	4	2
Autres - Tsol (chim.)	1	1	3	1	3	1	3	5	3	3	3	4	1
Microorganismes (biocontrôle)	3	1	3	1	3	1	3	5	1	1	1	4	2
SDP - ASM	1	1	3	1	3	1	3	5	2	2	2	3	2
SDP - Lamin-B. subtilis	1	1	3	1	3	1	3	5	1	1	1	4	2

Les paramétrages de Visual PROMETHE sont les suivants :

- La fonction de préférence choisie pour tous les critères (à l'exception du critère « Coût ») est la fonction « U-shape » (car les valeurs à sélectionner sont discrètes)³. Le

³ Si la variable est continue, la fonction « Linear » ou « V-shape » peut être sélectionnée.

choix de la fonction « U-shape » plutôt que de la fonction « Level » est justifié par le fait que la gamme de valeurs étant limitée, l'application à la fois d'un seuil d'indifférence et de préférence a peu de sens en pratique. Dans le cas de la fonction « U-shape », seul un seuil d'indifférence peut être modulé. Pour rappel, le seuil d'indifférence est égal à l'écart-type des écarts entre les valeurs (des alternatives comparées 2 à 2 pour un critère donné). Le sens de variation des critères est la maximisation (plus le critère aura une valeur élevée, plus l'évaluation de la méthode de lutte sera positive) ou la minimisation (plus le critère aura une valeur faible, plus l'évaluation de la méthode de lutte sera positive). Concrètement, le choix de maximiser la valeur du critère a été fait par le GT pour les critères : « opérationnalité », « efficacité », « durabilité », « praticité », et « acceptabilité sociale ». Le choix de minimiser la valeur du critère a été fait par le GT pour les critères : « échelle spatiale », « échelle temporelle – durée », « échelle temporelle – périodicité », « coût », et les 4 critères relatifs aux effets non intentionnels (toxicologie, écotoxicologie, écosystémique et rémanence).

- L'analyse de la matrice-type correspond à une situation où tous les critères ont la même importance (techniquement, la même pondération lors de l'analyse).

Après calcul de la matrice des préférences et des matrices des flux, les résultats sont projetés sur un plan divisé en 4 secteurs, qui permet de visualiser simultanément les 12 critères ayant servi à évaluer les 11 actions unitaires opérationnelles. Le résultat de cette analyse en composantes principales (GAIA) est présenté Figure 13

Les critères sont représentés par un trait de longueur variable qui est relié à l'origine de l'axe des abscisses et des ordonnées. Plus la longueur du trait est élevée plus le critère est discriminant. Par ailleurs, le barycentre des critères (autrement dénommé « Axe de décision ») est représenté par un trait rouge.

Plus les critères sont orientés dans la direction du barycentre des critères, plus ils contribuent à la hiérarchisation des alternatives.

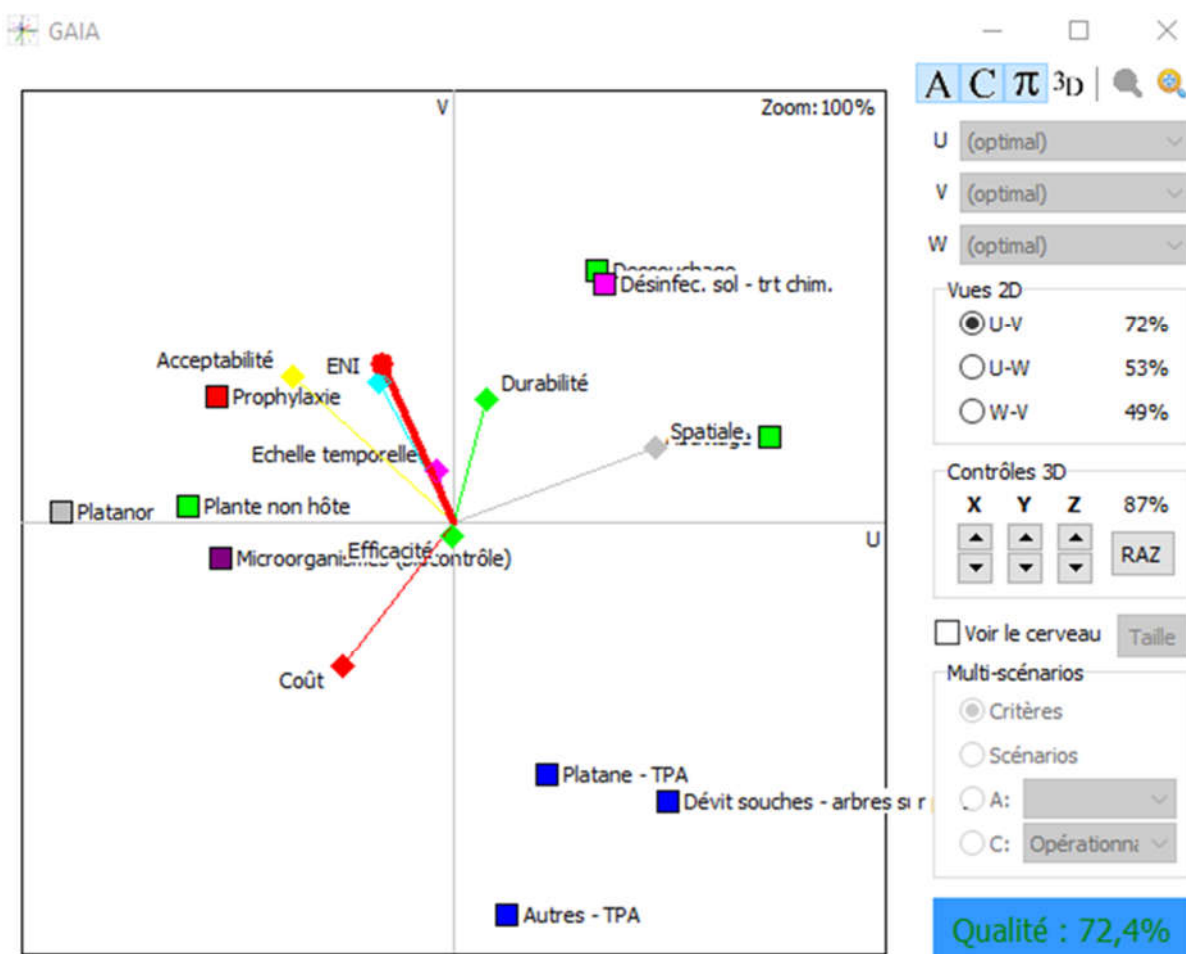


Figure 13 : Analyse ACP réalisée via la fonction « Analyse visuelle GAIA » (Visual PROMETHEE) : projection des 12 critères (critère « Opérationnalité » désélectionné)

Le classement des 11 actions unitaires opérationnelles (par ordre décroissant) lorsque tous les critères ont un poids identique, est le suivant (Cf. Tableau 5 et Figure 14) :

Tableau 5 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles (par ordre décroissant de Phi net) lorsque tous les critères ont un poids identique.

Rang :	Actions unitaires	Phi net	Phi+	Phi-
1	Prophylaxie : prophylaxie - désinfection locaux, structures et matériels	0,2833	0,3750	0,0917
2	Plante non hôte : remplacement des platanes par une plante non hôte	0,2667	0,3500	0,0833
3	Dessouchage	0,1479	0,3169	0,1690
4	Platanor : remplacement des platanes par des Platanor	0,1236	0,3236	0,2000
5	Désinfec. sol - trt chim. : exportation et désinfection du sol par un traitement chimique	0,1145	0,2835	0,1690

6	Désinfec. sol - Trichod. : exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)	0,1145	0,2835	0,1690
7	Abattage : abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération	-0,0673	0,2417	0,3089
8	Microorganismes : produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses – traitement des parties aériennes	-0,1333	0,2083	0,3417
9	Dévit souches - arbres sur pied-souche : Usage consistant en la dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.	-0,1417	0,2083	0,3500
10	Platane – TPA : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes	-0,3167	0,1417	0,4583
11	Autres – TPA : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes	-0,3917	0,1333	0,5250

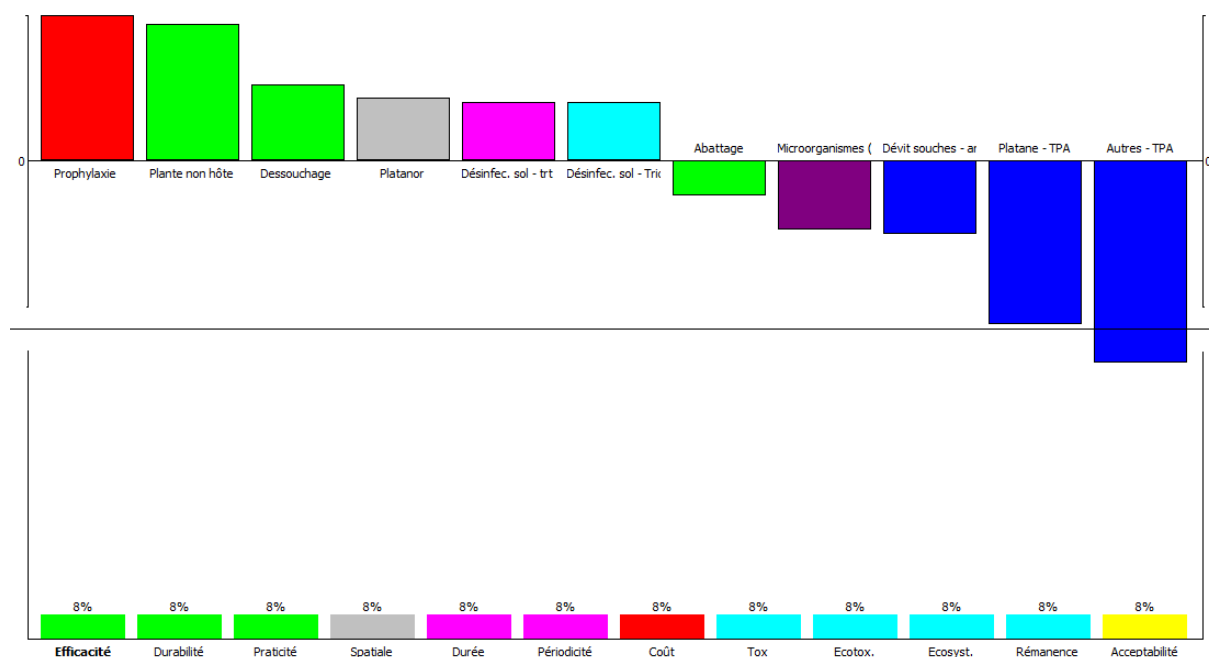


Figure 14 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles sans pondération des critères (walking weights)

Cette première analyse, qui est une sorte de niveau de référence car tous les critères sont considérés avec la même importance, indique que la prophylaxie, les méthodes de lutte basées sur la désinfection du sol contaminé par le champignon *C. platani* (par un traitement chimique ou par application de *Trichoderma*) ou l'élimination du sol traité, ou la plantation de plantes non hôtes ou de la variété Platanor, sont les mieux classées. En revanche, les traitements chimiques des parties aériennes sont mal classés, puis dans une moindre mesure l'abattage simple et la dévitalisation des arbres sur pieds et des souches par méthode chimique.

Ensuite, des poids différents sont attribués aux critères en fonction des trois scénarios retenus :

Scénario d'implantation des platanes en milieu urbain

Pour ce scénario, l'accent est mis sur l'efficacité et la praticité ainsi que l'acceptabilité sociale. Cette pondération est motivée par la prise en compte des contraintes posées pour les interventions en milieu urbain et les contestations potentielles des riverains et municipalités. Le critère de coût n'est pas le plus important (Cf. Tableau 6).

Tableau 6 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en milieu urbain ».

Critère	Pondération
Efficacité	10
Durabilité	3
Praticité	10
Échelle spatiale	3
Échelle temporelle – durée	3
Échelle temporelle – période	3
Coût	3
ENI – tox	5
ENI – écotox	5
ENI – écosystémique	5
ENI – rémanence	5
Acceptabilité sociale	10

Le classement des actions unitaires (par ordre décroissant de Phi net) pour le scénario « implantation en milieu urbain », est le suivant (Cf. Tableau 7 et Figure 15) :

Tableau 7 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu urbain ».

Rang :	Actions unitaires	Phi net	Phi+	Phi-
1	Prophylaxie : prophylaxie - désinfection locaux, structures et matériels	0,3723	0,4415	0,0692
2	Plante non hôte : remplacement des platanes par une plante non hôte	0,3215	0,3892	0,0677
3	Platanor : remplacement des platanes par des Platanor	0,2100	0,3962	0,1862
4	Dessouchage	0,1158	0,3140	0,1982
5	Désinfec. sol - trt chim. : exportation et désinfection du sol par un traitement chimique	0,0850	0,2832	0,1982
6	Désinfec. sol - Trichod. : exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)	0,0850	0,2832	0,1982
7	Abattage : abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération	-0,1157	0,2169	0,3326

8	Dévit souches - arbres sur pied-souche : usage consistant en la dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.	-0,1400	0,2123	0,3523
9	Microorganismes : produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses – traitement des parties aériennes	-0,2031	0,1985	0,4015
10	Platane – TPA : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes	-0,3446	0,1431	0,4877
11	Autres – TPA : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes	-0,3862	0,1385	0,5246

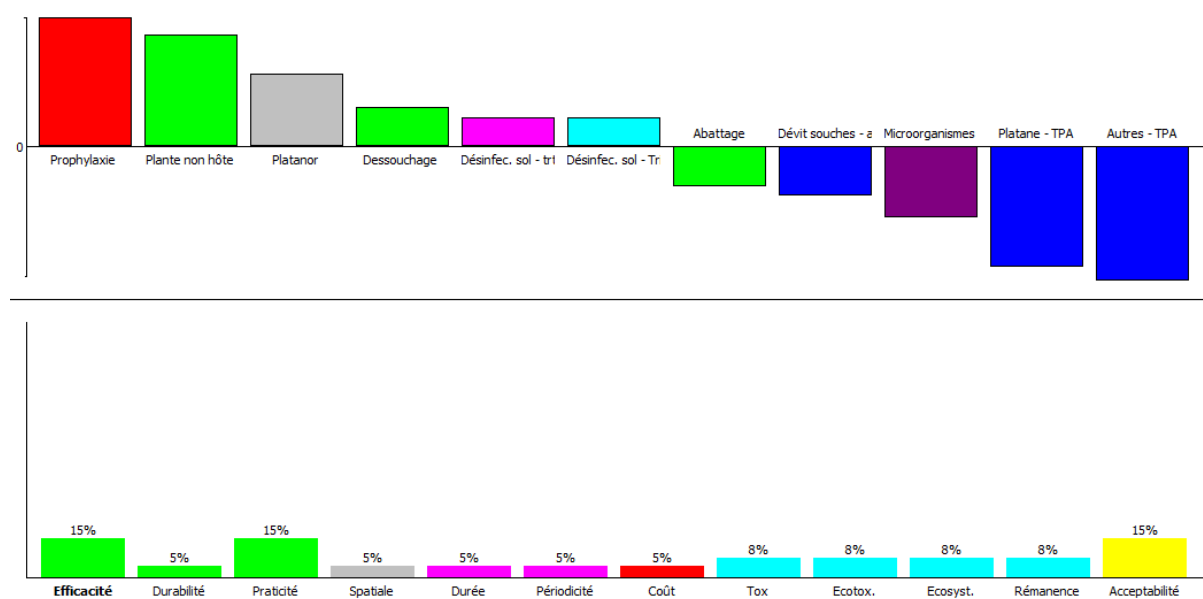


Figure 15 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu urbain »

On note de nouveau une faible préférence pour les méthodes basées sur les traitements chimiques des parties aériennes. Le remplacement des platanes par des plantes non hôtes et la mise en place de méthodes prophylactiques strictes pour limiter la dissémination de la maladie sont préférées.

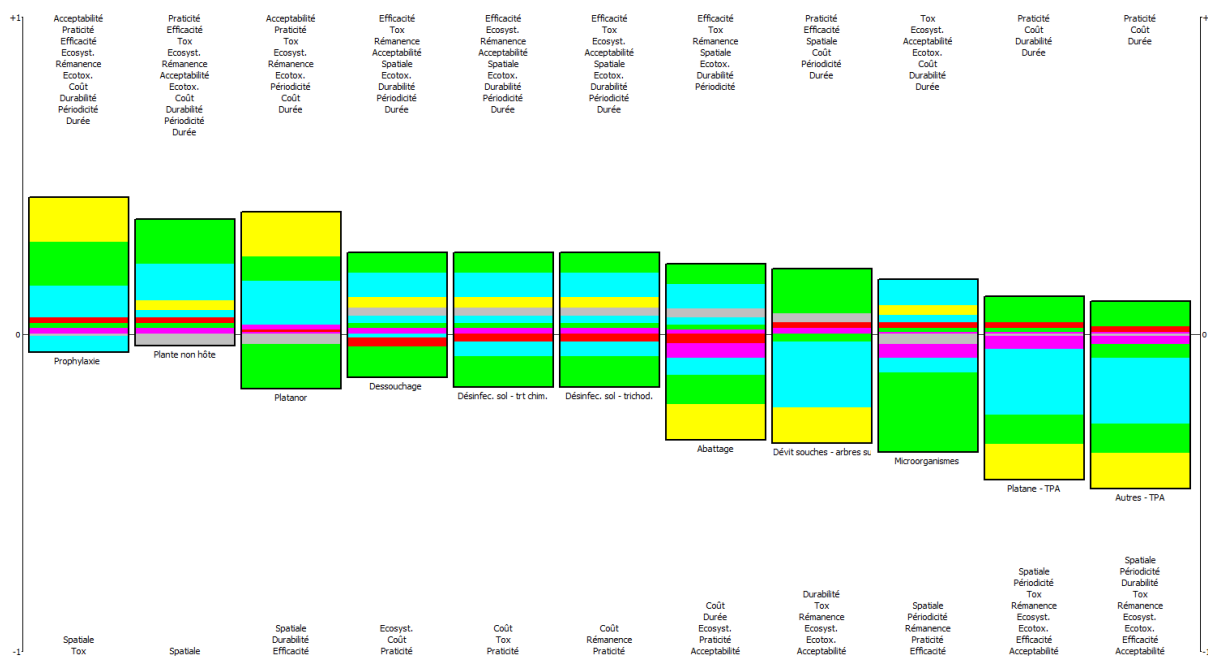


Figure 16 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque action unitaire dans le scénario « implantation en milieu urbain ». Une contribution négative indique que le critère contribue à classer défavorablement une action unitaire. Une contribution positive indique que le critère contribue à classer favorablement l'action unitaire. Les critères les moins contributifs sont mentionnés en-dessous des histogrammes. Les critères les plus contributifs sont mentionnés au-dessus des histogrammes. Les couleurs correspondent aux critères d'évaluation (Cf. Figure 15).

La Figure 16 illustre les raisons de ce classement par l'algorithme PROMETHEE : la prophylaxie bénéficie d'une bonne acceptabilité sociale et d'une évaluation favorable pour les effets toxicologiques non-intentionnels, avec très peu de critères négatifs. L'utilisation de plantes non hôtes bénéficie d'une évaluation favorable pour leur faible effet toxicologique non-intentionnel. La méthode de lutte basée sur l'utilisation de la variété Platanor est moyennement classée car, si elle bénéficie de scores positifs en termes d'effets non intentionnels et d'acceptabilité sociale, un nombre important d'autres critères diminuent son score de préférence. Les méthodes basées sur le traitement des parties aériennes (TPA) sont pénalisées par l'ensemble des critères liés aux effets toxiques non-intentionnels.

Scénario d'implantation des platanes en milieu terrestre (non-urbain)

Pour ce scénario, l'accent est mis sur l'efficacité, la praticité et l'applicabilité à l'échelle spatiale. Le critère de coût est le plus important car il est possible qu'un grand nombre de platanes doivent être retirés (alignements le long des routes, bosquets) (Cf. Tableau 8).

Tableau 8 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en milieu terrestre non-urbain ».

Critère	Pondération
Efficacité	10
Durabilité	3

Praticité	10
Échelle spatiale	10
Échelle temporelle – durée	5
Échelle temporelle – période	5
Coût	20
ENI – tox	5
ENI – écotox	5
ENI – écosystémique	1
ENI – rémanence	1
Acceptabilité sociale	1

Le classement des actions unitaires (par ordre décroissant) pour ce scénario est le suivant (Cf. Tableau 9 et Figure 17) :

**Tableau 9 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario
« implantation en milieu terrestre non urbain ».**

Rang :	Actions unitaires	Phi net	Phi+	Phi-
1	Prophylaxie : prophylaxie - désinfection locaux, structures et matériels	0,2408	0,3461	0,1053
2	Plante non hôte : remplacement des platanes par une plante non hôte	0,2250	0,3329	0,1079
3	Dévit souches - arbres sur pied-souches : usage consistant en la dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.	0,1868	0,3368	0,1500
4	Platanor : remplacement des platanes par des Platanor	-0,0017	0,2312	0,2329
5	Dessouchage	-0,0146	0,2401	0,2547
6	Désinfec. sol - Trichod. : exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)	-0,0198	0,2349	0,2547
7	Désinfec. sol - trt chim. : exportation et désinfection du sol par un traitement chimique	-0,0777	0,2085	0,2863
8	Platane – TPA : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes	-0,0934	0,2421	0,3355

9	Autres – TPA : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois - microinjections	-0,1211	0,2434	0,3645
10	Abattage : abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération	-0,1269	0,2224	0,3493
11	Microorganismes : produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses – traitement des parties aériennes	-0,1974	0,1882	0,3855

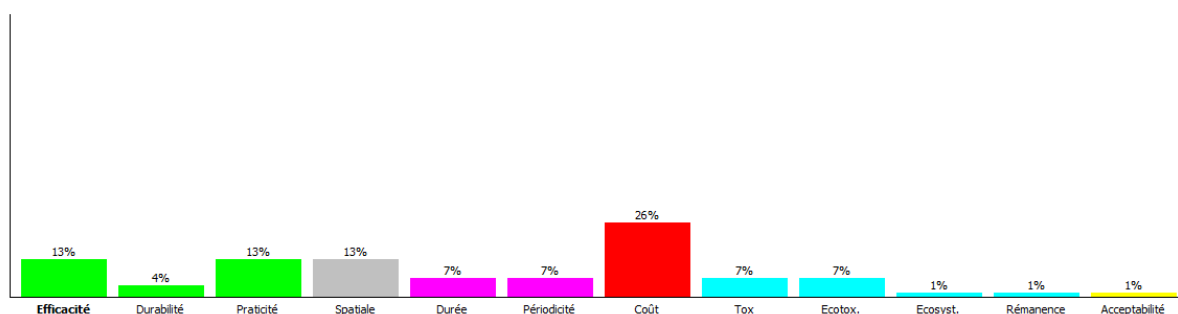
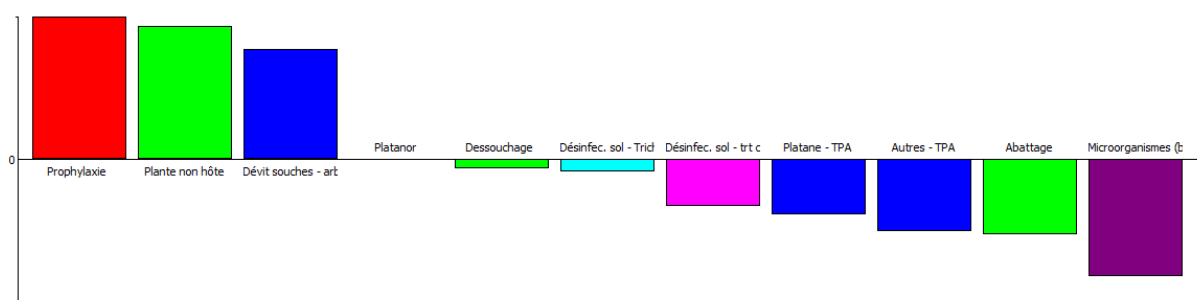


Figure 17 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en milieu terrestre non urbain ».

Un groupe de méthodes préférées émerge clairement : prophylaxie, remplacement par des plantes non hôtes et dévitalisation des souches (arbres sur pieds vivants et souches).

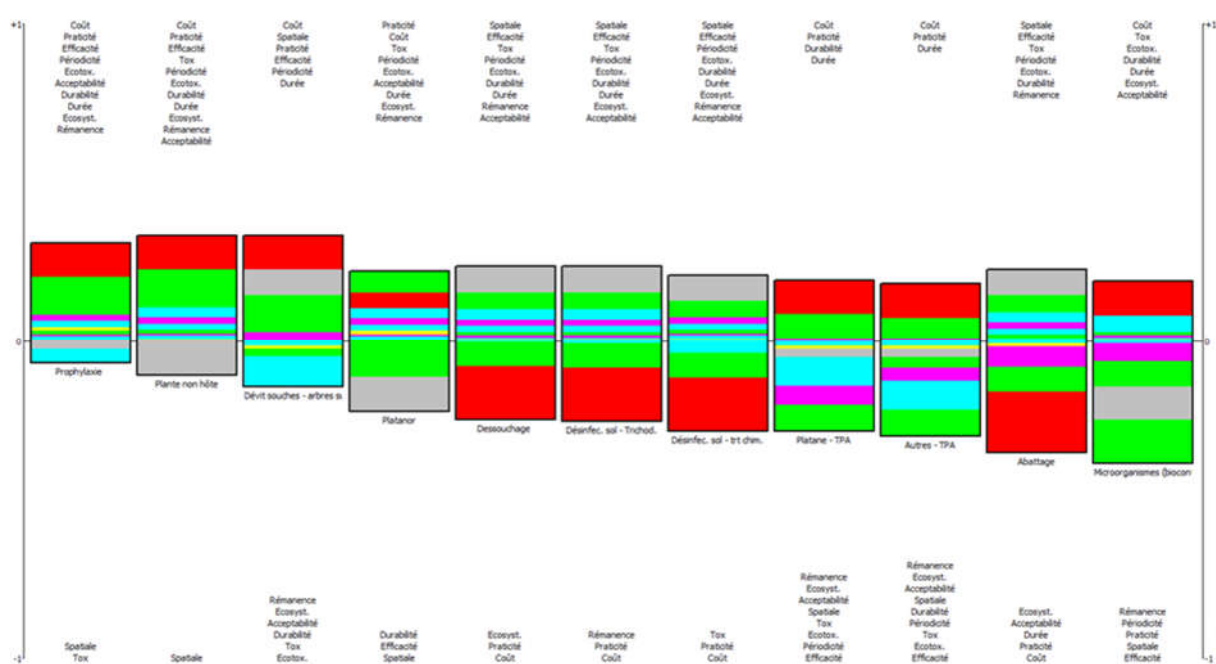


Figure 18 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque action unitaire dans le scénario « implantation en milieu terrestre non-urbain ». Une contribution négative indique que le critère contribue à classer défavorablement une action unitaire. Une contribution positive indique que le critère contribue à classer favorablement l'action unitaire. Les critères les moins contributifs sont mentionnés en-dessous des histogrammes. Les critères les plus contributifs sont mentionnés au-dessus des histogrammes. Les couleurs correspondent aux critères d'évaluation (Cf. Figure 17).

La Figure 18 indique que le classement de ces méthodes comme préférées pour le milieu terrestre non urbain repose sur leur bonne performance en termes de coût, de praticité et d'efficacité. Cela est attendu car ces critères ont été définis comme les plus importants pour ce scénario d'implantation. À noter que la méthode de dévitalisation des souches (arbres sur pied vivants et souches) est légèrement pénalisée par les effets toxicologiques non intentionnels, même si elle est classée en troisième place.

Scénario « implantation des platanes en bord d'eau » (rivière, canal).

Pour ce scénario, les critères de coût, d'efficacité, praticité (potentielles difficultés de mise en place dans des zones peu accessibles) et surtout de minimisation de tous les effets toxicologiques non intentionnels sont les plus importants (Cf. Tableau 10).

Tableau 10 : Pondération des critères pour le scénario « implantation en bord d'eau ».

Critère	Pondération
Efficacité	10
Durabilité	8
Praticité	10
Échelle spatiale	3
Échelle temporelle – durée	3
Échelle temporelle – période	3
Coût	20
ENI – tox	5
ENI – écotox	10
ENI – écosystémique	10
ENI – rémanence	10
Acceptabilité sociale	1

Le classement des méthodes (par ordre décroissant de Phi net) pour le scénario « implantation en bord d'eau » est le suivant (Cf. Tableau 11 et Figure 19) :

Tableau 11 : Classement des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en bord d'eau ».

Rang :	Actions unitaires	Phi net	Phi+	Phi-
1	Plante non hôte : remplacement des platanes par une plante non hôte	0,3645	0,3925	0,0280
2	Prophylaxie : prophylaxie - désinfection locaux, structures et matériels	0,3323	0,3806	0,0484
3	Platanor : remplacement des platanes par des Platanor	0,1148	0,2933	0,1785
4	Désinfec. sol - trt chim. : exportation et désinfection du sol par un traitement chimique	0,0117	0,2457	0,2340
5	Dessouchage	-0,0044	0,2618	0,2662
6	Désinfec. sol - Trichod. : exportation et désinfection du sol par un agent biologique (Trichoderma)	-0,0474	0,2188	0,2662
7	Microorganismes : produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses – traitement des parties aériennes	-0,0613	0,2323	0,2935
8	Dévit souches - arbres sur pied-souche : usage consistant en la dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.	-0,1022	0,2323	0,3344
9	Abattage : abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération	-0,1209	0,2108	0,3317
10	Platane – TPA : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes	-0,968	0,1892	0,3860
11	Autres – TPA : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes	-0,2903	0,1699	0,4602

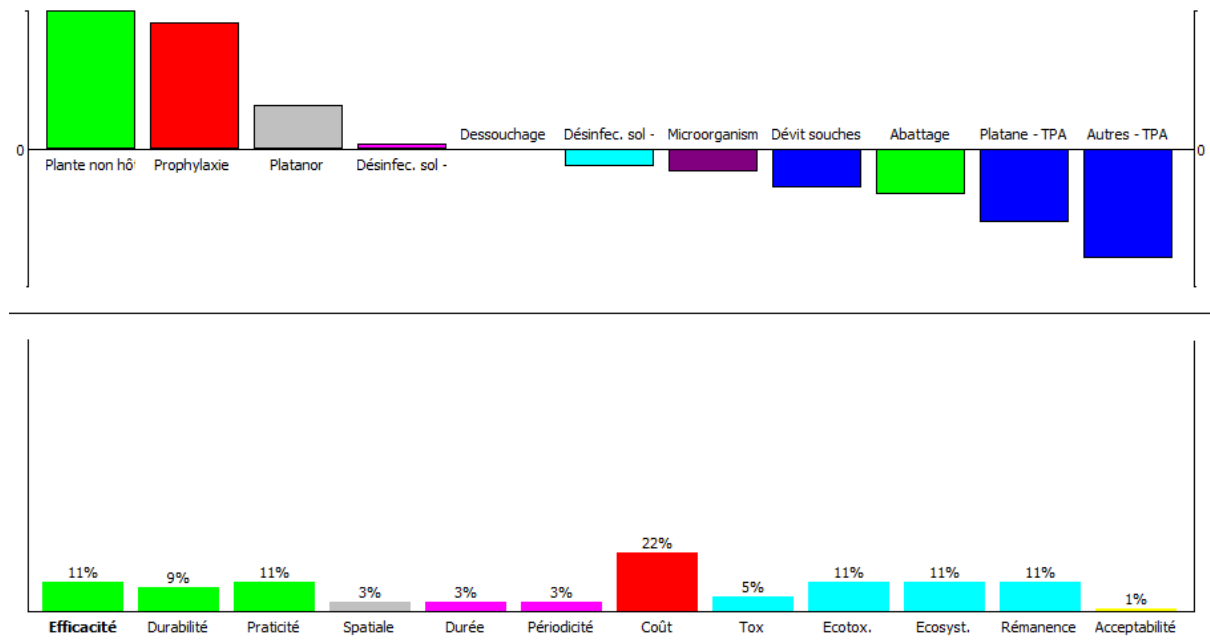


Figure 19 : Hiérarchisation des 11 actions unitaires opérationnelles pour le scénario « implantation en bord d'eau ».

De manière assez similaire aux scénarios précédents, les méthodes basées sur l'utilisation de plantes non hôtes et la prophylaxie sont mieux classées.

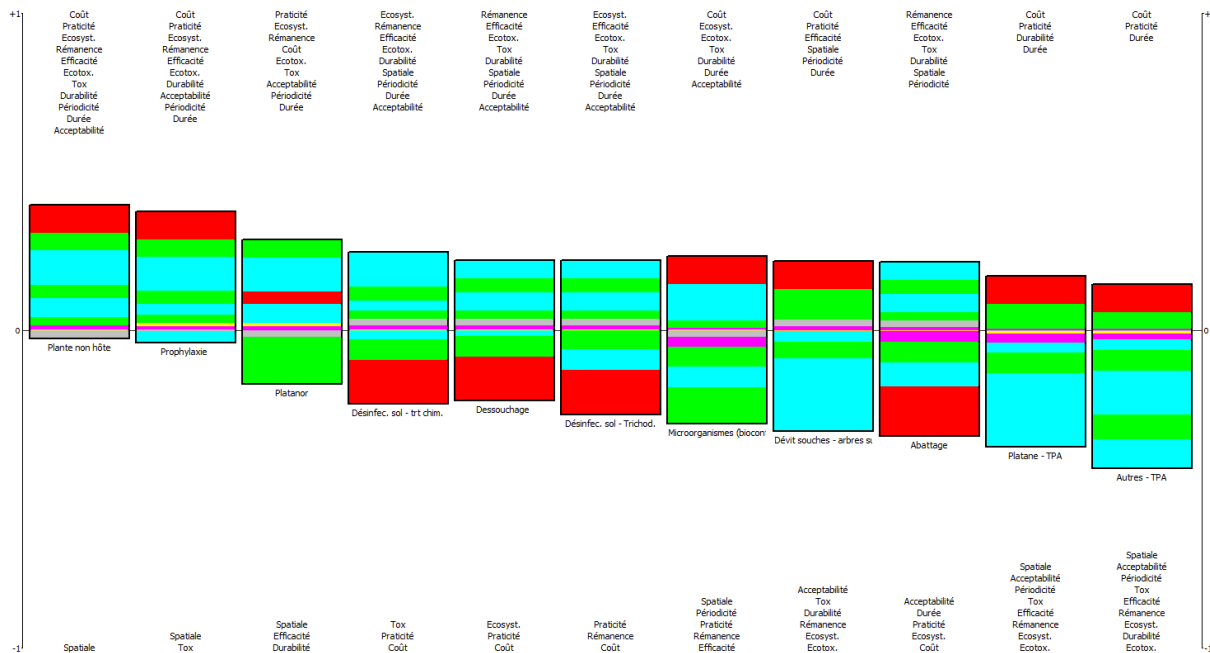


Figure 20 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour chaque méthode de lutte dans le scénario « implantation en bord d'eau ». Une contribution négative indique que le critère contribue à classer défavorablement une action unitaire. Une contribution positive indique que le critère contribue à classer favorablement l'action unitaire. Les critères les moins contributifs sont mentionnés en-dessous des histogrammes. Les critères les plus contributifs sont mentionnés au-dessus des histogrammes. Les couleurs correspondent aux critères d'évaluation (Cf. Figure 19).

La Figure 20 indique que les classements préférés des méthodes « Plantes non hôtes », « Prophylaxie » et « Platanor » sont dus à leur bonne performance pour les critères effets toxicologiques non-intentionnels. Les critères de coûts et de praticité sont également en leur faveur. Les actions unitaires basées sur les traitements des parties aériennes ou sur la dévitalisation des souches par des méthodes de lutte chimique sont pénalisées par les effets non-intentionnels.

3.3.2 Analyse des 22 actions unitaires selon la matrice-type

L'analyse de l'ensemble des actions unitaires pose une série de difficultés. Il ressort en première analyse que le nombre de actions unitaires non renseignées pour leur « efficacité » et/ou leur « durabilité » alors qu'elles sont présentées comme des actions unitaires potentielles, est important. En effet, la plupart de ces actions unitaires n'a pas encore été testée contre le chancre coloré (comme par exemple la méthode de lutte basée sur la microinjection pour laquelle la substance active n'est pas connue). Ce constat a en partie guidé le choix du GT de mener l'AMC, dans un premier temps, sur les seules actions unitaires pour lesquelles l'efficacité est documentée (Cf. ci-dessus) puis, dans un second temps sur l'ensemble des actions unitaires, disponibles et potentielles.

Par défaut, Visual PROMETHEE remplace l'absence de données de notation pour une méthode par la moyenne des écarts des valeurs attribuées pour un critère donné. Cela peut causer un biais dans le classement de préférence des actions unitaires avec des données manquantes. Une alternative peut être d'augmenter les seuils d'indifférence afin de considérer que 2 valeurs proches sont similaires pour prendre en compte l'incertitude. Pour cette approche, il est recommandé que la gamme de valeurs soit plus étendue (passer par exemple d'une gamme de 1 à 3 à une gamme de 1 à 5) pour un critère donné, afin que les comparaisons des actions unitaires aient du sens et permettent ainsi de mieux hiérarchiser les actions unitaires de lutte entre-elles (discrimination plus importante des actions unitaires). À noter que si un critère est peu renseigné, il convient de l'écarter de l'analyse. Mais dans ce dernier cas, il aurait été paradoxal de retirer le critère « Efficacité » de l'AMC. Enfin, la possibilité de réaliser un test de sensibilité est envisagée, en remplaçant la donnée manquante par l'une des valeurs que peut prendre le critère (ex : 1, 2 ou 3 pour le critère « Efficacité ») pour vérifier si la position d'une méthode de lutte particulière par rapport aux autres actions unitaires, est modifiée ou non.

Après avis et pour réduire le plus possible le nombre de données manquantes dans la matrice de notation, le GT a considéré qu'il convient d'attribuer des valeurs, à dire d'experts, au critère « Efficacité » pour les actions unitaires potentielles.

Les paramètres de l'analyse des 22 actions unitaires, concernant les fonctions de préférences et les critères à maximiser ou minimiser sont identiques à ceux de l'analyse portant sur les 11 actions unitaires opérationnelles. Ainsi, tous les critères ont la même importance.

Les 22 actions unitaires et les 13 critères sont projetés sur un plan divisé en quatre secteurs. Comme attendu, cette analyse est moins performante car elle intègre un nombre supérieur de actions unitaires. La projection du nuage multidimensionnel sur le plan est donc plus difficile et comprend moins d'information.

Le résultat de l'ACP est présenté dans la Figure 21. Les principaux enseignements qui ressortent sont les suivants :

- Les critères « échelle spatiale », « échelle temporelle – périodicité » et « Acceptabilité sociale » sont discriminants ;
- Les critères « opérationnalité », « praticité », « échelle temporelle – périodicité » et « coût » sont discriminants dans une moindre mesure ;
- Les critères « efficacité », « durabilité » et « ENI – rémanence » sont peu discriminants ;
- Les critères contribuant le plus au classement des alternatives sont : « ENI – écotox », « ENI – tox », « ENI – écosystémique », « Acceptabilité sociale », « efficacité », « durabilité », « opérationnalité » et « ENI – rémanence » ;
- Les critères contribuant dans une moindre mesure au classement des alternatives sont : « praticité » et « échelle temporelle – périodicité ».

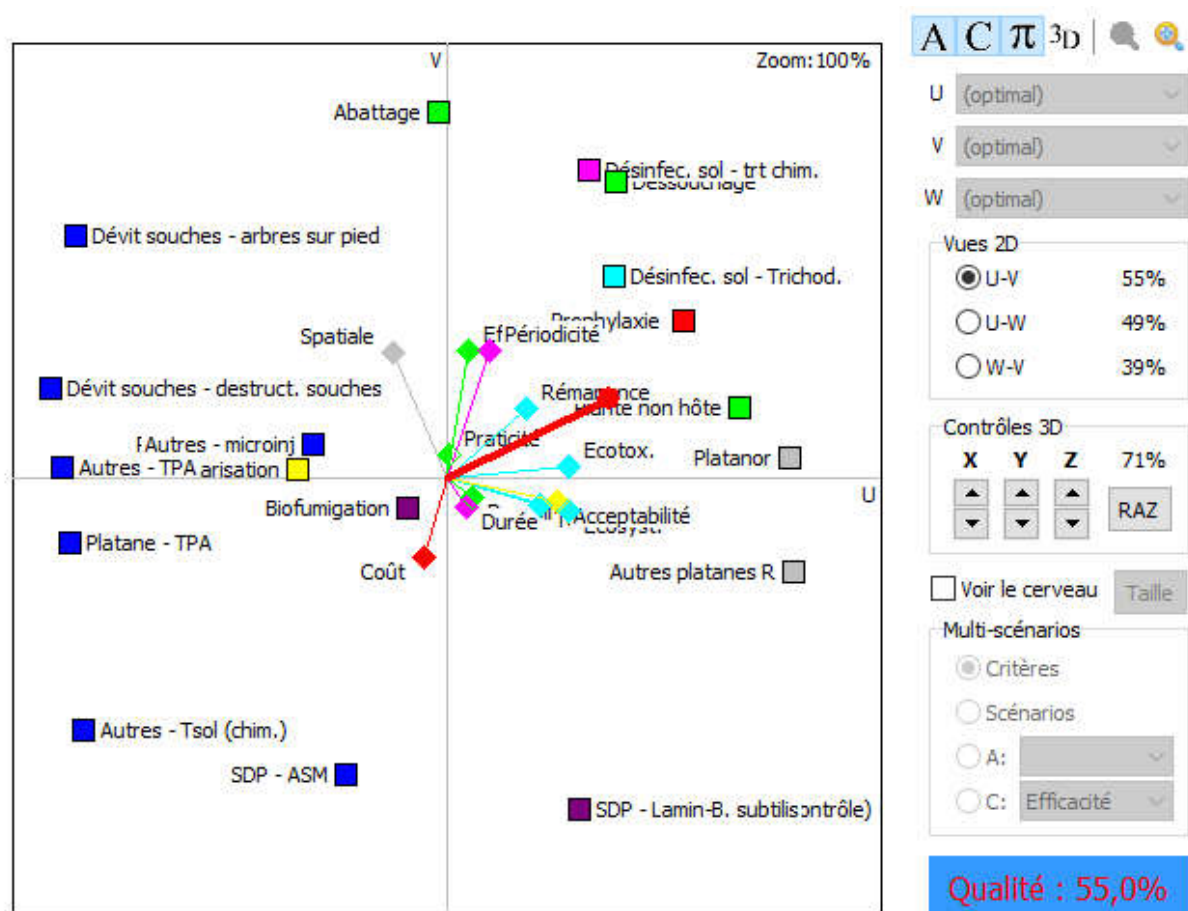


Figure 21 : Analyse ACP réalisée via la fonction « Analyse visuelle GAIA » (Visual PROMETHEE) : projection des 22 critères

Le classement obtenu des 22 actions unitaires sans pondération des critères est présenté dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Classement des 22 actions unitaires

Rang :	Actions unitaires	Phi net	Phi+	Phi-
1	Prophylaxie : prophylaxie - désinfection locaux, structures et matériels	0,3333	0,4325	0,0992
2	Plante non hôte : remplacement des platanes par une plante non hôte	0,3214	0,3929	0,0714
3	VarR INRAE : variété résistante de <i>Platanus x acerifolia</i> (INRAE) autre que Platanor	0,2688	0,3601	0,0913
4	Autres platanes R : autres variétés de platanes résistants	0,2688	0,3601	0,0913
5	Platanor : remplacement par des Platanor	0,2494	0,4001	0,1508
6	Dessouchage	0,1901	0,3572	0,1671
7	Désinfec. sol - Trichod. : exportation et désinfection du sol par un agent biologique (<i>Trichoderma</i>)	0,1584	0,3255	0,1671
8	Désinfec. sol - trt chim. : exportation et désinfection du sol par un traitement chimique	0,1465	0,3334	0,1869
9	Biofumigation	0,0794	0,3214	0,2421
10	Abattage : abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) – incinération	-0,0122	0,2897	0,3019
11	Autres – Tsol : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol	-0,0556	0,1984	0,2540
12	Microorganismes : produit de biocontrôle autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses – traitement des parties aériennes	-0,0556	0,1984	0,2540
13	SDP - <i>Lamin-B. subtilis</i> : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses sur des usages de stimulation de défense des plantes – traitement des parties aériennes	-0,0556	0,1984	0,2540
14	Dévit souches - arbres sur pied-souche : usage consistant en la dévitalisation des arbres sur pied vivants et des souches pour couper le cycle du parasite, pour éviter les repousses.	-0,1071	0,2341	0,3413
15	Platane – microinj : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois - microinjections	-0,1151	0,2302	0,3452

16	Autres – microinj : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois - microinjections	-0,1151	0,2302	0,3452
17	Solarisation	-0,1349	0,2143	0,3492
18	Dévit souches - destruct. souches : usage consistant en la destruction des souches afin de prévenir l'apparition de rejets ou de drageons.	-0,2063	0,1746	0,3810
19	Platane – TPA : produit autorisé sur platane contre d'autres maladies du bois mais non spécifique pour la lutte contre <i>Ceratocystis platani</i> – traitement des parties aériennes	-0,2262	0,1825	0,4087
20	SDP-ASM : produit de stimulation de défense des plantes à base d'acibenzolar-s-méthyl (actuellement aucun produit n'est autorisé pour lutter contre <i>Ceratocystis platani</i>)	-0,2302	0,1587	0,3889
21	Autres – TPA : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement des parties aériennes	-0,2778	0,1905	0,4683
22	Autres – Tsol : produit autorisé sur d'autres espèces végétales ligneuses contre d'autres maladies du bois – traitement du sol	-0,4246	0,0476	0,4722

D'une manière générale, le classement des actions unitaires est cohérent avec les analyses précédentes. Qu'elles soient opérationnelles ou potentiellement disponibles à moyen (ou long) terme, les actions unitaires qui ne sont pas basées sur l'utilisation de la lutte chimique sont mieux classées. Il est aussi notable que les actions unitaires pour lesquelles l'opérationnalité est jugée moyenne à faible ne sont pas parmi les mieux classées (Cf. Figure 22).

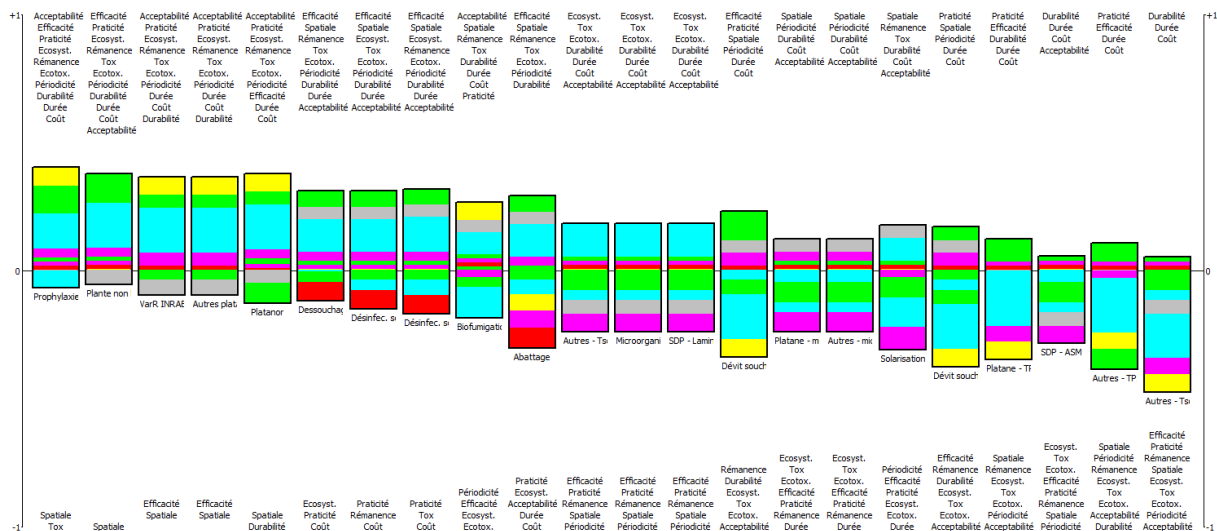


Figure 22 : Visualisation des contributions des critères au score de préférences (Phi net) pour les 22 actions unitaires identifiées, lorsque tous les critères ont la même pondération. Une contribution négative indique que le critère contribue à classer défavorablement une action unitaire. Une contribution positive indique que le critère contribue à classer favorablement l'action unitaire. Les critères les moins contributifs sont mentionnés en-dessous des histogrammes. Les critères les plus contributifs sont mentionnés au-dessus des histogrammes. Les couleurs correspondent aux critères d'évaluation (Cf. figure 19).

Les AMC des 22 actions unitaires pour les trois scénarios types d'implantation ont été également réalisées. Les résultats détaillés ne sont pas présentés ici. Les points principaux sont discutés dans la partie « synthèse » de ce rapport.

3.3.3 Analyse de la combinaison de certaines actions unitaires

Afin d'identifier des itinéraires de gestion applicables à court terme et acceptables par le gestionnaire, le GT a cherché à comparer certaines combinaisons des actions unitaires opérationnelles les mieux classées lors de l'AMC.

Le GT a ainsi retenu les actions unitaires suivantes : prophylaxie, abattage, dessouchage, implantation de plantes non hôte, implantation de Platanor, désinfection du sol par un traitement chimique et, désinfection du sol par l'application de *Trichoderma*.

Les combinaisons de méthodes envisagées sont donc les suivantes :

- Prophylaxie – abattage – dessouchage + désinfection du sol (par *Trichoderma*) ;
- Prophylaxie – abattage – dessouchage + désinfection du sol (par traitement chimique) ;
- Prophylaxie – abattage – dessouchage + replantation de plante non hôte ;
- Prophylaxie – abattage – dessouchage + replantation de Platanor.

Ces combinaisons ont été comparées à la combinaison mise en œuvre dans le cadre de la stratégie d'éradication (Prophylaxie – abattage – dessouchage).

La matrice d'évaluation des combinaisons d'actions unitaires a été complétée pour les 13 critères en cumulant les valeurs attribuées aux actions unitaires pour le critère « Coût » (car ce critère prend des valeurs cumulables) et en attribuant la valeur de l'action unitaire la moins bien évaluée (situation du « pire cas ») pour les 12 autres critères.

La matrice ainsi obtenue est peu discriminante car elle lisse les différences d'évaluation obtenues lors de la comparaison individuelle des actions unitaires. A cette étape, il ressort que le critère « Coût » est le seul critère qui permet de classer les différentes combinaisons envisagées. Le critère « Durabilité » permet de différencier l'itinéraire de gestion basé sur l'implantation de la variété Platanor des autres itinéraires, car il est jugé moins durable.

3.4 Synthèse

L'analyse des données épidémiologiques collectées en PACA, permet de tirer quelques conclusions fortes :

- Les platanes « potentiels » c'est-à-dire situés à moins de 35 mètres d'un platane diagnostiqué malade du CCP (et abattu) sont à leur tour diagnostiqués malades en général dans les trois à quatre années suivantes (80% des cas).
- La dissémination de la maladie par des actions anthropiques ne fait plus de doute : il n'est pas possible d'observer le schéma actuel de développement de la maladie en se fondant sur une hypothèse de dissémination uniquement par les eaux. C'est ce que suggère l'apparition de foyers sporadiques à distance de la zone épidémique.
- La stratégie d'éradication basée sur l'abattage et le dessouchage des arbres malades n'a pas pleinement porté ses fruits. Dans les zones de forte contamination originale, autour de Carpentras et dans la plaine des Sorgues, il est actuellement observé très peu de platanes malades mais cela est probablement dû à la suppression de cette espèce dans cette zone. En revanche, la maladie a continué à s'étendre dans les Bouches-du-Rhône, et vers le nord en direction de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Ces points sont en cohérence avec la situation rapportée, plus partiellement, en Occitanie. Dans cette région, la situation le long du Canal du Midi semble contrastée entre le versant méditerranéen et le versant atlantique jusqu'à Toulouse. Par contre, d'importantes contaminations en zones semi-sauvages ont été rapportées dans le bassin versant de l'Agout et de la Garonne. Similairement à la situation en PACA, le patron de dissémination de la maladie doit très probablement mettre en jeu des actions anthropiques. Les apparitions sporadiques du CCP en région parisienne ou à Nantes sont également probablement dues à des contaminations en lien avec l'activité humaine.

Par manque de temps et en raison de la complexité des analyses à faire, il n'a pas été possible d'évaluer précisément si la dissémination le long des routes est plus ou moins rapide qu'en bord d'eau ou en milieu urbain en région PACA. Toutefois, une analyse préliminaire basée sur le temps entre exposition (arbre dans un rayon de 35 m d'un arbre symptomatique) et déclaration de la maladie suggère qu'il n'y a pas de différence majeure de vitesse de propagation entre les milieux. Il est par ailleurs extrêmement difficile de savoir si la mesure actuelle d'abattage dans un rayon de 35 mètres autour d'un platane malade est suffisante et pourrait faire l'objet d'une minoration ou d'une majoration. Cette mesure peut limiter ou abolir la contamination de proche en proche mais ne peut pas empêcher une dissémination, ponctuelle, à plus longue distance, que ce soit par les eaux ou des actions anthropiques.

Trois types de scénarios pour l'implantation de platanes ont été définis, qui sont retenus pour la zone d'épidémie et pour la zone de front de l'épidémie. Ce sont des implantations en milieu urbain (place de villages, alignements le long des avenues, parkings, etc..), des

implantations en milieu terrestre non urbains (typiquement le long des routes et des bosquets isolés), enfin les implantations en bord d'eau, sans faire la différence entre eaux courantes et canaux. Les experts ont pensé que ces types d'implantation pouvaient faire l'objet de mesures de lutte différenciées en vue de l'enrayement. **Les experts considèrent également que, quel que soit le type d'implantation, les foyers sporadiques qui se déclarent hors de la zone épidémique ou de la zone de front de l'épidémie devraient faire l'objet de mesures d'éradication selon la réglementation actuelle.**

Les membres du GT ont considéré 22 actions unitaires parmi la panoplie des différents types de lutte connus : lutte chimique, lutte physique, lutte génétique, pratique culturale, etc. Parmi ces 22 actions unitaires, 11 d'entre elles sont utilisables immédiatement. Treize critères permettant de prendre en compte les multiples dimensions de la mise en œuvre et les conséquences de ces actions unitaires ont été définis : critères de coûts, de facilité de mise en œuvre à différents niveaux (temps, spatialité), critère d'acceptabilité sociale, critères relatifs aux aspects toxico/éco-toxicologiques, etc.

Les membres du GT soulignent le peu de connaissances disponibles sur l'agent pathogène et l'étiologie de la maladie, ainsi que sur les molécules actives ou les traitements possibles autorisés pour lutter contre le CCP. Compte tenu de ces incertitudes, les gammes de valeurs pour les notations des différentes méthodes de lutte pour 12 des 13 critères envisagés sont réduites (faible/moyen/fort). De fait, les experts ont privilégié une approche prudente sans accroître de manière excessive les écarts entre les méthodes en l'absence de données concrètes. **Le manque de connaissance est donc un point critique qui obère la mise en place immédiate de stratégies raisonnées et efficaces.**

Un classement des préférences relatives des différentes actions unitaires a été réalisé par Analyse Multicritère (AMC) en utilisant l'algorithme PROMETHEE via le logiciel Visual PROMETHEE. Pour les 11 actions unitaires opérationnelles, l'AMC a été réalisée dans chacun des trois scénarios d'implantation des platanes afin de concevoir des itinéraires de gestion pouvant être mis en place à court terme en les combinant. Pour l'ensemble des 22 actions unitaires, l'analyse a été réalisée également pour chacun des trois scénarios d'implantation, en considérant que les incertitudes sur les notations des critères pour les méthodes de lutte ne bénéficiant pas d'autorisation de mise sur le marché ou non disponibles actuellement sont identiques dans les trois cas. Enfin, différentes combinaisons des actions unitaires les mieux classées dans les analyses précédentes ont été comparées.

Pour les 11 actions unitaires opérationnelles, les actions unitaires basées sur la prophylaxie et le remplacement des platanes par des plantes non hôtes sont préférées pour les trois types d'implantation des platanes (Cf. Figure 23). « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes » sont clairement préférées pour le scénario en bord d'eau. L'implantation en milieu terrestre non urbain ayant des pondérations de critères un peu différentes pour les effets non intentionnels, on remarque que l'action unitaire « Dévitalisation des arbres sur pied vivant et des souches » est classée assez proche des deux méthodes précitées.

Compte tenu des incertitudes sur les notations, les actions unitaires sont assez peu différenciées (deux actions unitaires étant même totalement superposées), même si le classement est clair pour les deux ou trois actions unitaires préférées pour chaque type d'implantation.

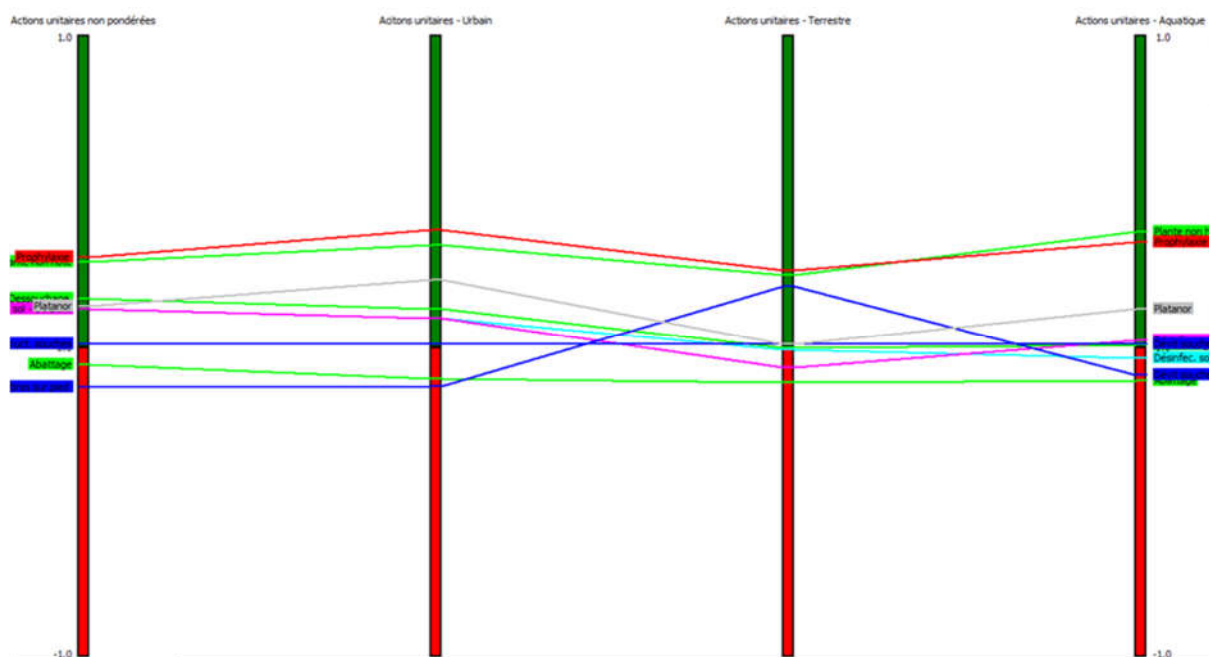


Figure 23 : Comparaison des préférences relatives des actions unitaires opérationnelles pour les trois scénarios d'implantation des platanes « Actions unitaires - Urbain », « Actions unitaires - Terrestre » et « Actions unitaires - Aquatique » ainsi qu'avec le scénario sans pondération des critères noté « Actions unitaires non pondérées »

En conséquence, le classement relatif des actions unitaires opérationnelles révèle l'absence d'alternatives à l'approche « Abattage » et « Plantes non hôtes » / « Prophylaxie » pour lutter contre le champignon, et ce dans les trois scénarios d'implantation des platanes.

La Figure 24 compare les différents classements des actions unitaires entre les scénarios lorsque l'ensemble des actions unitaires est considéré, que ce soit les actions unitaires opérationnelles ou les actions unitaires possiblement disponibles à moyen et long terme.

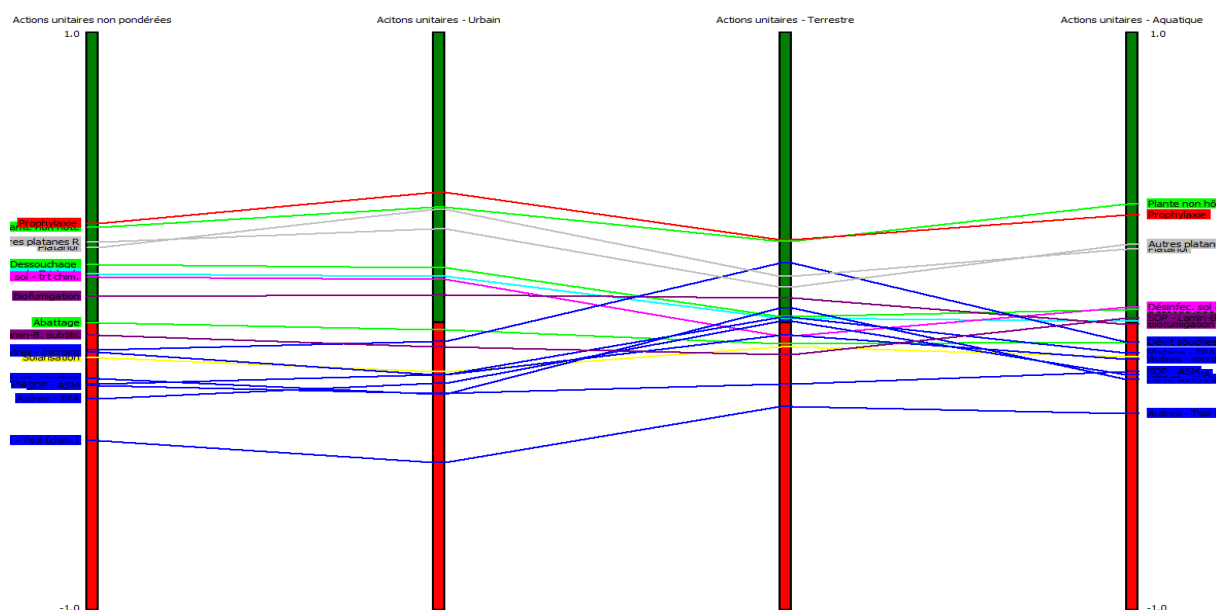


Figure 24 : Comparaison des préférences relatives des 22 actions unitaires identifiées pour les trois scénarios d'implantation des platanes « Actions unitaires - Urbain », « Actions unitaires - Terrestre » et « Actions unitaires – Aquatique » ainsi qu'avec le scénario sans pondération des critères noté « Actions unitaires non pondérées »

Un profil de classement similaire à celui obtenu avec le sous-ensemble des 11 actions unitaires opérationnelles est observé : les deux méthodes les mieux classées par l'AMC pour les trois scénarios sont « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes » et les méthodes les moins bien classées sont celles basées sur la lutte chimique. On remarque également, en cohérence avec les pondérations des critères choisis, que les méthodes basées sur la lutte chimique sont mieux classées dans le scénario d'implantation « milieu terrestre non urbain ». **Dans une optique future, il est notable de constater que les méthodes basées sur la lutte génétique (« Platanor », « Autres platanes résistants » et « variété R INRAE ») arrivent immédiatement après les deux méthodes opérationnelles préférées, même si certaines des méthodes basées sur la lutte génétique ne sont pas encore disponibles. Les méthodes de désinfection de sols, opérationnelles ou non, bénéficient également de préférences positives.**

4 Conclusions du groupe de travail et perspectives

Au terme de ce travail, les membres du GT considèrent que les méthodes utilisées et les résultats produits par le GT (analyse des données épidémiologiques/exploitation de la BD SIG de PACA et AMC avec une pondération des critères adaptée aux 3 scénarios-types d'implantation des platanes - milieu urbain, milieu terrestre non-urbain, implantation en bord d'eau) ont permis de structurer la réflexion sur les méthodes de lutte et de tester des hypothèses épidémiologiques. **Toutefois, les experts soulignent que le manque de données existantes par suite d'efforts de recherche insuffisants (au niveau français et européen) sur ce pathosystème, et le manque de données expérimentales visant à comparer des méthodes de lutte, sont des handicaps sérieux pour proposer des stratégies d'enrayement fondées sur des faits.**

4.1 Conclusions

Après une analyse détaillée de 22 actions unitaires dont 11 actions unitaires sont actuellement opérationnelles, ayant tenu compte des données d'épidémiologie les plus récentes et les plus détaillées (obtenues en région PACA et particulièrement Vaucluse et Bouches-du-Rhône), et ayant défini une gamme large et variée de critères pour évaluer ces actions unitaires, le GT propose quelques conclusions pour le déploiement d'une possible stratégie d'enrayement en région PACA et Occitanie.

La comparaison d'itinéraires de gestion basés sur la combinaison de certaines actions unitaires opérationnelles généralement bien classées (« Prophylaxie/abattage/dessouchage » + « désinfection du sol (par traitement chimique ou par *Trichoderma*) » ou « plante non hôte » ou « Platanor »), quel que soit le scénario considéré (milieu urbain, milieu terrestre non urbain ou milieu en bord de cours d'eau), montre que le critère « Coût » est le critère le plus discriminant des 13 critères, en l'absence de données complémentaires permettant d'évaluer plus finement les méthodes sur les autres critères. La règle de notation des combinaisons d'actions unitaires pour les 12 autres critères reposant sur la sélection, pour chaque critère, de la note la moins favorable attribuée à l'une des actions unitaires composant les différentes combinaisons analysées, atténue les différences observables entre les combinaisons d'actions unitaires. Le GT tient cependant à souligner que même si l'évaluation de l'efficacité des combinaisons d'actions unitaires demeure difficile à réaliser, il est raisonnable de penser que la combinaison d'actions permettra d'obtenir de meilleurs résultats en termes de lutte contre *C. platani*.

Au-delà du critère « coût », pour affiner la comparaison des combinaisons en fonction des contextes d'implantation des platanes, il serait possible de réévaluer les actions unitaires composant ces combinaisons en fonction des 3 scénarios pris en compte par le GT. Par exemple, dans le cas d'une implantation en bord d'eau, il conviendrait de sélectionner les combinaisons privilégiant les actions unitaires ne reposant pas sur l'usage de traitement chimique, les méthodes chimiques étant mal classées pour ce scénario.

Dans l'immédiat, la première étape d'une stratégie d'enrayement repose sur la mise en place de mesures prophylactiques réglementaires fortes pour enrayer la diffusion de la

maladie. Les mesures prophylactiques arrivent en tête des classements des actions unitaires intégrant tous les critères dans toutes les situations d'implantation des platanes. L'application des mesures de désinfection des outils de coupe et de débroussaillage/élagage des platanes qui sont obligatoires sur l'ensemble du territoire doit être rappelée dans le cadre de la gestion de platanes, présents dans les régions contaminées ou encore préservées du chancre colorée. D'autres mesures prophylactiques qui contribuent à limiter la dissémination du champignon d'origine anthropique, pourraient être mises en place telles que la certification de l'élimination des déchets (p.ex. absence de résidus de sols ou de débris végétaux) et la désinfection des véhicules de travaux publics lorsqu'ils circulent d'une région contaminée par le CCP (PACA, Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes) vers une région qui n'est pas considérée au front de l'épidémie.

Cette stratégie de prophylaxie pourrait être accompagnée de la stratégie de remplacement des platanes infectés (abattus et dessouchés) par des plantes non hôtes, quel que soit le site d'implantation des platanes (milieu urbain, milieu terrestre non urbain, bord d'eau). En effet, le déploiement de la stratégie « Plantes non hôtes » ou « Platanor » apparaît comme une solution satisfaisant les différents critères, en comparaison des autres méthodes de lutte évaluées. Conformément à la réglementation actuelle, cette stratégie est une combinaison de méthodes de surveillance et de lutte comportant la détection des platanes malades, leur abattage et l'élimination des déchets, le dessouchage physique et la replantation d'espèces ligneuses non affectées par *Ceratocystis platani* et d'autres agents pathogènes ou ravageurs de lutte obligatoire (p.ex. *Xylella fastidiosa*).

En l'absence de données plus précises sur l'évolution du statut des platanes exposés (les platanes immédiatement voisins d'un platane infecté vs les platanes distants dans un rayon de 35 m) selon leur positionnement par rapport à un foyer, il est difficile de se prononcer définitivement sur l'obligation d'abattage/arrachage des platanes dans un rayon de 35 mètres autour d'un platane contaminé dans le cadre d'une stratégie d'enrayement ou sur la réduction de la zone d'abattage aux platanes situés de part et d'autre d'un platane contaminé par exemple.

De manière plus spécifique, l'AMC suggère qu'une stratégie d'enrayement possible en milieu terrestre non urbain est l'abattage et la dévitalisation par destruction des souches au moyen d'un traitement chimique.

À plus long terme, la lutte génétique (platanes résistants) a beaucoup d'avantages (acceptabilité, pas d'impact toxicologique ou écotoxicologique). Cette action unitaire non opérationnelle pour l'instant est classée préférentiellement juste après les méthodes « Prophylaxie » et « Plantes non hôtes », ce qui souligne son importance en vue d'une gestion future des platanes en zone contaminée par le CCP. Cependant, l'existence de clones de platanes durablement résistants n'est pas clairement établie et le développement de nouveaux clones serait long. Les membres du GT soulignent également que la lutte génétique devrait être basée sur le déploiement simultané de plusieurs clones résistants au CCP afin de minimiser les risques de contournement.

Les autres actions unitaires évaluées, qu'elles soient culturelles, physiques ou chimiques, ne sont pas bien classées par l'AMC en raison de combinaisons défavorables pour les critères coût/praticité/effets non intentionnels/opérationnalité.

Concernant la gestion des apparitions sporadiques de foyers de maladie dans des régions éloignées de PACA/Occitanie/ Auvergne-Rhône-Alpes, les membres du GT

considèrent que les mesures d'éradication de ces nouveaux foyers demeurent une stratégie efficace à maintenir.

4.2 Perspectives

Le renforcement de la surveillance sur la base d'un échantillonnage homogène et régulier du territoire et non uniquement sur la base de signalements d'arbres malades, et du diagnostic moléculaire des souches de *C. platani* serait utile afin d'évaluer précisément d'une part, la réalité du foyer d'origine vaclusienne et du processus de dissémination de la maladie et, d'autre part, l'impact des actions anthropiques sur cette dissémination à l'échelle du territoire national. L'épidémiologie basée sur un diagnostic moléculaire, associée au développement d'une recherche soutenue concernant la caractérisation du cycle de développement de *C. platani*, aiderait à définir quelles seraient les actions précises de prophylaxie les plus efficaces dans le cadre de la définition d'une réglementation future.

Les itinéraires de gestion envisagés par le GT reposent sur la combinaison de certaines actions unitaires opérationnelles. Les modalités d'évaluation de ces combinaisons adoptées par le GT étant très conservatrices, seul le critère « coût » permet de classer les différents itinéraires de gestion. La solution la plus sûre actuellement, est le remplacement par des plantes non hôtes après abattage et dessouchage. Cependant, à l'instar de ce qui est à l'étude en viticulture avec l'utilisation de microorganismes bénéfiques sur des cultivars résistants au mildiou ou à l'oïdium dans le but de renforcer leur résistance à d'autres maladies de la vigne, une combinaison associant l'utilisation de Platanor et d'un traitement basé sur le microorganisme *Trichoderma* pourrait représenter une solution en termes d'efficacité et de durabilité. Plus généralement, il serait utile de pouvoir évaluer l'efficacité et la durabilité des itinéraires de gestion pour ne pas restreindre leur évaluation au seul critère « coût ».

Enfin, le GT constate que l'avènement de méthodes curatives permettant de guérir les arbres ne saurait être envisagé dans le court terme et qu'à l'heure actuelle, l'éradication est impossible (sauf pour des foyers isolés et peu étendus) et que l'enrayement de la maladie s'avère également difficile. En conséquence, le GT rappelle la nécessité de développer des clones résistants au CCP, ce qui semble être la seule stratégie alternative, dans le court terme, au remplacement des platanes par des essences non hôtes. Lors du déploiement de ce ou ces clones, il sera important de prendre en compte les risques de contournement de résistances.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par le comité d'experts spécialisé : 15 mars 2022

5 Bibliographie

5.1 Publications

Anses. (2018) Evaluation des résultats d'expérimentation de contournement de résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani*. (saisine 2018-SA-0069). Maisons-Alfort : Anses, 49 p.

Aglietti C, Luchi N, Pepori AL, Bartolini P, Pecori F, Raio A, Capretti P, Santini A. 2019. Real-time loop-mediated isothermal amplification: an early-warning tool for quarantine plant pathogen detection. *AMB Express* 9(1):50. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0774-9>.

Brans J. P., Vincke P. & Mareschal B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European journal of operational research*, 24(2), 228-238.

Brilli, F, Luchi, N, Michelozzi, M, Calamai L, Cencetti G, Pecori F, Nigrone E, Santini A. 2020. Volatile organic compounds (VOC) as biomarkers for detection of *Ceratocystis platani*. *Forest Pathology* 50:e12618. <https://doi.org/10.1111/efp.12618>.

5.2 Normes

AFNOR. 2003. *NF X 50-110 Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

ISO (International Organization for Standardization). 1997. *Information and Documentation - Rules for the Abbreviation of Title Words and Titles of Publications*. ISO 4:1997. Paris: ISO.

5.3 Législation et réglementation

Arrêté du 22 décembre 2015 relatif à la lutte contre *Ceratocystis platani*, agent pathogène du chancre coloré du platane (NOR: AGRG1530100A ; Version consolidée au 10 janvier 2019)

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine

2020-SA-0073

COURRIER ARRIVE
05 JUN 2020
DIRECTION GENERALE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

Direction générale de l'alimentation

Monsieur Roger GENET

Service des actions sanitaires en production
primaire
Sous-direction de la qualité, de la santé et de la
protection des végétaux
Bureau de la santé des végétaux
251 rue de Vaugirard
75352 Paris cedex 15
Dossier suivi par : Saoussen Joudar
Mél : bsv.sdqspv.dgal@agriculture.gouv.fr
Tel : 01 49 55 81 48

Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de
l'Alimentation, de l'Environnement et du
Travail

14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort

Paris, le 02 JUN 2020

Réf. interne : BSV/2020 - 06 / 001

Objet : Saisine relative aux stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*)

Conformément à l'article L.1313-3 du code de la santé publique, j'ai l'honneur de solliciter l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation de l'environnement et du travail concernant l'évaluation des stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane, *Ceratocystis platani*.

Éléments de contexte et données utiles

Le chancre coloré du platane est un organisme nuisible réglementé, dont l'introduction et la dissémination sont interdites, conformément aux réglementations nationale et européenne en vigueur. Au niveau européen, depuis le 14 décembre 2019, le chancre coloré du platane est catégorisé parmi les organismes de quarantaine et fait donc l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire communautaire. En France, le chancre coloré du platane fait l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire national, conformément aux dispositions prévues dans l'arrêté du 22 décembre 2015. Cet arrêté a vocation à rester en vigueur mais des ajustements sont nécessaires afin de tenir compte des retours d'expérience, en particulier en matière de spécificité des foyers (urbains ou non, en bordure de cours d'eau ou non) et de difficultés d'accessibilité du terrain pour la mise en œuvre des mesures de gestion de foyer.

En France, le champignon touche actuellement les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Nouvelle-Aquitaine, et plus récemment les régions Pays-de-la-Loire et Ile-de-France. Dans certains foyers des régions Occitanie et PACA, où le champignon est établi depuis plusieurs décennies, son éradication semble dorénavant compromise et une stratégie de lutte plus adaptée doit être identifiée et appliquée en vue de son enrayerment.

Questions posées

Dans ce contexte, dans la perspective d'améliorer la stratégie de lutte contre le chancre coloré du platane dans les régions où son éradication n'est plus possible, je vous saurais gré de :

- 1) Identifier les différentes stratégies de lutte possibles ;
- 2) Mesurer leur pertinence en fonction (i) des niveaux d'infestation et (ii) des risques de dissémination associés à la nature des foyers.

Délais

Je souhaiterais pouvoir disposer de votre avis dans un délai de 10 mois à compter de la date de réception de ce courrier, ainsi que d'un rapport intermédiaire à la mi-période portant précisément sur l'identification des stratégies de lutte (phase 1).

Votre réponse est à adresser par e-mail à aux adresses électroniques suivantes :
Bsv.sdqspv.dgal@agriculture.gouv.fr; saoussen.joudar@agriculture.gouv.fr; saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr.

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire.

Je vous remercie de bien vouloir accuser réception de la présente demande.

Le directeur
Chef de
ni

Loïc EVAIN

Annexe 1 : Rapport intermédiaire remis en décembre 2020



Saisine relative aux stratégies de lutte vis-à-vis du chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*)

Saisine « n° 2020-SA-0073 - Stratégies de lutte contre le chancre coloré du
platane »

RAPPORT Intermédiaire d'expertise collective

« Comité d'experts spécialisé Risques biologiques pour la santé des végétaux »

« Groupe de travail Stratégies de lutte contre le chancre coloré du platane »

Décembre 2020

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie, 94701 Maisons-Alfort Cedex
Téléphone : + 33 (0)1 49 77 13 50 - www.anses.fr

ANSES/F12/2020 [version 4] - PR1/ANSES16

Mots clés

Platane, *Platanus x acerifolia*, chancre coloré du platane, *Ceratocystis platani*, enrayement, méthodes de lutte, stratégies de lutte.

Plane tree, *Platanus x acerifolia*, canker stain disease of plane tree, *Ceratocystis platani*, containment, control methods, control strategies.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur de Génétique des interactions plantes-microorganismes – Bactériologie et Mycologie – Institut National Polytechnique de Toulouse

Membres

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU – Directrice de recherche – Mycologie forestière, Epidémiologie - INRAE Nouvelle-Aquitaine Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

Mme Florence FONTAINE – Professeure de Biologie et Physiologie Végétales, Maladies du bois de la vigne et Méthodes de lutte biologique – Université de Reims Champagne Ardennes

M. Ivan SACHE – Professeur de Pathologie Végétale et Epidémiologie – Epidémiologie – AgroParisTech

M. Didier THARREAU – Chercheur – Phytopathologie et Mycologie – Cirad

.....

COMITE D'EXPERTS SPECIALISE

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- Risques biologiques pour la santé des végétaux – 2018/2022

Président

M. Thomas LE BOURGEOIS – Directeur de recherche, CIRAD, UMR botAnique et bioInforMatique de l'Architecture des Plantes

Membres

Mme Marie-Hélène BALESSENT – Directrice de recherche, INRAE Île-de-France Versailles-Grignon, UMR BIOlogie et GEstion des Risques en agriculture

Mme Françoise BINET – Directrice de recherche, CNRS, UMR ECOBIO Rennes

M. Antonio BIONDI – Enseignant-Chercheur, Université de Catane, Département Agriculture, Alimentation et Environnement, Italie

M. Philippe CASTAGNONE – Directeur de recherche, INRAE PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Péninna DEBERDT – Chercheur, CIRAD, UPR HORTSYS

M. Nicolas DESNEUX – Directeur de recherche, INRAE PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU – Directrice de recherche, INRAE Nouvelle-Aquitaine Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

M. Abraham ESCOBAR-GUTIERREZ – Directeur de recherche, INRAE Nouvelle-Aquitaine Poitou, UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur des Universités, Institut National Polytechnique de Toulouse, Laboratoire d'Écologie Fonctionnelle et Environnement

M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRAE Nouvelle-Aquitaine Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

M. David MAKOWSKI – Directeur de recherche, INRAE Île-de-France Versailles-Grignon, UMR d'Agronomie

M. Arnaud MONTY – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, Department BIOSE, Biodiversity and Landscape Unit

Mme Maria NAVAJAS – Directrice de recherche, INRAE Occitanie-Montpellier, UMR CBGP Centre de biologie pour la gestion des populations

M. Xavier NESME – Ingénieur de recherche, INRAE Auvergne-Rhône Alpes, UMR Écologie microbienne

Mme Marie-Hélène ROBIN – Enseignante/chercheuse, Ecole d'Ingénieurs de Purpan, UMR AGIR

M. Stéphane STEYER – Attaché scientifique, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Sciences du Vivant, Responsable Virologie Végétale

M. Éric VERDIN – Ingénieur de recherche, INRAE PACA Avignon, Unité de pathologie végétale

M. François VERHEGGEN – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Entomologie fonctionnelle et évolutive

M. Thierry WETZEL – Directeur de recherche, DLR RHEINPFALZ

.....

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Emmanuel GACHET – Coordinateur scientifique – Unité Expertise sur les risques biologiques – Laboratoire de la santé des végétaux – Anses

Contribution scientifique

Mme Hélène TOMBETTE – Évaluatrice scientifique – Unité d'évaluation de l'efficacité des intrants du végétal – Direction de l'Évaluation des Produits Réglementés – Anses

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
SOMMAIRE	5
Sigles et abréviations.....	6
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	7
1.1 Contexte	7
1.2 Objet de la saisine	7
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	7
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	8
2 Méthodologie mise en œuvre pour l'identification des méthodes de lutte.....	9
2.1 Cadrage de l'expertise et de la recherche bibliographique	9
2.2 Classification des familles de méthodes de lutte	9
3 Résultats de la recherche bibliographique par famille de méthodes de lutte	10
3.1 Méthodes culturales et méthodes physiques	10
3.2 Lutte biologique	12
3.3 Lutte génétique.....	13
3.4 Stimulation de défense des plantes (SDP)	14
3.5 Produits phytopharmaceutiques autorisés (chimiques)	14
4 Conclusions du groupe de travail	19
5 Bibliographie.....	20
5.1 Publications	20
5.2 Normes.....	22
Annexe 1 : Lettre de saisine	24

Sigles et abréviations

CES	:	Comité d'experts spécialisé
DGAI	:	Direction générale de l'alimentation
GT	:	Groupe de travail
PACA	:	Provence-Alpes Côtes d'Azur
SDP	:	Stimulateur de défense des plantes
Trt Part.Aer.	:	Traitement des parties aériennes

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

Le chancre coloré du platane (*Ceratocystis platani*) est un organisme nuisible réglementé, dont l'introduction et la dissémination sont interdites, conformément aux réglementations nationale et européenne en vigueur. Au niveau européen, depuis le 14 décembre 2019, le chancre coloré du platane est catégorisé parmi les organismes de quarantaine et fait donc l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire communautaire. En France, le chancre coloré du platane fait également l'objet d'une lutte obligatoire sur l'ensemble du territoire national, conformément aux dispositions prévues dans l'arrêté du 22 décembre 2015. Cet arrêté a vocation à rester en vigueur mais des ajustements sont nécessaires afin de tenir compte des retours d'expérience, en particulier en matière de spécificités des foyers (urbains ou non, en bordure de cours d'eau ou non) et de difficultés d'accessibilité du terrain pour la mise en œuvre des mesures de gestion de foyer.

En France, le champignon touche actuellement les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Nouvelle-Aquitaine, et plus récemment les régions Pays-de-la-Loire et Île-de-France. Dans certains foyers des régions Occitanie et PACA, où le champignon est établi depuis plusieurs décennies, son éradication semble dorénavant compromise et une stratégie de lutte plus adaptée doit être identifiée et appliquée en vue de son enrayement.

1.2 Objet de la saisine

Dans ce contexte et dans la perspective d'améliorer la stratégie de lutte contre le chancre coloré du platane dans les régions où son éradication n'est plus possible, il est demandé au GT de :

- 1) Identifier les différentes stratégies de lutte possibles ;
- 2) Mesurer leur pertinence en fonction (i) des niveaux d'infestation et (ii) des risques de dissémination associés à la nature des foyers.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail « Stratégies de lutte contre le chancre coloré du platane », rattaché au comité d'experts spécialisé « Risques biologiques pour la santé des végétaux » l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES pour discussion, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Les travaux d'expertise constituant ce rapport intermédiaire ont été présentés au CES le 17/11/2020.

Le rapport intermédiaire produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES. Il a vocation à être complété

par un rapport plus complet traitant, dans une deuxième phase de l'expertise, pour les différents types de zones à considérer.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) »

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'agence (www.anses.fr).

Compte tenu d'un risque de conflit d'intérêts identifié pour un des experts concernant les approches génétiques utilisant des caractères de résistance de variétés spécifiques (s'il existe d'autres variétés résistantes que Platanor) sélectionnées dans le cadre de programmes de recherche portés par l'INRAE, il est prévu que cet expert ne participe pas aux discussions qui porteraient sur ce point pour la suite de la saisine.

2 Méthodologie mise en œuvre pour l'identification des méthodes de lutte

2.1 Cadrage de l'expertise et de la recherche bibliographique

L'approche méthodologique que le groupe de travail (GT) a adoptée se décompose en 3 étapes : i) l'identification des méthodes de lutte existantes ou potentielles (d'octobre à décembre 2020) identifiées via la recherche bibliographique (littérature scientifique et littérature grise) et les auditions, ii) la compréhension de l'épidémiologie de la maladie : analyse des données spatio-temporelles, modes de dissémination du champignon, naturelle et par les activités humaines, mécanismes de colonisation des arbres et d'expression des symptômes (jusqu'à la mortalité), et iii) proposition de stratégies de lutte pertinentes (de janvier à juillet 2021) à partir des méthodes de lutte identifiées (qui seront caractérisées selon des critères à définir, comme efficacité, faisabilité, caractère opérationnel, coût, risques, etc.) et tenant compte du niveau d'infestation du foyer considéré et du risque de dissémination du champignon.

La recherche bibliographique a d'abord porté sur les méthodes de lutte disponibles ou envisageables contre *C. platani*, puis a été élargie aux études menées sur les champignons corticaux et racinaires responsables de maladies du bois de la vigne, des arbres fruitiers ou des cultures ornementales¹.

Compte-tenu de la formulation de la saisine focalisant sur les régions où l'éradication n'est plus possible, la lutte a été prise ici dans un sens curatif (à savoir diminuer, peut-être supprimer, l'agent pathogène ou la maladie à certains endroits), en alternative à l'éradication. Les mesures prophylactiques, bien traitées par ailleurs dans le document « Risk Reduction Options » de l'EFSA (EFSA 2016) seront incluses dans un deuxième temps pour la stratégie générale.

2.2 Classification des familles de méthodes de lutte

Six familles de méthodes de lutte ont été définies par le GT : i) les méthodes chimiques, ii) la lutte biologique (à base de microorganismes), iii) les méthodes physiques, iv) les pratiques culturelles, v) les stimulateurs de défense des plantes (SDP) et vi) les méthodes génétiques.

Une recherche des produits phytopharmaceutiques bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) sur les usages liés directement à *Ceratosystis sp.* et des produits qui pourraient faire l'objet d'une extension d'usage contre *C. platani* a été menée dans la base de données E-Phy et à partir du nouveau catalogue national des usages phytopharmaceutiques (2015).

Des sous-groupes ont été constitués pour réaliser la recherche des méthodes de lutte pour chaque famille de méthodes de lutte définie précédemment.

¹ Usage générique intitulé « cultures ornementales » qui couvre à la fois les arbres et arbustes, rosier, cultures florales, plantes vertes et bulbes ornementaux.

3 Résultats de la recherche bibliographique par famille de méthodes de lutte

Le rapport de l'EFSA (2016) (EFSA 2016) met l'accent sur les mesures de prévention et d'éradication (« Risk Reduction Options ») mais ne contient pas d'informations sur les méthodes de lutte une fois que la maladie est installée. De même, les guides et recommandations publiés par les services officiels en charge de la lutte contre la maladie détaillent les mesures de prophylaxie et d'éradication, mais ne contiennent qu'une phrase indiquant clairement l'absence d'option de traitement des arbres malades :

- en France : « Il n'existe actuellement aucune méthode de lutte curative efficace permettant de guérir les platanes. »² ;
- en Suisse, dans les cantons touchés par la maladie : Genève, « Il n'y a pas de traitement chimique ou biologique efficace contre le chancre coloré du platane »³ ;
- Vaud, « Le seul moyen de lutte est la prévention »⁴ ;
- en Italie, dans toutes les régions touchées par la maladie, par exemple, Lazio, « non è stato possibile individuare alcun metodo e cace di cura »⁵ (il n'est pas possible d'individualiser une quelconque méthode de lutte) ;
- Piémont, « Non esistono metodi di cura contro questa malattia »⁶ (Il n'existe pas de méthode de traitement contre cette maladie) ;
- Émilie-Romagne, « Allo stato attuale il controllo di questa fitopatìa è esclusivamente di tipo preventivo »⁷ (actuellement, le contrôle de cette maladie est exclusivement de type préventif) ;
- Ombrie, « Non esistendo una cura »⁸ (Il n'existe aucun traitement).

3.1 Méthodes culturales et méthodes physiques

Dans la revue bibliographique de (Tsopelas *et al.* 2017), les méthodes de lutte envisageables dans les foyers autres que l'abattage et le dessouchage des arbres infectés et

² Guide de bonnes pratiques pour la lutte. Plante & Cité / MAAF, février 2018

(<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/agricoltura/servizi-fitosanitari-pan/lotte-obbligatorie-cancro-colorato-platano-ceratocystis-platani>)

³ Le chancre coloré du platane. Hes.so 2012 (<https://www.ge.ch/document/2621/annexe0>)

⁴ Recommandations relatives au chancre coloré du platane. Canton de Vaud, août 2011

(https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/faune_nature/fichiers_pdf/Arbres_et_haies/02_Lutte_contre_le_chancre_coloré_du_platane/VD_-_Recommandations_-_CHANCRE_COLORE_du_platane_26_10_11.pdf)

⁵ Cancro colorato del platano. Servizio Fitosanitario Regionale. Regione Lazio, non daté

(<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/agricoltura/servizi-fitosanitari-pan/lotte-obbligatorie-cancro-colorato-platano-ceratocystis-platani>)

⁶ Lotte obbligatorie - Il Cancro Colorato del Platano (Ceratocystis platani), Regione Piemonte, non daté

(<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/agricoltura/servizi-fitosanitari-pan/lotte-obbligatorie-cancro-colorato-platano-ceratocystis-platani>)

⁷ Cancro colorato del platano - scheda tecnica. Regione Emilia-Romagna, 2012, modifié 2019

(<https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/temi/avversita/schede/avversita-per-nome/cancro-colorato/cancro-colorato-del-platano-scheda>)

⁸ Cancro colorato del platano. Servizio Fitosanitario Regionale. Regione Umbria, non daté

(<https://www.regione.umbria.it/documents/18/1776276/Cancro+colorato+del+platano+-+Ceratocystis+platani/40664d1d-13cf-4a8f-88de-1912f7c63e42?sessionid=96A0671D4618CDE3AE35E6C934155376?version=1.1>)

des platanes situés à proximité consistent en : i) un élagage des parties symptomatiques (dans le cas où le tronc n'est pas atteint), ii) le traitement des arbres voisins d'arbres infectés et des souches des arbres abattus par des herbicides, iii) le creusement de tranchées pour isoler la zone infestée du reste de la zone. Les auteurs ajoutent que l'éradication, voire l'enrayement sont très difficiles voire impossibles dans le cas des épidémies qui se situent le long de rivières, en particulier dans les peuplements naturels de platanes orientaux en Grèce ou en Sicile, ou pour les plantations de platanes le long du Canal du Midi.

La recherche bibliographique (via WoS, Scopus et Google Scholar) a ensuite été élargie. La présence du champignon dans les racines de l'arbre et dans le sol étant un facteur critique, les mots-clés « root pathogen » ont été utilisés pour la recherche en croisant avec « control » et « tree » ou « orchard ».

Trois méthodes de lutte utilisées (ou proposées) en vergers, basées sur l'assainissement des sols, ont été identifiées : (1) la solarisation ; (2) la désinfection anaérobie des sols ; (3) la biofumigation.

- Le principe de la solarisation est de porter le sol à des températures très élevées (supérieures à 40°C), létales ou sub-létales pour les agents telluriques pathogènes des plantes, grâce à l'énergie solaire. Cette élévation de la température du sol est obtenue en couvrant le sol, qui doit être préalablement arrosé, par un film plastique, pendant une longue période en été (période chaude). La méthode a été décrite pour la première fois en Israël (Katan *et al.* 1976). La solarisation a depuis été expérimentée ou utilisée dans de nombreux pays, en particulier pays chauds. Elle est utilisée en France en région PACA en cultures maraichères (Izard 2011). Cette méthode est surtout utilisée avant plantation. Elle est également utilisée en vergers d'oliviers infectés par *Verticillium dahliae* avant remplacement des arbres morts par des plants d'une variété plus résistante (Ostos *et al.* 2020). Des essais ont également montré une certaine efficacité de la solarisation en vergers sur des arbres établis. Par exemple, une étude en vergers d'oliviers en Andalousie, avec solarisation sur rangées d'arbres ou sur arbres isolés, a montré une réduction significative de la densité d'inoculum de *V. dahliae* dans les horizons superficiels du sol, et dans certains cas de la sévérité des symptômes (Lopez-Escudero et Blanco-Lopez 2001), notamment sur des arbres jeunes (10-15 ans) (Tjamos *et al.* 1991). Une réduction significative d'infection après solarisation a été montrée dans un jeune verger de pistachiers, également affecté par *V. dahliae* (Ashworth Jr et Gaona 1982). Un effet curatif sur des racines d'avocatier infectées par *Rosellinia necatrix* et enfouies dans le sol à différentes profondeurs a été observé (López-Herrera *et al.* 1998).
- La désinfection anaérobie des sols ou désinfection biologique des sols est obtenue en incorporant dans le sol des amendements riches en carbone, puis en arrosant et en recouvrant d'une bâche imperméable. Cette méthode, alternative à la désinfection chimique, est utilisée dans plusieurs pays, où des préparations commerciales à base de son de blé ou de riz sont disponibles pour cet usage, notamment en culture de fraises (Strauss et Kluepfel 2015). Une étude expérimentale sur amandiers en Californie pour lutter contre la PRD (*Prunus replant disease*, causée par un complexe microbien tellurique), a montré une efficacité comparable à la désinfection chimique en termes de croissance des plants un ou deux ans après les traitements. Parallèlement, une modification de la flore fongique des racines a été observée, avec

diminution de certaines espèces pathogènes et augmentation des *Trichoderma* (Browne *et al.* 2018).

- La biofumigation est basée sur l'utilisation de plantes naturellement riches en glucosinolates (principalement Brassicacées) qui lors de leur décomposition libèrent des composés volatils (isothio - et thio-cyanates) toxiques pour divers organismes du sol (Sarwar *et al.* 1998). Cette méthode peut être basée sur des cultures intercalaires, comme la moutarde, qui sont broyées très finement à la floraison et incorporées au sol avant la culture d'intérêt. Elle est préconisée en agriculture biologique, essentiellement en maraîchage⁹. L'apport peut également se faire sous forme de farine de graines de plantes riches en glucosinolates, comme la moutarde. Toutefois, il a été montré dans le cas du Pommier que l'efficacité varie en fonction des agents pathogènes du sol, certains, comme les *Pythium*, pouvant être même stimulés (Mazzola *et al.* 2001).

Ces différentes méthodes de désinfection des sols (solarisation, désinfection biologique et biofumigation), peuvent être combinées, comme cela a été proposé pour la replantation de vergers de pommiers (Hewavitharana, *et al.* 2014, Mazzola *et al.* 2020).

3.2 Lutte biologique

Deux études ont retenu l'attention du GT : elles s'intéressent à l'effet antagoniste de certains champignons (basidiomycètes lignicoles), naturellement présents dans le bois chez le platane. Parmi les basidiomycètes lignicoles testés contre *Ceratocys platani* (Grosclaude *et al.* 1990), un effet antagonisme intéressant a été observé avec *Bjerkandera adusta*, *Ganoderma sp.* et *Chondrostereum purpureum*. *Trichoderma* est un autre champignon qui a été étudié et dont l'intérêt est d'être un champignon naturellement présent dans le sol. Les essais *in vitro* montrent un effet sur le développement d'une autre espèce du genre *Ceratocystis* chez la canne à sucre (Rahman *et al.* 2009). Ces travaux, comme bien d'autres, se sont arrêtés au stade du laboratoire. Différentes souches de *Trichoderma spp.* sont également utilisées pour lutter contre des champignons impliqués dans les maladies du bois de la vigne ; appliquées au niveau des plaies de tailles, elles permettent une compétition de niche et de limiter ainsi de nouvelles contaminations du cep de vigne par les champignons pathogènes (Mondello *et al.* 2018a). D'autres micro-organismes sont également à l'étude : Cazorla et Mercado-Blanco (Cazorla et Mercado-Blanco 2016) dans leur revue citent des bactéries endophytes telle que *Pseudomonas fluorescens* chez l'olivier contre *Verticillium dahliae* (Maldonado-Gonzalez *et al.* 2015) et *Bacillus pumilus* contre *Cytospora chrysosperma* et *Phomopsis macrospora* chez le peuplier (Ren *et al.* 2013). *B. pumilus* est utilisée pour son effet antagonisme mais également promoteur de croissance chez les plantes. L'utilisation de bactéries dont des espèces de *Bacillus* sont également à l'étude dans le cas des maladies du bois de la vigne (Mondello *et al.* 2018a).

Ensuite, le GT a identifié des travaux, réalisés en conditions contrôlées, portant sur l'effet des composés organiques volatils (COV) produits par *Pseudomonas chlororaphis* qui montrent un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne et la germination des spores de *C.*

⁹ https://extranet-isere.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/AB_Biofumigation.pdf

fimbriata chez la tomate (Zhan *et al.* 2019).

La piste des mycovirus peut également être évoquée. Prospero et Rigling (Prospero et Rigling 2015) dans le cas du chancre du châtaignier ont observé que lorsque le champignon *Cryphonectria parasitica* était infecté par un mycovirus, sa virulence et sa capacité à sporuler étaient réduites.

Par ailleurs, les produits autorisés, en tant que produits de biocontrôle, ont été recherchés :

- Sur l'usage « cultures ornementales * traitement du sol * trachéomycoses », un produit de biocontrôle à base de *Trichoderma asperillum* est actuellement autorisé. Ce produit est donc potentiellement utilisable pour lutter contre *Ceratostyxis sp.* bien que son efficacité n'ait été montrée que sur fusariose de l'œillet. Néanmoins, celui-ci est autorisé uniquement sous abri, ce qui sous-entend qu'il ne peut pas être techniquement utilisé sur le platane ;
- Contre les maladies du bois de la vigne (l'eutypiose et l'esca), plusieurs produits de biocontrôle à base de *Trichoderma gamsii*, *T. asperillum*, et de *T. atroviride* sont actuellement autorisés. L'efficacité contre *C. platani* serait à démontrer.

3.3 Lutte génétique

Le platane cultivé en Europe *Platanus x acerifolia* (synonymes *P. x hispanica*, *P. hybrida*, *P. intermedia*) et l'espèce sauvage présente en Europe (*P. orientalis*) sont considérées comme sensibles au chancre coloré du platane (Tsopelas *et al.* 2017, Vigouroux et Olivier 2004). L'agent pathogène responsable de cette maladie étant originaire d'Amérique du Nord, il a été émis l'hypothèse qu'une coévolution longue entre *Ceratocystis platani* et l'espèce sauvage nord-américaine de platane (*P. occidentalis*) avait probablement conduit à la sélection d'arbres plus tolérants qu'en Europe. Un programme d'amélioration variétale par croisements entre *P. orientalis* et *P. occidentalis* a été mené par l'INRA sur cette base et a conduit à la création de la variété clonale Platanor « Vallis clausa » (Vigouroux et Olivier 2004). Ce clone, commercialisé par une pépinière française, a été planté depuis 2005. Toutefois la résistance ou tolérance de Platanor s'avère insuffisante en milieu fortement contaminé (voir rapport de la saisine n°2018-SA-0069, ANSES (2019)). Ce programme a également conduit à d'autres clones qui ont été transférés en 2018 à un groupement de pépiniéristes et qui sont actuellement en cours d'évaluation pour leur capacité au bouturage et d'autres caractéristiques agronomiques (information communiquée par Marc Bardin, INRAE, le 23/11/20).

Un travail de criblage pour la résistance a été conduit en Italie sur une collection d'individus, issues de graines ou de boutures, de l'espèce *P. x acerifolia* (Pilotti *et al.* 2009). Treize individus plus résistants (sur 975 testés) ont été identifiés. Bien qu'il soit fait mention d'amélioration variétale à partir de ces sources, nous n'avons pas trouvé d'information indiquant que ce travail a abouti à des clones commerciaux.

3.4 Stimulation de défense des plantes (SDP)

Des travaux déjà anciens ont montré que des phytoalexines et des composés phénoliques sont produits suite à l'infection par le champignon, et leur synthèse est corrélée avec une diminution des symptômes foliaires (Clérivet *et al.* 2003). Ce phénomène n'est pas propre au platane et se retrouve aussi chez la vigne ou d'autres plantes car les phytoalexines sont connues pour être des composés antifongiques. Cette méthode de lutte peut se combiner à d'autres méthodes et s'intégrer dans une stratégie globale.

Burki et ses collègues (Burki *et al.* 2003) se sont intéressés aux composés toxiques produits par *Ceratocystis*. Ces composés sont-ils l'expression de la maladie ou de son intensité ? Les pistes d'action pourraient consister à agir sur le champignon pour limiter la production de ces composés toxiques ou sur la plante pour qu'elle maîtrise mieux ces composés toxiques et leurs effets. Toutefois, aucune suite n'a été donnée à ces travaux.

Enfin, les produits autorisés, en tant que stimulateurs de défense des plantes, ont été recherchés pour les usages suivants sur grandes cultures, en arboriculture, sur vigne et sur cultures ornementales :

Liste des usages de stimulation de défenses naturelles sur lesquels au moins un produit est autorisé sur d'autres cultures (grandes cultures, cultures ornementales, cultures fruitières et vigne)
Céréales à paille*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Fruits à coque*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Fruits à noyau*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Petits fruits*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Pommier*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Vigne*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles
Cultures ornementales*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles

A noter que les usages « Betterave industrielle et fourragère*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. naturelles, Graines protéagineuses*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. Naturelles, Lin*Trt Part.Aer.*Stimul. Déf. Naturelles, Cultures ornementales*Trt Sol*Stimul. Déf. Naturelles » n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation puisque aucun produit n'est autorisé sous ces intitulés d'usage.

Sur les usages de stimulation de défenses naturelles relatifs aux grandes cultures, cultures fruitières, vigne et cultures ornementales, tous les produits autorisés sont efficaces contre des maladies foliaires ou de conservation. Aucun produit ne mentionne dans leurs conditions d'emploi qu'ils sont efficaces contre les maladies du bois.

3.5 Produits phytopharmaceutiques conventionnels de synthèse autorisés (chimiques)

La recherche des produits autorisés en France a été menée conjointement dans le nouveau Catalogue national des usages phytopharmaceutiques (2015) sur lequel se base les

demandes d'autorisations sur le marché et dans la base de données E-Phy référencant les produits phytopharmaceutiques et leurs usages autorisés en France.

Dans un premier temps, un travail de recensement des usages autorisés en lien avec les usages liés à l'agent pathogène visé (*Ceratosystis platani*) et à la culture visée (platane) a été réalisé. Ce travail a consisté à répertorier les usages liés directement aux agents pathogènes *Ceratosystis sp.* et susceptibles d'être visés par des demandes d'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

A partir de cet état des lieux sur les usages, une première réflexion a été menée afin d'évaluer la pertinence de l'utilisation des produits listés en termes d'efficacité. La liste de ces produits comprend (i) les produits autorisés sur les usages liés à la culture et aux agents pathogènes cible, (ii) les produits qui n'ont pas démontré d'efficacité contre l'agent pathogène et la culture visée mais sur des maladies du bois ou sur d'autres cultures, (iii) les produits à base de substances actives aux propriétés systémiques, capables de se propager dans les vaisseaux conducteurs de sève brute (via le xylème) et de sève élaborée (via le phloème) et donc d'atteindre les maladies de nature vasculaires (par opposition aux autres maladies de type non vasculaires qui germent dans les tissus de manière peu mobile) via une absorption du produit par la voie racinaire (système ascendante) ou par les tissus des organes aériens (système descendante).

Les résultats de ce recensement des produits phytopharmaceutiques autorisés pour chaque usage sont présentés ci-dessous.

a) Produits phytopharmaceutiques autorisés sur l'agent pathogène cible (*Ceratosystis sp.*)

Les usages analysés en première intention, liés directement à *Ceratosystis sp.* et susceptibles d'être visés par des demandes d'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques ont été les suivants :

- Usage « arbres et arbustes * traitement des parties aériennes * maladies vasculaires » ; les principaux pathogènes concernés par cet usage sont des pathogènes fongiques vasculaires se propageant dans les vaisseaux conducteurs de sève.
- Usage « traitements généraux * désinfection des locaux, des structures et des matériaux » : les produits bénéficiant d'une autorisation couvrant l'usage « Traitements généraux... » sont autorisés sur un ensemble des cultures.
- Usage « cultures ornementales*traitement du sol *trachéomycoses. Les pathogènes concernés par cet usage sont quasiment tous des pathogènes parasites qui obstruent les vaisseaux du bois en colonisant les trachéides du xylème.

Produits phytopharmaceutiques autorisés sur les usages liés à la culture (platane) et à l'agent pathogène cible

Liste des usages sur lesquels au moins un produit est autorisé sur la culture et le pathogène cible
Cultures ornementales*Trt Sol*Trachéomycoses
Traitements généraux*Désinfection*Locx Struct. Matér. (POV)

Sur l'usage lié aux « Traitement généraux », il existe actuellement un produit à base d'acide benzoïque dont l'efficacité a été montrée sur tous types de champignons afin de désinfecter par pulvérisation les locaux et par trempage les matériaux.

A noter que l'usage intitulé « Arbres et arbustes*Trt Part.Aer.*Maladies vasculaires » n'a pas été pris en compte dans l'évaluation puisque aucun produit n'est autorisé.

b) Produits phytopharmaceutiques autorisés sur d'autres agents pathogènes responsables des maladies du bois**Produits phytopharmaceutiques autorisés sur les usages liés à la culture (platane) et à d'autres agents pathogènes responsables des maladies du bois**

Liste des usages sur lesquels au moins un produit est autorisé sur la culture et d'autres pathogènes responsables des maladies du bois
Arbres et arbustes*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons
Arbres et arbustes*Trt Part.Aer.* Maladies diverses

Les principaux agents pathogènes concernés par l'usage Chancre à champignons sont non vasculaires. Ces champignons sont quasiment tous des agents pathogènes de blessures (naturelles ou accidentelles) et produisent du mycélium qui germe dans les tissus, provoquant brunissements, nécroses (souvent visibles de l'extérieur), desquamation et/ou ulcération. Certains chancres non vasculaires progressent du haut vers le bas des tiges infectées (par ex. *Coniothyrium fuckelli* sur rosier), mais ne se propagent pas dans les vaisseaux conducteurs de sève contrairement aux chancres vasculaires.

Le terme « Maladies diverses » regroupe l'ensemble des maladies causant des dégâts à ces cultures. De ce fait, cet usage peut également se référer à des maladies corticales et a donc été considéré dans la recherche.

Sur l'usage « Arbres et arbustes*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons », deux produits à base de thiophanate-méthyle (TOPSIN 70 WG, fongicide systémique) et de cuivre (BOUILLIE BORDELAISE CARRAFO WG, fongicide de contact) sont autorisés sur des maladies fongiques de type non vasculaires. L'efficacité du produit BOUILLIE BORDELAISE CARRAFO WG a été montrée sur chancre des cyprès (*Seiridium cardinale*).

Sur l'usage « Arbres et arbustes*Trt Part.Aer.*Maladies diverses», un vingtaine de produits chimiques à base de différentes substances actives (thiophanate-méthyle, cuivre, mancozèbe, cyproconazole, fludioxonil, cyprodinil, boscalid, pyraclostrobine, difénoconazole, cyazofamide, dimétomorphe et de krésoxim-méthyle) sont actuellement autorisés. Néanmoins, seul un produit systémique à base de thiophanate-méthyle (TOPSIN 70 WG) est autorisé sur une maladie corticale, le chancre cortical des conifères.

Produits phytopharmaceutiques autorisés sur les usages liés à d'autres cultures (cultures ornementales, cultures fruitières et vigne) et à d'autres agents pathogènes responsables des maladies du bois

Liste des usages sur lesquels au moins un produit est autorisé sur d'autres cultures (cultures ornementales, cultures fruitières et vigne) et d'autres pathogènes responsables des maladies du bois
Rosier*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons
Cultures florales et plantes vertes*Trt Part.Aer.*Maladies diverses
Amandier*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons
Chataignier*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons
Pêcher*Trt Part.Aer.*Chancre à champignons
Agrumes*Trt Part.Aer.*Maladies diverses
Vigne*Trt Part.Aer.*Esca et black dead arm
Vigne*Trt Part.Aer.*Eutypiose
Vigne*Trt Part.Aer.*Excoriose

Sur les usages liés aux chancres à champignons et maladies diverses des cultures ornementales et fruitières, plusieurs produits à base de diverses substances actives sont actuellement autorisés. Toutefois, aucun produit ne mentionne dans ses conditions d'emploi qu'il est efficace contre des maladies du bois.

Contre les maladies du bois de la vigne (eutypiose et esca), plusieurs produits chimiques systémiques à base de boscalid, pyraclostrobine, cyproconazole et thiophanate méthyl) sont actuellement autorisés.

Pour lutter contre l'excoriose de la vigne, plusieurs produits de contact à base de folpel, mancozèbe, métirame, soufre, cuivre, mancozèbe et dithianon et plusieurs produits systémiques à base de pyraclostrobine, azoxystrobine, trifloxystrobine, cymoxanil, fosétyl-aluminium et phosphates de potassium sont autorisés.

c) Produits phytopharmaceutiques autorisés sur l'usage de dévitalisation des souches

Liste des usages sur lesquels au moins un produit est autorisé sur l'usage de dévitalisation des souches
Traitements généraux*Dévitalisation*Arb. sur pied Souches

A noter que l'usage « Traitements généraux* Destruct. Souches » n'a pas été pris en compte dans l'évaluation puisque aucun produit n'est autorisé sous cet intitulé.

Sur l'usage de dévitalisation des souches, plusieurs produits chimiques (à base de glyphosate, 2-4 D, triclopyr et fluroxypyr) sont actuellement autorisés. L'utilisation de ces produits pourrait être envisageable dans le cadre d'un assainissement des foyers en limitant par exemple la dissémination du pathogène lors de l'arrachage de la souche.

d) Essais d'application de fongicides ou de mélanges d'huiles essentielles réalisés sur vigne

Causin et ses collègues en 1995 (Causin, 1995 #25) ont étudié les effets de l'injection des fongicides dans le tronc dont 2 (imazalil sulfate, carbendazim hydrochloride) ont montré une protection (limitation du développement des chancres) pendant 4 ans suivant le traitement. Ces travaux font écho aux essais menés actuellement pour lutter contre les maladies du bois de la vigne par injections de fongicides (Fosetyl-Al, 2-hydroxybenzoic acid) au moyen de seringues (Darrietort et Lecomte 2007, Mondello *et al.* 2018b). Le problème posé par les agents pathogènes de ce genre de maladies est qu'ils se trouvent au cœur du tronc et qu'il est difficile de les atteindre. La stratégie actuelle est de pouvoir injecter un produit ayant un plus faible impact environnemental que l'arsenite de sodium, utilisé jusqu'en 2001 pour lutter contre certaines maladies du bois chez la vigne.

Enfin, des essais ont été réalisés sur la vigne avec 5 applications sur la plante, couvrant une période allant de l'hiver (avant débourrement) jusqu'à l'après-vendange, d'un mélange d'huiles essentielles associée à un composé qui faciliterait la pénétration du produit dans le pied de vigne pour limiter le développement des pathogènes (Battiston, 2018, thèse). Ce mélange permettrait à la plante de vivre avec un certain inoculum de ces pathogènes.

4 Conclusions du groupe de travail

En résumé, il ressort de la revue bibliographie et de la consultation de la base de données E-Phy que :

- Les méthodes physiques et les pratiques culturales reposent principalement sur des méthodes prophylactiques. L'enjeu principal est de limiter le plus possible la dissémination du champignon ;
- Les méthodes de lutte biologique sont peu étudiées depuis les années 1980. Des produits à base de *Trichoderma aspergillum*, *T. gamsii*, et de *T. atroviride* autorisés pour lutter contre les maladies du bois de la vigne (eutypiose et Esca) sont susceptibles d'être efficaces contre *C. platani* ;
- L'efficacité des SDP contre *C. platani* ne peut être évalué car il n'y pas eu d'expérimentations pour l'évaluer. Les données disponibles sur l'effet des SDP chez le platane sont le plus souvent limitées à des mesures de l'expression de gènes de défense et à l'effet SDP de molécules produites par *C. platani* ;
- Les méthodes génétiques sont potentiellement intéressantes mais il est nécessaire de connaître le degré de maturité des programmes de sélection menés par l'INRAE et l'équipe italienne de Pilotti et de ses collègues ;
- Certains produits systémiques autorisés pour lutter contre d'autres maladies du bois sur platane ou sur vigne pourraient être efficaces contre *C. platani* mais cela reste à démontrer.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail : 17/12/2020

5 Bibliographie

5.1 Publications

Anses. 2019. Rapport d'expertise de l'Anses de la saisine relative à l'évaluation des résultats d'expérimentation de contournement de résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani*.

Ashworth Jr, L.J., and S.A. Gaona. 1982. "Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling *Verticillium* wilt in established pistachio nut groves." *Phytopathology* 72 (2):243-246.

Battiston, E. 2018. "The development of drug-delivery carriers to optimize the plant distribution and efficacy of bioactive molecules for the control of plant diseases: possible applications in grapevine disease control. Iniversité de Florence (Italie)". pp147.

Browne, G., N. Ott, A. Poret-Peterson, H. Gouran, and B. Lampinen. 2018. "Efficacy of anaerobic soil disinfestation for control of Prunus replant disease." *Plant Disease* 102 (1):209-219. doi: 10.1094/PDIS-09-16-1392-RE.

Burki, N., A. Michel, and R. Tabacchi. 2003. "Naphthalenones and isocoumarins of the fungus *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*." *Phytopathologia Mediterranea* 42:191-198.

Cauzin, R., G. Galbero, M. Lodj, L. Montecchio and S.M. Accordi. 1995. "Control of *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* by injections of fungicides into the trunk" *Informatore Fitopatologico* 45 (1):28-31.

Cazorla, F.M., and J. Mercado-Blanco. 2016. "Biological control of tree and woody plant diseases: an impossible task?" *BioControl* 61:233-242. doi: 10.1007/s10526-016-9737-0.

Clérvet, A., I. El Hadrami, R. Bélanger, and M. Nicole. 2003. "Résistance du platane (*Platanus* spp-*Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*) au chancre coloré : réactions de défense de la plante et perspectives d'amélioration." *Cahiers Agricultures* 12:43-50.

Darrieutort, G., and P. Lecomte. 2007. "Evaluation of a trunk injection technique to control grapevine wood diseases." *Phytopathologia Mediterranea* 46 (1):50-57.

EFSA. 2016. Risk assessment and reduction options for *Ceratocystis platani* in the EU. In *EFSA Journal*.

Grosclaude, C., R. Olivier, C. Romiti, and J.C. Pizzuto. 1990. "Action antagoniste, sur bois in vitro, de quelques basidiomycètes lignicoles vis-à-vis du *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* présent dans le tissu ligneux." *Pathologie Végétale* 10:403-405.

Hewavitharana, S. S., D. Ruddell, and M. Mazzola. 2014. "Carbon source-dependent antifungal and nematocidal volatiles derived during anaerobic soil disinfestation." *European Journal of Plant Pathology* 140 (1):39-52.

Izard, D. 2011. "La solarisation en maraîchage." *Chambre d'Agriculture du Vaucluse - APREL - GRAB*:4 pp.

Katan, J., A. Greenberger, H. Alon, and A. Grinstein. 1976. "Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-born pathogens." *Phytopathology* 66:683-688.

Lopez-Escudero, F.J., and M.A. Blanco-Lopez. 2001. "Effect of a single or double soil solarization to control *Verticillium* wilt in established olive orchards in Spain." *Plant Disease* 85 (5):489-496. doi: 10.1094/PDIS.2001.85.5.489.

López-Herrera, C. J., R. M. Pérez-Jiménez, T. Zea-Bonilla, M. J. Basallote-Ureba, and J. M. Melero-Vara. 1998. "Soil solarization in established avocado trees for control of *Dematophora necatrix*." *Plant Disease* 82 (10):1088-1092. doi: 10.1094/PDIS.1998.82.10.1088.Maldonado-

- Gonzalez, M.M., P.A.H.M. Bakker, P. Prieto, and J. Mercado-Blanco. 2015. "Arabidopsis thaliana as a tool to identify traits involved in *Verticillium dahliae* biocontrol by the olive root endophyte *Pseudomonas fluorescens* PICF7." *Frontiers in Microbiology* 6:266. doi: 10.3389/fmicb.2015.00266.
- Mazzola, M., D. Graham, L. Wang, R. Leisso, and S.S. Hewavitharana. 2020. "Application sequence modulates microbiome composition, plant growth and apple replant disease control efficiency upon integration of anaerobic soil disinfestation and mustard seed meal amendment." *Crop Protection*. doi: 105125.
- Mazzola, M., D. M. Granatstein, D. C. Elfving, and K. Mullinix. 2001. "Suppression of specific apple root pathogens by Brassica napus seed meal amendment regardless of glucosinolate content." *Phytopathology* 91 (7):673-679. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.7.673.
- Mondello, V., P. Larignon, J. Armengol, A. Kortekamp, K. Vaczy, F. Prezman, E. Serrano, C. Rego, L. Mugnai, and F. Fontaine. 2018a. "Management of grapevine trunk diseases: knowledge transfer, current strategies and innovative strategies adopted in Europe." *Phytopathologia Mediterranea* 57 (3):369-383. doi: 10.14601.
- Mondello, V., A. Songy, E. Battiston, C. Pinto, C. Coppin, P. Trotel-Aziz, C. Clément, L. Mugnai, and F. Fontaine. 2018b. "Grapevine trunk diseases: a review of fifteen years of trials for their control with chemicals and biocontrol agents." *The American Phytopathological Society*. doi: 10.1094/PDIS-08-17-1181-FE.
- Ostos, E., M.T. Garcia-Lopez, R. Porras, F.J. Lopez-Escudero, A. Trapero-Casas, T.J. Michailides, and J. Moral. 2020. "Effect of cultivar resistance and soil management on spatial-temporal development of *Verticillium* wilt of olive: a long-term study." *Frontiers in plant science* 11. doi: 10.3389/fpls.2020.584496.
- Pilotti, M., A. Brunetti, L. Tizzani, and O. Marani. 2009. "*Platanus x acerifolia* genotypes surviving to inoculation with *Ceratocystis platani* (the agent of canker stain): first screening and molecular characterization." *Euphytica* 169:1-17. doi: 10.1007/s10861-009-9884-9.
- Prospero, S., and D. Rigling. 2015. "Using molecular markers to assess the establishment and spread of a mycovirus applied as a biological control agent against chesnut blight." *BioControl*. doi: 10.1007/s10526-015-9713-0.
- Rahman, M.A., M.F. Begum, and M.F. Alam. 2009. "Screening of Trichoderma isolates as a biological control agent against *Ceratocystis paradoxa* causing pineapple disease of sugarcane." *Mycobiology* 37 (4):277-285. doi: 10.4489/MYCO.2009.37.4.277.
- Ren, J.-H., H. Li, Y.-F. Wang, J.-R. Ye, A.-Q. Yan, and X.-Q. Wu. 2013. "Biocontrol potential of an endophytic *Bacillus pumilus* JK-SX001 against poplar canker." *Biological Control* 67:421-430. doi: 10.1067/biocontrol.2013.09.012.
- Sarwar, M., J.A. Kirkegaard, P.T.W. Wong, and J.M. Desmarchelier. 1998. "Biofumigation potential of brassicas." *Plant and Soil* 201 (103-112).
- Strauss, S. L., and D. A. Kluepfel. 2015. "Anaerobic soil disinfestation: A chemical-independent approach to pre-plant control of plant pathogens." *Journal of Integrative Agriculture* 14 (11):2309-2318. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61118-2.
- Tjamos, E.C., D.A. Biris, and E.J. Paplomatias. 1991. "Recovery of olive trees with *Verticillium* wilt after individual application of soil solarization in established olive orchards." *Plant Disease* 75 (6):557-562. doi: 10.1094/PD-75-0557.
- Tsopelas, P., A. Santini, M.J. Wingfield, and W. de Beer. 2017. "Canker Stain: a lethal disease destroying iconic plane trees." *Plant Disease* 101:645-658. doi: 10.1094.
- Vigouroux, A., and R. Olivier. 2004. "First hybrid plane trees to show resistance against canker stain (*Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*)." *Forest Pathology* 34:307-319.
- Zhan, Y., T. Li, Y. Liu, X. Li, C. Zhang, Z. Feng, X. Peng, Z. Li, S. Qin, and K. Xing. 2019. "Volatile organic compounds produced by *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aureofaciens* SPS-41 as biological fumigants to control *Ceratocystis fimbriata* in postharvest sweet

potatoes." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67:3702-3710. doi:
10.1021/acs.jafc.9b00289.

5.2 Normes

AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

ANNEXES

En France, le champignon touche actuellement les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Nouvelle-Aquitaine, et plus récemment les régions Pays-de-la-Loire et Ile-de-France. Dans certains foyers des régions Occitanie et PACA, où le champignon est établi depuis plusieurs décennies, son éradication semble dorénavant compromise et une stratégie de lutte plus adaptée doit être identifiée et appliquée en vue de son enrayement.

Questions posées

Dans ce contexte, dans la perspective d'améliorer la stratégie de lutte contre le chancre coloré du platane dans les régions où son éradication n'est plus possible, je vous saurais gré de :

- 1) Identifier les différentes stratégies de lutte possibles ;
- 2) Mesurer leur pertinence en fonction (i) des niveaux d'infestation et (ii) des risques de dissémination associés à la nature des foyers.

Délais

Je souhaiterais pouvoir disposer de votre avis dans un délai de 10 mois à compter de la date de réception de ce courrier, ainsi que d'un rapport intermédiaire à la mi-période portant précisément sur l'identification des stratégies de lutte (phase 1).

Votre réponse est à adresser par e-mail à aux adresses électroniques suivantes : Bsvsdgspev.dgal@agriculture.gouv.fr; saoussen.joudar@agriculture.gouv.fr; saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr.

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire.

Je vous remercie de bien vouloir accuser réception de la présente demande.

Le directeur
Chef du
et
Loïc Brunin



Annexe 2 : Fiches de notation des actions unitaires**Abattage :**

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Culturale	Abattage ciblé (arbre symptomatique), et élimination du bois contaminé (y compris sciure) - incinération	3	3	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
2	1	1500	1	1	3	1	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour détruire *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistance de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 2 a été attribuée, la méthode nécessitant un chantier sur la journée
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la méthode ne nécessitant qu'une seule intervention
- Coût : le coût d'abattage d'un arbre a été estimé à 1500 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écosystémique, particulièrement en bordure de cours d'eau (ombrage, maintien des berges)
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée faiblement acceptable par les riverains ou les élus

Dessouchage :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Culturale	Dessouchage	3	3	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	1000	1	1	2	1	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour détruire *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistance de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la méthode nécessitant un chantier de quelques heures
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la méthode ne nécessitant qu'une seule intervention
- Coût : le coût de dessouchage d'un arbre a été estimé à 1000 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 2 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écosystémique modéré, particulièrement en bordure de cours d'eau (maintien des berges)
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, la méthode étant jugée moyennement acceptable par les riverains ou les élus

Exportation et désinfection du sol – Trichoderma :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Physique et biologique	Exportation et désinfection du sol (Trichoderma)	3	3	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	1000	1	1	1	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour détruire *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistance de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la méthode ayant un effet rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la méthode ne nécessitant qu'une seule intervention
- Coût : le coût de désinfection du sol par *Trichoderma* a été estimé à 1000 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, la méthode à base de microorganismes étant jugée très rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, la méthode de traitement du sol a été jugée moyennement acceptable

Exportation et désinfection du sol – traitement chimique :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Physique et chimique	Exportation et désinfection du sol (trt chimique)	3	3	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	1000	3	1	1	1	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour détruire *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistance de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la méthode ayant un effet rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la méthode ne nécessitant qu'une seule intervention
- Coût : le coût de désinfection du sol par traitement chimique a été estimé à 1000 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avec un effet toxicologique élevé
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écosystémique faible
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, la méthode de traitement du sol étant jugée moyennement acceptable

Solarisation :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Physique	Solarisation	2	1	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
3	2	15	1	3	3	1	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 2 a été attribuée, la méthode ayant été testée en vergers d'oliviers en Andalousie mais pas dans un contexte de peuplement de platanes
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, l'efficacité de la méthode étant jugée partielle (sur une épaisseur de sol de 30 à 40 cm) et variable selon les régions et les climats
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistances de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 3 a été attribuée, la méthode ayant un effet sur plusieurs mois
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 2 a été attribuée, la méthode nécessitant de répéter le traitement
- Coût : le coût a été estimé à 15 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écotoxicologique sur d'autres organismes vivants
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écosystémique élevé du fait des résidus de plastique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, la méthode étant jugée moyennement acceptable du fait de l'usage de plastique

Biofumigation :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Biologique	Biofumigation	1	1	3	2	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	2	5	1	3	3	1	3

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant appliquée essentiellement en maraîchage
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, l'efficacité de la méthode n'ayant pas été testée sur *Ceratocystis platani* et montrant une faible efficacité contre les champignons présents sur les résidus racinaires
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode ne pouvant pas générer de résistances de la part de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 2 a été attribuée, la méthode basée sur le mélange de plantes riches en glucosinolates avec le sol, étant jugée moyennement pratique
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée difficile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la méthode reposant sur l'apport d'un amendement organique
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 2 a été attribuée, l'amendement organique pouvant être répété
- Coût : le coût a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écotoxicologique sur d'autres organismes vivants, les composés volatils libérés par la décomposition des plantes riches en glucosinolates pouvant être toxiques pour divers organismes du sol
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée avoir un effet écosystémique élevé sur la microflore du sol
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée acceptable

Plante non hôte :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Culturale	Plante non hôte	3	3	3	3	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	100	1	1	1	1	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour lutter contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée n'avoir aucun effet sur l'apparition de résistances de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée facile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte étant rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte ne nécessitant qu'une intervention
- Coût : le coût de plantation d'une plante non hôte a été estimé à 100 euros par arbre
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte étant jugée sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'une plante non hôte étant jugée sans effet rémanent
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, la méthode étant jugée moyennement acceptable du fait du remplacement d'un platane par une autre essence

Prophylaxie – désinfection locaux et matériels :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Prophylaxie	Prophylaxie - désinfection locaux et matériels	3	3	3	3	2

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	5	3	1	1	1	3

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant disponible
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée efficace pour lutter contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée n'avoir aucun effet sur l'apparition de résistances de *Ceratocystis platani*
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 2 a été attribuée, la méthode étant jugée moyennement facile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la désinfection du matériel et des locaux étant jugé rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, le matériel et des locaux faisant l'objet d'une désinfection par chantier
- Coût : le coût de la désinfection du matériel et des locaux a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits de désinfection étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée sans effet écotoxicologique compte tenu de l'usage des produits de désinfection
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, les produits de désinfection étant jugés sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la méthode étant jugée non rémanente
- Acceptabilité sociale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée acceptable

Dévitalisations des souches (arbres sur pied vivants et souches) :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Dévitalisation des souches (arbres sur pied vivants et souches)	3	3	2	3	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	5	3	3	3	4	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, des produits de dévitalisation des souches étant autorisés
- Efficacité : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitalisation des souches (produits à base de glyphosate, de 2,4 D, de triclopyr ou de fluroxypyr) étant jugés efficaces puisqu'ils ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre des dossiers de demande d'autorisation de mise sur le marché
- Durabilité : une note de 2 a été attribuée, des résistances aux produits phytopharmaceutiques à base des substances actives mentionnées ci-dessus ayant été observées sur différentes cultures (ex : vigne, agrume ou olivier)
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant jugés pratiques à appliquer
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant appliqués localement (à la souche)
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application des produits de dévitalisation étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, les produits de dévitalisation n'étant autorisés que pour une application
- Coût : le coût lié aux produits de dévitalisation a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant jugés dangereux pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant jugés avoir un effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits de dévitalisation étant jugés très rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, l'usage des produits de dévitalisation étant jugé peu acceptable

Dévitilisations des souches (destruction des souches) :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Dévitilisation des souches (destruction des souches)	1	1	2	3	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	5	3	3	3	4	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, aucun produit de dévitilisation n'étant autorisé actuellement pour cet usage
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, aucune donnée sur de potentiels produits de dévitilisation des souches n'étant disponible pour cet usage
- Durabilité : une note de 2 a été attribuée, des résistances à des produits de dévitilisation ayant déjà été observées
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant jugés pratiques à appliquer
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant destinés à être appliqués localement (à la souche)
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application des produits de dévitilisation étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, les produits de dévitilisation n'étant autorisés que pour une application
- Coût : le coût lié aux produits de dévitilisation a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant jugés dangereux pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant jugés avoir un effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits de dévitilisation étant jugés très rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, l'usage des produits de dévitilisation étant jugé peu acceptable

Platanor :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Génétique	Platanor	3	2	1	3	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	400	1	1	1	1	3

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, la variété Platanor étant commercialisée
- Efficacité : une note de 2 a été attribuée, la variété Platanor ayant été jugée moyennement efficace en cas de niveaux d'infestation de *Ceratocystis platani* élevés
- Durabilité : une note de 1 a été attribuée, des plants de Platanor atteints par le chancre coloré du platane ayant été observés
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée facile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor ne nécessitant qu'une intervention
- Coût : le coût de plantation de plants de Platanor a été estimé à 400 euros par platane (de 12-15 cm de circonférence)
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée sans effet rémanent
- Acceptabilité sociale : une note de 3 a été attribuée, la plantation de plants de Platanor étant jugée acceptable

Autre variété résistante *Platanus x acerifolia* (INRAE) :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Génétique	Autre varR <i>Platanus x acerifolia</i> (INRAE)	2	1	n/d	3	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	150	1	1	1	1	3

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 2 a été attribuée, un programme de sélection de nouveaux clones résistants à *Ceratocystis platani* étant en cours
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, le ou les clones étant en cours de sélection, leur niveau de résistance n'a pas encore pu être testé
- Durabilité : aucune donnée n'est disponible, le ou les clones étant en cours de sélection
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, la plantation d'arbres étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée facile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbres étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbres ne nécessitant qu'une intervention
- Coût : le coût de plantation d'un arbre a été estimé à 150 euros par platane (de 12-15 cm de circonférence)
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet rémanent
- Acceptabilité sociale : une note de 3 a été attribuée, la plantation de platane étant jugée acceptable

Autres variétés de platanes résistants :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Génétique	Autres variétés de platanes résistants	1	1	n/d	3	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	1	150	1	1	1	1	3

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, un programme de sélection de nouveaux clones résistants à *Ceratocystis platani* étant en cours
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, le ou les clones étant en cours de sélection, leur niveau de résistance n'a pas encore pu être testé
- Durabilité : aucune donnée n'est disponible, le ou les clones étant en cours de sélection
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, la plantation d'arbres étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, la méthode étant jugée facile à mettre en œuvre à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbres étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbres ne nécessitant qu'une intervention
- Coût : le coût de plantation d'un arbre a été estimé à 150 euros par platane (de 12-15 cm de circonférence)
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet toxicologique
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet écotoxicologique
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet écosystémique
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 1 a été attribuée, la plantation d'arbre étant jugée sans effet rémanent
- Acceptabilité sociale : une note de 3 a été attribuée, la plantation de platane étant jugée acceptable

Produit spécifique du platane (autres maladies du bois) – traitement des parties aériennes :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Produit spécifique du platane (autres maladies du bois) - trt parties aériennes	3	2	3	3	2

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	3	3	3	3	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, des produits de traitement d'autres maladies du bois étant autorisés sur platane au travers des usages « Arbres et arbustes*Trt Part. Aer.*Chancre à champignons » et « Arbres et arbustes*Trt Part. Aer.*Maladies diverses » qui couvrent toutes les espèces végétales ligneuses (dont le platane)
- Efficacité : une note de 2 a été attribuée, des produits systémiques autorisés pour lutter contre d'autres maladies du bois sur platane doivent être testés pour leur efficacité contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés pour l'usage autres maladies du bois sur platane étant jugé faible
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, l'application de produits phytopharmaceutiques étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés en traitement des parties aériennes pouvant être appliqués sur un alignement de platanes
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits phytopharmaceutiques étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits phytopharmaceutiques autorisés pouvant être appliqués 2 à 4 fois
- Coût : le coût de traitement a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés dangereux pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés avoir un effet écosystémique élevé
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés rémanents (DT50 comprise entre 30 et 86 jours selon les produits utilisés)

- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques étant jugé peu acceptable

Produit spécifique du platane (autres maladies du bois) – microinjections :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Produit spécifique du platane (autres maladies du bois) - microinjections	1	1	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
2	1	5	2	2	2	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, aucun produit n'étant autorisé actuellement pour un usage sur platane
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pour un usage par microinjection n'ayant pas été testés sur platane pour lutter contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés par microinjection étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant jugé peu pratique sur ligneux
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant envisageable localement (action sur un arbre)
- Echelle temporelle – durée : une note de 2 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant jugée moyennement rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pouvant être appliqués 1 fois (ex : usage charançon rouge sur palmier)
- Coût : le coût d'un traitement par microinjection a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés (à base de prothioconazole/fluopyrame ou de propiconazole) étant jugés nocifs à toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés nocifs pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés avoir un effet écosystémique modéré
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très rémanents (absence de contact avec le sol)
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques étant jugé moyennement acceptable dans le cas de microinjection

**Produit pour d'autres espèces végétales ligneuses (autres maladies du bois) –
traitement du sol à base de *Trichoderma asperellum* :**

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Biologique	Produit pour d'autres esp. végétales ligneuses (autres maladies du bois) - trt sol à base de <i>Trichoderma asperellum</i>	1	1	3	1	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	1	1	1	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, aucun produit n'étant autorisé actuellement pour un usage sur platane, les seuls produits autorisés contre *Ceratocystis platani* concernent uniquement les usages « Cultures ornementales*Trt Sol*Trachéomycoses »
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pour un usage traitement du sol n'ayant pas été testés pour lutter contre *Ceratocystis platani*, l'efficacité du produit de biocontrôle à base de *Trichoderma asperellum* a été démontrée uniquement contre la fusariose de l'œillet
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés pour un traitement du sol étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant envisageable à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés pour un traitement du sol devant être appliqués régulièrement
- Coût : le coût d'un traitement du sol a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant jugés avoir un effet écosystémique faible
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés à base de microorganismes étant jugés très rémanents

- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques à base de microorganismes étant jugé moyennement acceptable

Produit pour d'autres espèces végétales ligneuses (maladies du bois) – traitement des parties aériennes :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Produit pour d'autres esp. végétales ligneuses (maladies du bois) - trt parties aériennes	3	2	1	3	2

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intentionnel - toxicologie	Effet non intentionnel - écotoxicologie	Effet non intentionnel - écosystémique	Effet non intentionnel - rémanence	Acceptabilité sociale
1	2	5	3	3	3	4	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, des produits de traitement des maladies du bois de la vigne étant autorisés
- Efficacité : une note de 2 a été attribuée, des produits autorisés pour lutter contre des maladies du bois de la vigne doivent être testés pour leur efficacité contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 1 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés pour l'usage autres maladies du bois étant jugé modéré à élevé
- Praticité : une note de 3 a été attribuée, l'application de produits phytopharmaceutiques étant jugée pratique
- Echelle spatiale : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés en traitement des parties aériennes pouvant être appliqués sur un alignement de platanes
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits phytopharmaceutiques étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 2 a été attribuée, les produits phytopharmaceutiques autorisés pouvant être appliqués 1 à 2 fois
- Coût : le coût de traitement a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés dangereux pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés avoir un effet écosystémique élevé
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très rémanents (DT50 supérieure à 90 jours)

- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques étant jugé peu acceptable

Produit pour d'autres espèces végétales ligneuses (maladies du bois) – microinjections :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Produit pour d'autres esp. végétales ligneuses (maladies du bois) - microinjections	1	1	3	1	1

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
2	1	5	2	2	2	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, aucun produit n'étant autorisé actuellement pour un usage sur platane
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pour un usage par microinjection n'ayant pas été testés sur platane pour lutter contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés par microinjection étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant jugée peu pratique sur ligneux
- Echelle spatiale : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant envisageable localement (action sur un arbre)
- Echelle temporelle – durée : une note de 2 a été attribuée, l'application de produits par microinjection étant jugée moyennement rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pouvant être appliqués 1 fois (ex : usage charançon rouge sur palmier)
- Coût : le coût d'un traitement par microinjection a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés (à base de prothioconazole/fluopyrame ou de propiconazole) étant jugés nocifs à toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés nocifs à toxiques
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés avoir un effet écosystémique modéré
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très rémanents (absence de contact avec le sol)

- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques étant jugé moyennement acceptable dans le cas de microinjection

Produit pour d'autres espèces végétales ligneuses (maladies du bois) – traitement du sol par lutte chimique :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	Produit pour d'autres esp. végétales ligneuses (maladies du bois) - trt sol par lutte chimique	1	1	3	1	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	3	3	3	4	1

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, aucun produit n'étant autorisé actuellement pour un usage sur platane
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés pour un usage traitement du sol n'ayant pas été testés pour lutter contre *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés pour un traitement du sol étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant envisageable à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits pour un traitement du sol étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés pour un traitement du sol devant être appliqués régulièrement
- Coût : le coût d'un traitement du sol a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très toxiques vis-à-vis des opérateurs
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés dangereux pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés avoir un effet écosystémique élevé
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés étant jugés très rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 1 a été attribuée, l'usage de produits phytopharmaceutiques étant jugé peu acceptable

Microorganismes (ensemble des produits de biocontrôle autorisés sur d'autres espèces végétales ligneuses) – traitement des parties aériennes :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Biologique	Microorganismes (produits de biocontrôle sur d'autres esp végétales ligneuses) - trt parties aériennes	3	1	3	1	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	1	1	1	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 3 a été attribuée, des produits de biocontrôle à base de *Trichoderma* sont autorisés
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, l'efficacité des produits de biocontrôle autorisés pour un usage traitement du sol ou pour lutter contre les maladies du bois de la vigne (eutypiose et esca) doit être testée sur *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits de biocontrôle étant jugée peu pratique (notamment en termes de conditions d'utilisation liées à la température et à l'humidité)
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant envisageable à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés devant être appliqués régulièrement
- Coût : le coût d'un traitement a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de *Trichoderma*) étant jugés avoir un effet écosystémique faible
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés à base de microorganismes étant jugés très rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de microorganismes étant jugé moyennement acceptable

Stimulateurs de défense des plantes (SDP) – produits à base d'acibenzolar-S-méthyl (ASM) :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Chimique	SDP - ASM	1	1	3	1	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	2	2	2	3	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, des produits à base d'Acibenzolar-S-méthyl (ASM) sont autorisés sur d'autres espèces végétales que le platane
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, l'efficacité des produits autorisés à base d'ASM doit être testée sur *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits à base d'ASM étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant envisageable à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés devant être appliqués régulièrement (entre 3 et 20 fois pour les usages autorisés)
- Coût : le coût d'un traitement a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés (à base d'ASM) étant classés nocifs à toxiques
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés (à base d'ASM) étant classés nocifs pour l'environnement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 2 a été attribuée, les produits autorisés (à base d'ASM) étant jugés avoir un effet écosystémique modéré
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés (à base d'ASM) étant jugés rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de SDP à base d'ASM étant jugé moyennement acceptable

Stimulateurs de défense des plantes (SDP) – produits à base de laminarine-*Bacillus subtilis* :

Type de lutte	Actions	Disponibilité de la solution pour lutter contre CCP / Opérationnalité	Efficacité	Durabilité	Praticité	Echelle spatiale (répétabilité de la méthode à grande échelle)
Biologique	SDP - Laminarine et <i>Bacillus subtilis</i>	1	1	3	1	3

Echelle temporelle - durée	Echelle temporelle - périodicité	Coût (euros/platane)	Effet non intent - toxicologie	Effet non intent - écotoxicologie	Effet non intent - écosystémique	Effet non intent - rémanence	Acceptabilité sociale
1	3	5	1	1	1	4	2

Justification des notes :

- Opérationnalité : une note de 1 a été attribuée, des produits à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis* sont autorisés sur d'autres espèces végétales que le platane
- Efficacité : une note de 1 a été attribuée, l'efficacité des produits autorisés à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis* doit être testée sur *Ceratocystis platani*
- Durabilité : une note de 3 a été attribuée, le risque d'apparition de résistances aux produits autorisés étant jugé faible
- Praticité : une note de 1 a été attribuée, l'application de produits à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis* étant jugée peu pratique
- Echelle spatiale : une note de 3 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant envisageable à grande échelle
- Echelle temporelle – durée : une note de 1 a été attribuée, l'application des produits autorisés étant jugée rapide
- Echelle temporelle – périodicité : une note de 3 a été attribuée, les produits autorisés devant être appliqués régulièrement (entre 3 et 20 fois pour les usages autorisés)
- Coût : le coût d'un traitement a été estimé à 5 euros par platane
- Effet non intentionnel – toxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écotoxicologie : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis*) étant sans classement
- Effet non intentionnel – écosystémique : une note de 1 a été attribuée, les produits autorisés (à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis*) étant jugés avoir un effet écosystémique faible
- Effet non intentionnel – rémanence : une note de 4 a été attribuée, les produits autorisés (à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis*) étant jugés très rémanents
- Acceptabilité sociale : une note de 2 a été attribuée, l'usage de SDP à base de laminarine ou de *Bacillus subtilis* étant jugé moyennement acceptable

Notes



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr