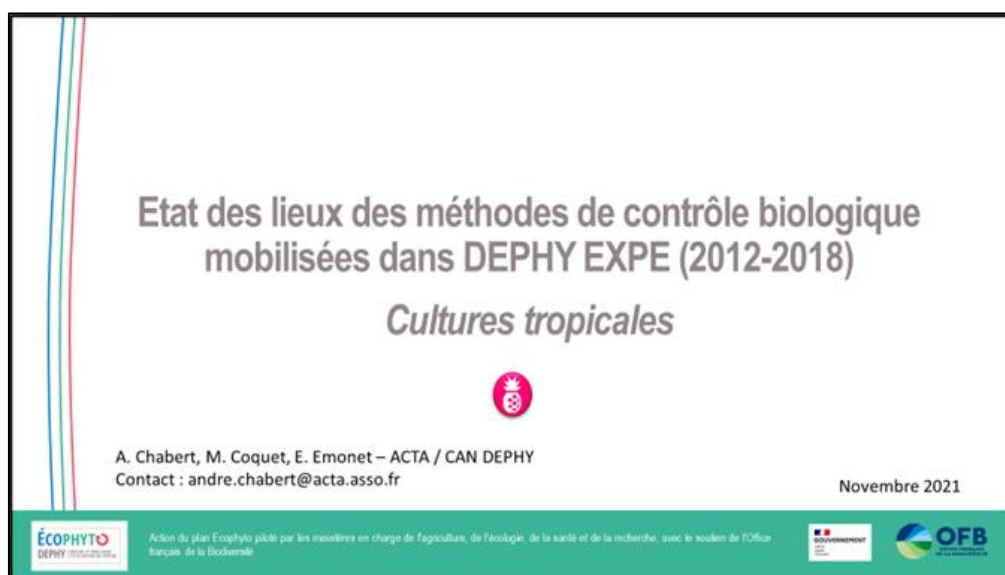
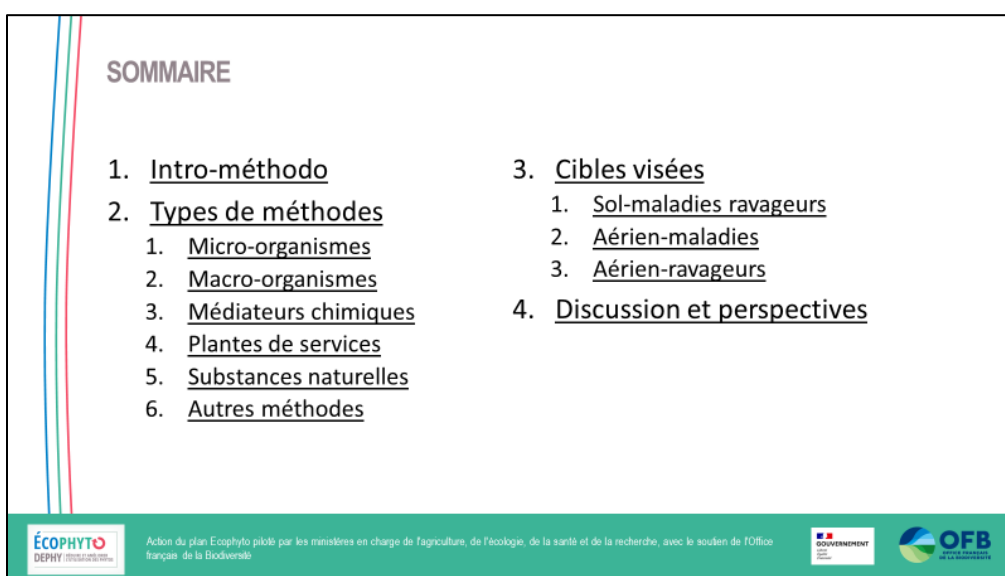




Ce travail de synthèse a été réalisé dans l'objectif de tirer des enseignements de méthodes de contrôle biologique qui ont été utilisées dans le réseau DEPHY EXPE 1.





OBJECTIFS ET MÉTHODE

Tirer les enseignements de l'utilisation des méthodes de contrôle biologique dans les expérimentations du réseau DEPHY EXPE 1 (2012-2018)



- **Inventorier** les méthodes mobilisées et leurs usages.
- **Analyser les avis** émis dans les différentes expérimentations systèmes.
- Identifier les **réussites** et les **difficultés** dans l'usage de ces moyens de lutte et de leur efficacité.

Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

3

Ce travail de synthèse a été réalisé dans l'objectif de tirer des enseignements de méthodes de contrôle biologique qui ont été utilisées dans le réseau DEPHY EXPE 1.

Le principe retenu est :

- i) d'inventorier les méthodes qui ont été mobilisées dans le réseau DEPHY EXPE 1 et leurs cibles respectives,
- ii) d'identifier leurs conditions d'utilisation optimales,
- iii) de recenser les avis des expérimentateurs sur les efficacités constatées lorsque ces avis ont été émis.



RAPPEL SUR LES MÉTHODES DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE

- Toutes méthodes destinées à lutter contre les bioagresseurs (hors adventices, non traitées dans cet état des lieux) à l'exception des produits chimiques de synthèse, l'utilisation de variétés résistantes et la lutte physique.
- Cela inclut les produits de biocontrôle : **macro-organismes, micro-organismes, médiateurs chimiques, substances naturelles** mais aussi les **plantes de services** et quelques **autres méthodes**.

Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

5

Dans le cadre de ce travail de recensement, le terme « méthodes de contrôle biologique » désigne les méthodes destinées à lutter spécifiquement contre les bioagresseurs.

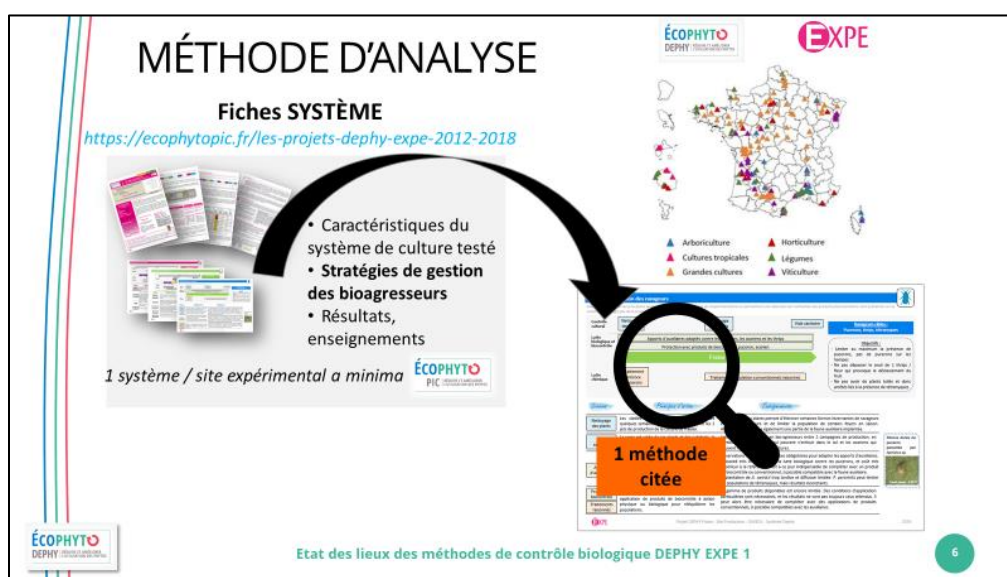
Ainsi, ces méthodes correspondent aux produits de biocontrôle de types : macro-organismes, micro-organismes, médiateurs chimiques, substances naturelles mais aussi les plantes de services et quelques autres méthodes très spécifiques type apport de fumier, effeuillage ciblé, etc. Vous retrouverez ces mots-clés dans la présentation.

Ces méthodes de contrôle biologique peuvent aussi se définir par toutes autres méthodes que les produits chimiques de synthèse, la lutte physique directe, et la mise en œuvre de cultures tolérantes ou résistantes aux bioagresseurs.

Le terme « produit d'origine biologique » pourrait également convenir mais ne comprendrait pas les substances naturelles.

Cette définition exclut bien les produits chimiques de synthèse, néanmoins le cuivre a un statut particulier car il n'est pas un produit chimique de synthèse et n'est pas considéré non plus comme une méthode de biocontrôle.

Dans le réseau DEPHY EXPE 1, très peu d'éléments concernaient la lutte contre les adventices.

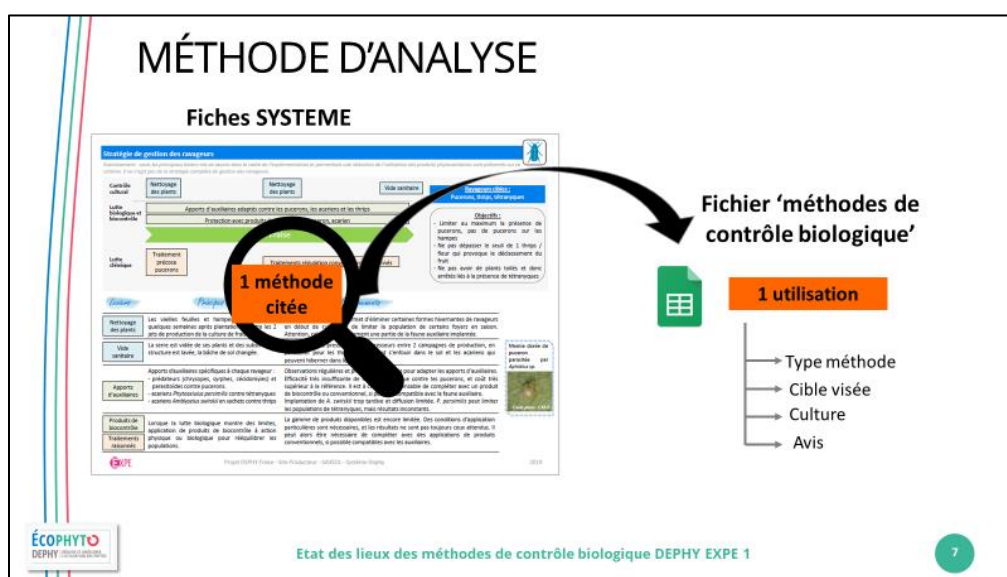


Les sources d'informations utilisées pour ce travail ont été les fiches SYSTÈME du réseau DEPHY EXPE 1 qui présentent, entre autres, les stratégies de gestion des bioagresseurs. Ces fiches sont disponibles sur le site [Portail | Ecophytopic](https://ecophytopic.fr). Elles présentent, pour chaque système, les différentes stratégies de gestion des maladies, des ravageurs et des adventices.

Parmi l'ensemble des méthodes et les leviers testés, le recensement a porté uniquement sur les méthodes de contrôle biologique.

Une méthode citée correspond à une méthode utilisée une fois dans le réseau sur un site (même si elle a été appliquée de nombreuses fois sur une même parcelle du site).

La carte incluse dans la slide présente, selon les filières, l'emplacement des sites du réseau DEPHY EXPE (2012-2018).



Suite à la lecture de 143 fiches SYSTEME, 462 utilisations de méthodes de contrôle biologique ont été décrites en indiquant, le type de méthodes, les cibles visées, les cultures concernées et le niveau de satisfaction des expérimentateurs.

Une méthode peut être citée plusieurs fois si elle est appliquée sur plusieurs cultures dans la succession culturale. Par contre, la fréquence d'intervention sur la culture et les répétitions pluriannuelles d'applications ne sont pas prises en considération. Cette relecture des fiches SYSTEME a permis de rassembler les méthodes de contrôle biologique utilisées dans chaque filière. Ce travail a été suivi d'échanges avec les expérimentateurs et/ou les experts filières du réseau DEPHY.

Ces données sont présentes dans un tableur Excel disponible sur Api-agro et Data.gouv.

PRÉCAUTIONS MÉTHODOLOGIQUES

- L'évaluation des efficacités s'appuie sur des informations qualitatives. *Expression des expérimentateurs issue de leurs observations dans les essais.*
- L'analyse fait ressortir des résultats par levier alors que ce sont des combinaisons de leviers qui sont mises en œuvre. *Ces essais systèmes ne permettent pas une analyse factorielle exacte de l'efficacité de leviers.*
- L'analyse technico-économique fine de la mise en œuvre des leviers n'est pas l'objet de ce travail d'inventaire.



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

8

Quelques précautions méthodologiques doivent être prises en compte. L'évaluation des efficacités s'appuie sur des informations qualitatives mais bien établies à partir de données expérimentales.

Cette analyse met en évidence des résultats par levier alors que dans les essais systèmes, ce sont les combinaisons de leviers qui sont soumises à l'analyse et qu'il est difficile du fait de la multiplicité des interactions de faire ensuite une analyse factorielle exacte de l'efficacité de chacun de ces leviers.

Et enfin, aucune analyse technico-économique fine de la mise en œuvre des leviers n'a été faite. Cela aurait été intéressant mais ferait l'objet d'un autre travail.

NIVEAU DE RECOURS AUX MÉTHODES DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE

	Nombre de systèmes	Nombre d'utilisations	Nombre moyen d'utilisations/système
 Arboriculture	21	77	3,7
 Cultures tropicales	8	16	2
 Grandes cultures	39	42	1,1
 Horticulture	14	85	6,1
 Légumes	31	205	6,6
 Viticulture	30	37	1,2
Total	143	462	3,2



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

9

Au total, plus de 143 systèmes ont été analysés, correspondant à 462 utilisations de méthodes de contrôle biologique.

Pour rappel, une utilisation correspond à une méthode qui a été signalée dans la fiche SYSTEME et qui a été enregistrée dans un essai système.

Ce tableau présente le nombre moyen d'utilisation de méthodes de contrôle biologique par système.

Les différences entre les filières sont les suivantes :

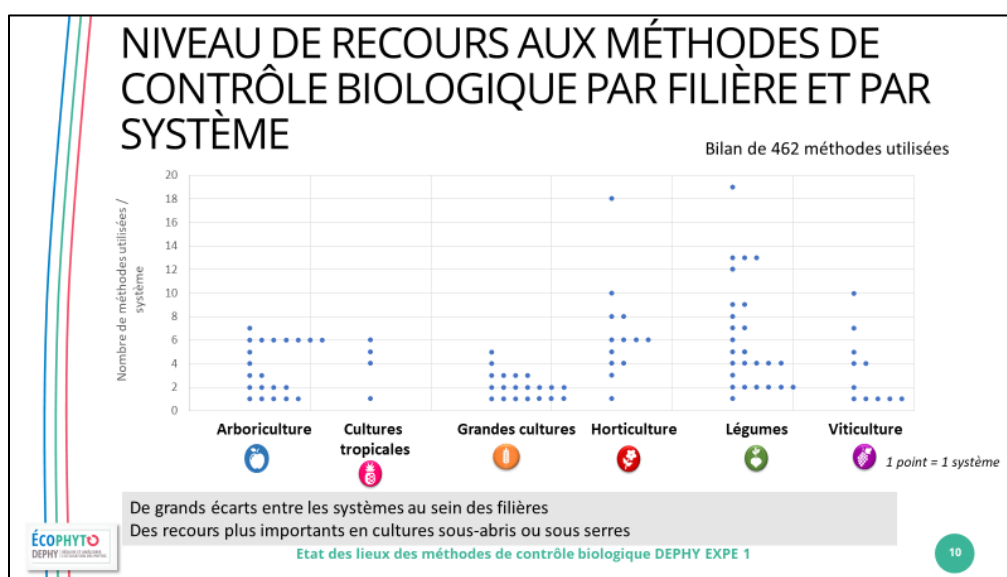
En arboriculture, l'usage est assez important et cette diversité peut s'expliquer par le fait qu'il existe beaucoup d'espèces végétales et aussi de l'existence d'un nombre important de bioagresseurs sur chaque culture.

L'échantillon en cultures tropicales est bien plus faible avec 8 systèmes recensés et le niveau moyen d'utilisation est assez faible.

En grandes cultures, peu d'utilisations ont été enregistrées au regard du nombre de systèmes testés, mais néanmoins les produits recensés seraient appliqués potentiellement sur de vastes surfaces et auraient donc un impact important du point de vue macro-économique et environnemental. La rentabilité économique de ces traitements doit bien sûr être discutée.

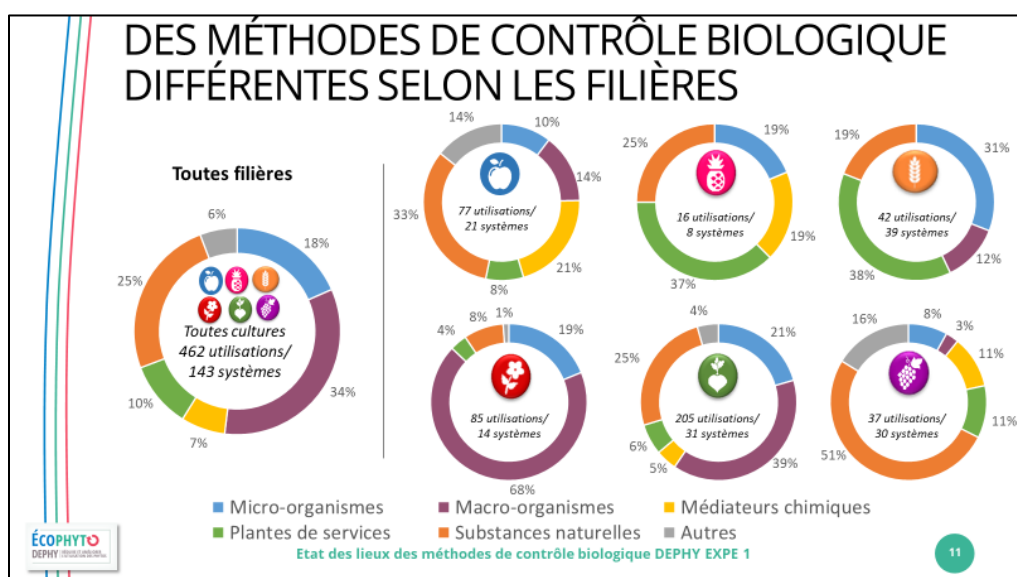
En horticulture, comme en cultures légumières, les usages sont plus importants. En effet, il y a une grande diversité de cultures et de nombreux bioagresseurs sur chacune d'entre elles.

En viticulture, peu de produits sont utilisés. Ce sont essentiellement des fongicides dont l'utilisation est souvent répétée sur les parcelles.



Voici le bilan des 462 méthodes utilisées : ce graphique présente la diversité des utilisations par système avec des niveaux moyens pour toutes les filières.

Les situations extrêmes concernent les cultures horticoles et légumières. Ces hauts niveaux d'utilisation s'expliquent de par les conduites sous-abris ou sous serres. Dans cet environnement confiné, de nombreux macro-organismes sont employés. En effet, le recours à la lutte biologique s'y est historiquement plus développé. Pour l'horticulture et les légumes de plein champ, le niveau d'usage reste comparable aux autres cultures.

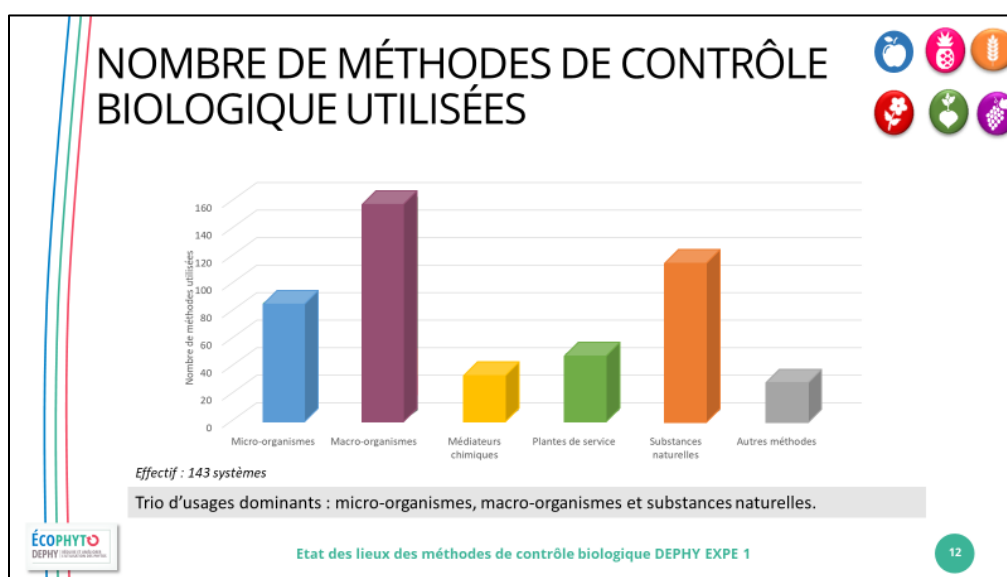


Voici les différentes méthodes selon les filières. Le classement des méthodes a été fait de la manière suivante : micro-organismes, macro-organismes, médiateurs chimiques, plantes de services, substances naturelles et autres méthodes (apports de fumier, nichoirs,...).

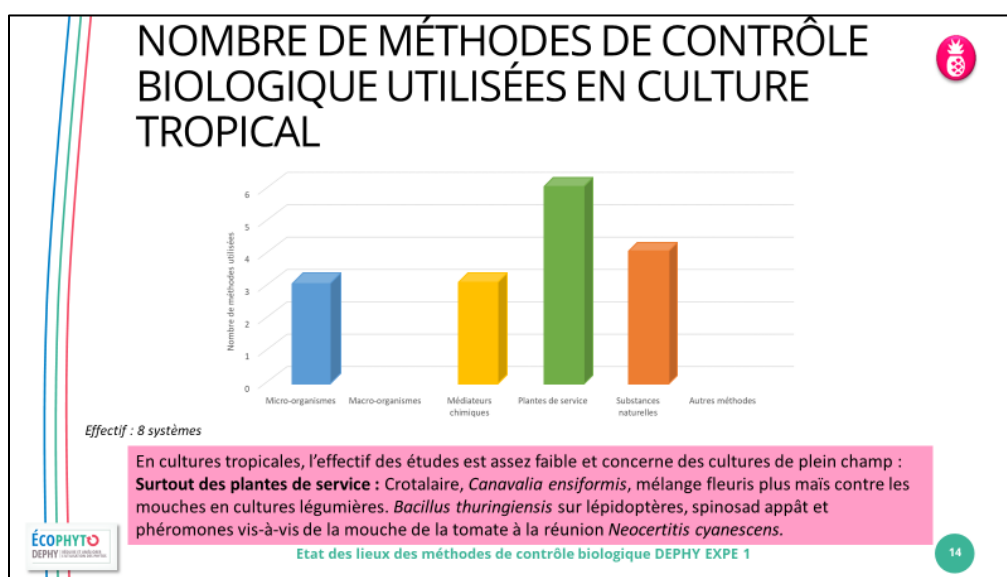
D'une manière générale, pour toutes les filières, les macro-organismes dominent, ensuite ce sont les substances naturelles puis les micro-organismes.

Par filière, cela se traduit de la manière suivante :

- Les substances naturelles sont majoritaires en arboriculture.
- Les plantes de services dominent en cultures tropicales et en grandes cultures.
- En horticulture comme en cultures légumières, l'usage des macro-organismes domine sous serres et sous abris. Pour les légumes, la part des substances naturelles est importante.
- En viticulture, les substances naturelles ont une importance considérable pour lutter contre les maladies.



En termes de fréquence d'usage, les macro-organismes dominent puis viennent les substances naturelles et les micro-organismes.



En cultures tropicales, les effectifs des études sont plus faibles et concernent des cultures de plein champ qui sont principalement la canne à sucre et les cultures légumières. Ces deux types de cultures sont très différentes entre elles.

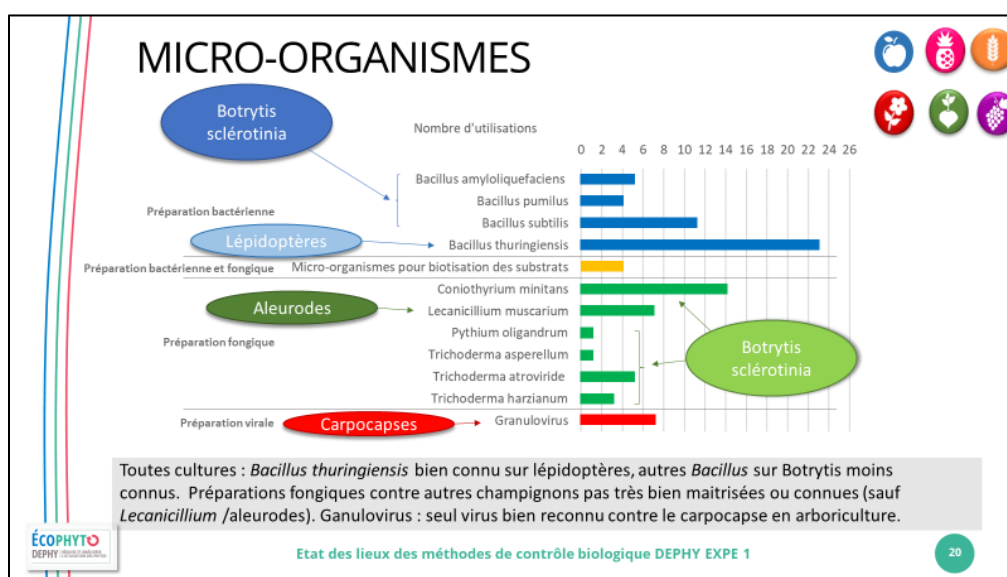
La plante de service la plus employée est le crotalaire en vue de concurrencer les adventices de la canne à sucre. La légumineuse *Canavalia ensiformis* apporte de l'azote et a la propriété de réguler les populations de nématodes.

Il y a bien sûr l'utilisation de BT sur lépidoptères, le spinosad en appât et des phéromones vis-à-vis de la mouche de la tomate.

En cultures tropicales, les macro-organismes non locaux ne peuvent pas être employés pour des raisons réglementaires.



Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les micro-organismes.



Les micro-organismes rencontrés dans ce recensement ont une certaine diversité d'origine biologique (bactérienne, fongique, virale).

Les *Bacillus* dont *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* et *B. subtilis* sont principalement utilisés en culture de melon, de fraise et de tomate contre *Botrytis cinerea* (pourriture grise).

Bacillus amyloliquefaciens et *B. pumilus* sont également actifs sur oïdium de la vigne.

Bacillus pumilus est utilisé en colza contre les attaques de sclérotinia.

Bacillus subtilis en culture de laitue et de concombre est utilisé contre *Botrytis cinerea* et le sclérotinia.

Bacillus thuringiensis a eu un usage signalé contre les chenilles de lépidoptères nuisibles à une grande diversité de cultures :

Cultures légumières : tomate, citrouille, chou fleur, brocoli, haricot, laitue, oignon, pois chiche et pomme de terre.

Fleurs coupées : renoncule, anémone pavot, *Lisianthus*, *Limonium*, *Poinsettia*, campanule, célosie, chrysanthème, giroflée, mufler et tournesol.

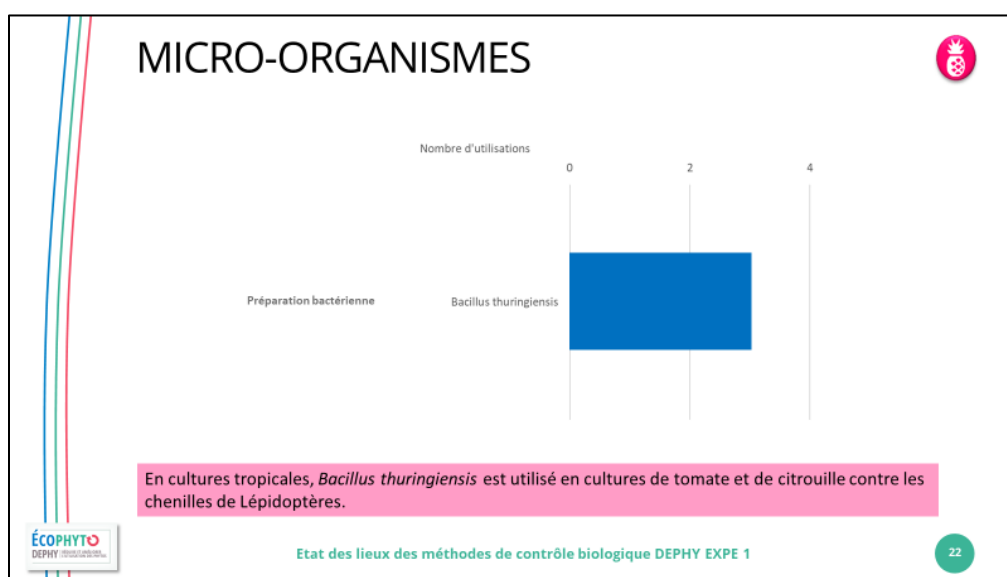
Plantes d'ornement : *Photinia*.

Grandes cultures : blé, pomme de terre, haricot.

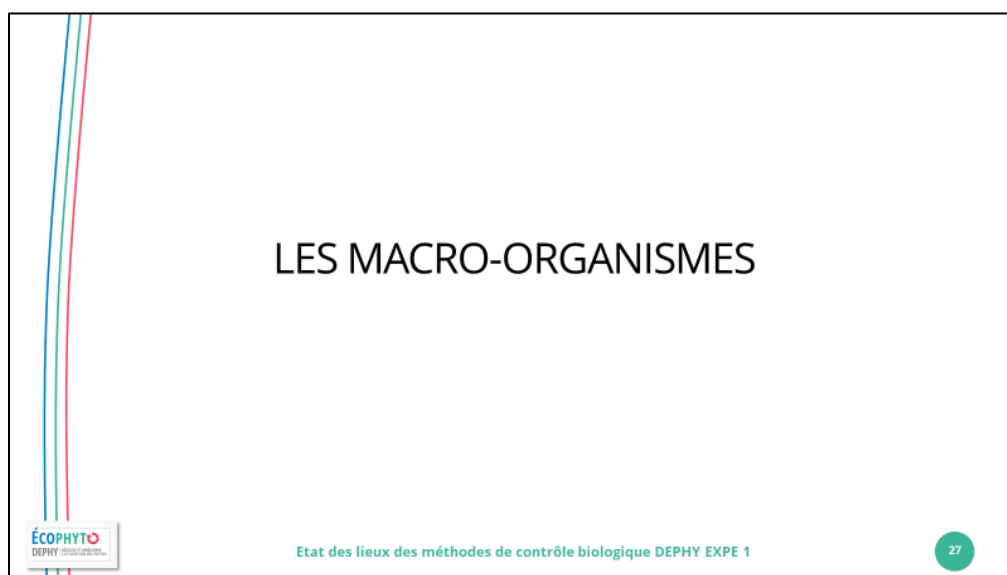
Arboriculture : pêcher.

Des préparations fongiques sont utilisées contre les maladies telluriques.

Le champignon du genre *Lecanicillium* est utilisé contre les Aleurodes.



En cultures tropicales, les chenilles de Lépidoptères sont combattues avec succès avec *Bacillus thuringiensis* dans les cultures de tomate et de citrouille.



Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les macro-organismes.

POINTS MARQUANTS DE L'USAGE DES MACRO-ORGANISMES SELON LES FILIÈRES

- **En arboriculture**, le seul exemple rencontré de nématode parasite d'insectes contre les larves de carpocapses hivernantes, de rares utilisations encore un peu exploratoires d'insectes prédateurs et parasitoïdes.
- **En cultures tropicales**, réglementation empêchant leur introduction.
- **En grandes cultures**, les trichogrammes sont largement employés contre la pyrale du maïs mais ne fonctionnent pas contre les sésamies.
- **En horticulture**, emploi des acariens prédateurs bien maîtrisé ainsi que la plupart des insectes parasitoïdes et prédateurs (avec apports de pollen, plantes relais potentielles ou plantes pièges : aubergine).
- **En cultures légumières**, moins de performances en général et notamment sur les insectes destinés à lutter contre les pucerons, meilleures maîtrises des acariens, aleurodes, mineuses, chenilles et thrips.
- **En viticulture**, seulement un cas de lutte par conservation avec un hyménoptère parasitoïde maintenu avec des rosiers en vue de limiter *Emposaca vitis* (cicadelle de la grillure).

Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

En arboriculture, le seul exemple rencontré de nématode parasite d'insectes est destiné à lutter contre les larves de carpocapses hivernantes.

Les pulvérisations se font sur le sol et les troncs après récolte. Concernant les insectes prédateurs et les parasitoïdes, les rares utilisations sont encore assez exploratoires.

En cultures tropicales, la réglementation ne permet pas leur introduction.

En grandes cultures, les trichogrammes sont largement employés contre la pyrale du maïs mais ne fonctionnent pas contre les sésamies (Sud Ouest).

En horticulture, l'emploi des acariens prédateurs est assez bien maîtrisé ainsi que l'usage de la plus part des insectes parasitoïdes et prédateurs.

Un problème majeur rencontré est le maintien des auxiliaires dans les parcelles jusqu'au moment du développement des populations de ravageurs.

Un objectif des expérimentations menées a été de maintenir les insectes parasitoïdes ou prédateurs durant les inter-saisons, les inter-cultures. Les techniques les plus innovantes et performantes expérimentées sont les apports de pollen, les plantes relais (potentielles) ou les plantes pièges (aubergines). Bien qu'existantes depuis longtemps, elles méritent encore de nouvelles expérimentations pour améliorer leurs usages.

En légumes, les macro-organismes destinés à lutter contre les acariens, les aleurodes, les mineuses, les chenilles et les thrips ont présenté des niveaux de satisfaction assez honorables.

Les insectes destinés à lutter contre les pucerons semblent moins performants.

En viticulture, une seule étude de lutte par augmentation avec un insecte parasitoïde maintenu avec des rosiers a été signalée en vue de limiter *Emposaca vitis* (cicadelle de la grillure).

MACRO-ORGANISMES

Aucune utilisation recensée

En cultures tropicales, la réglementation empêche leur introduction, cela peut expliquer l'absence d'usage.

ÉCOPHYTO
DEPHY PRODIGES

Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

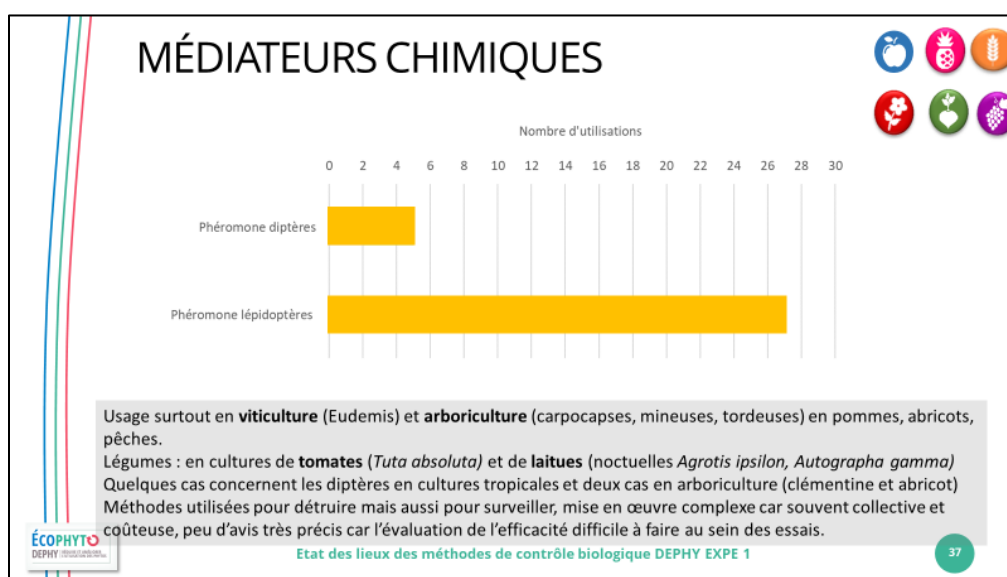
31

Dans les DROM, la réglementation empêche l'introduction des macro-organismes non indigènes, cela explique l'absence d'usage.

En effet, les insectes à multiplier devraient donc être originaires des DROM, ce qui peut être difficile à mettre en œuvre localement.



Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les médiateurs chimiques.



Deux usages de médiateurs chimiques ont été signalés : les phéromones vis-à-vis des diptères et des lépidoptères.

Il est possible que les expérimentateurs n'aient pas signalé d'autres méthodes qui ne fonctionnaient pas ou trop peu.

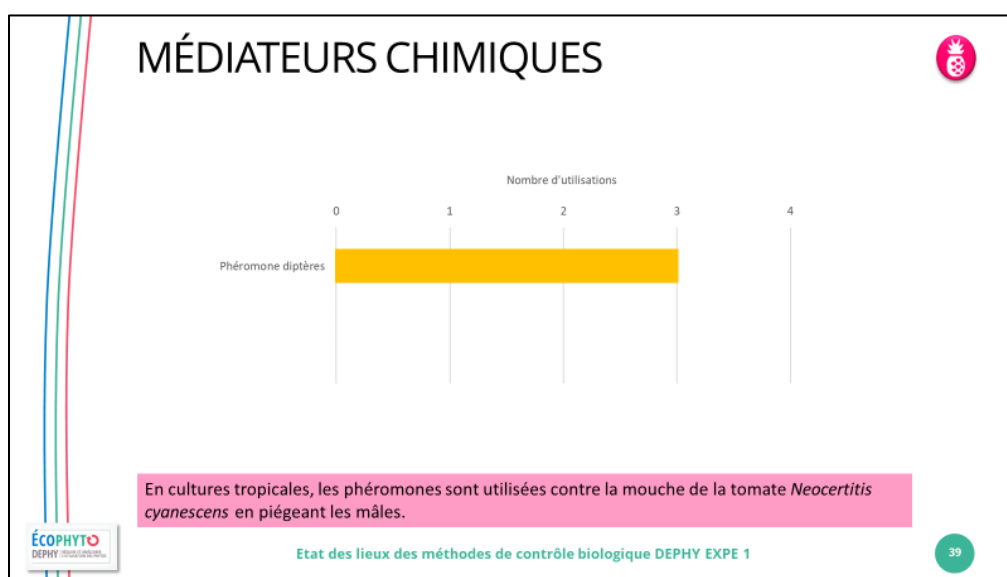
En viticulture, l'usage majoritaire est vis-à-vis des *Eudemis* et en arboriculture contre les carpocapses, les mineuses et les tordeuses s'attaquant aux pommiers, abricotiers et pêchers.

En légumes, il y a eu des usages signalés en cultures de tomates sur *Tuta absoluta* et en laitues sur noctuelles.

Vis-à-vis des diptères (mouches) des cas d'usage ont été signalés, un en cultures tropicales et deux en arboriculture.

Ces méthodes sont utilisées pour limiter les populations mais aussi pour les surveiller.

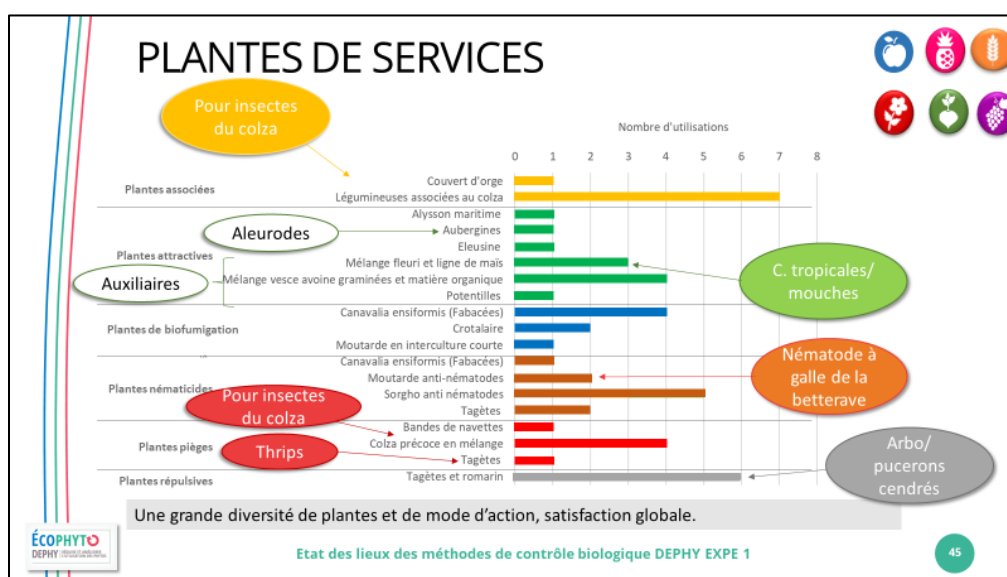
Selon les situations, la mise en œuvre est très complexe car souvent collective et coûteuse. Il n'y a pas d'avis précis car les évaluations sont parfois difficiles à faire au sein des essais. Il est noté qu'il n'y a rien sur les coléoptères avec ce type de méthodes.



En cultures tropicales, les phéromones en piégeant les mâles sont utilisées contre la mouche de la tomate *Neocertitis cyanescens* (mouche des fruits des solanacées présentes à la réunion et à Mayotte).



Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les plantes de services.



Concernant les plantes de services, des légumineuses associées au colza sont installées pour lutter contre les coléoptères du colza, les altises, pour lutter contre les charançons de la tige et aussi contre les pucerons.

Des aubergines sont utilisées comme plantes pièges vis-à-vis des aleurodes des serres. En les détruisant régulièrement, les aleurodes sont également aussi éliminées. Ainsi normalement la population de ravageur diminue et la culture sera moins infestée par ces ravageurs.

Pour favoriser les auxiliaires, les utilisations signalées sont des mélanges de vesces, d'avoines et graminées, des potentilles et des apports de matières organiques.

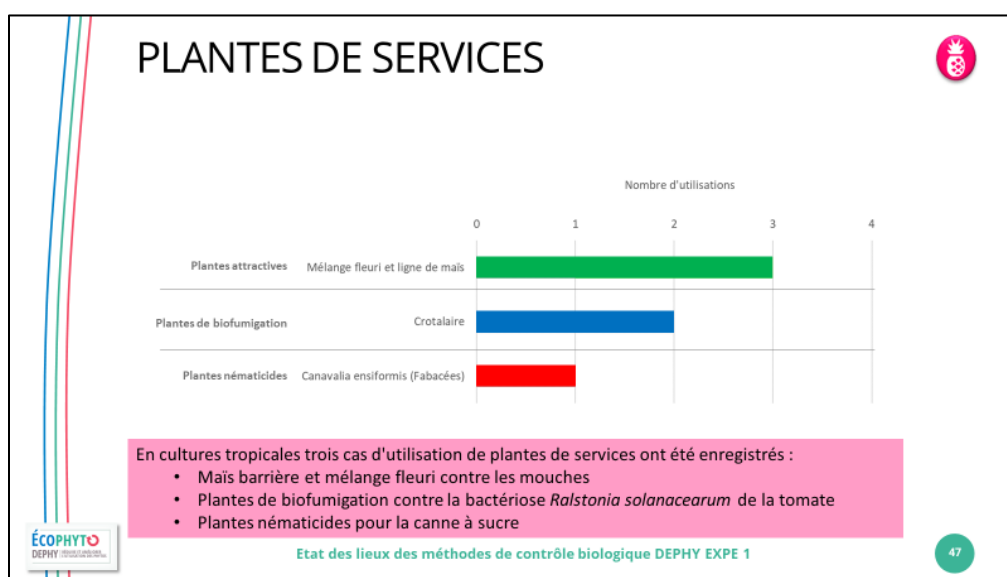
Ces mélanges d'espèces végétales se font beaucoup en viticulture en inter-rang.

En interculture avant les betteraves, des moutardes anti-nématodes sont installées pour limiter le développement des populations des nématodes à kystes de la betterave (*Heterodera schachtii*).

En culture de colza, des bandes de navettes sont installées pour détourner les attaques des coléoptères ravageurs du colza.

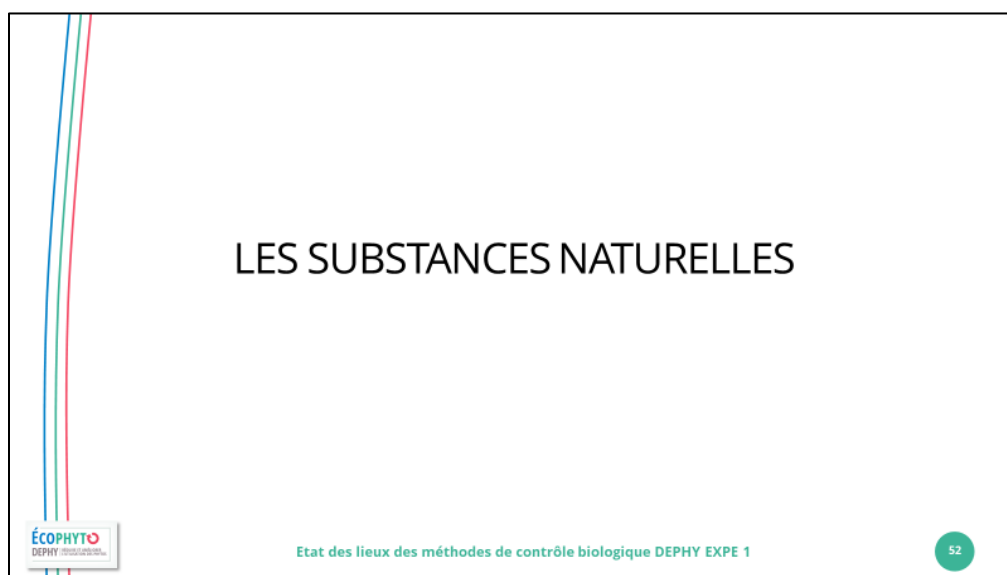
Pour lutter contre les thrips, différents modes de gestion de l'installation des tagètes sont proposés.

En arboriculture, des tagètes et des plants de romarins sont installés en vue de maîtriser la présence de pucerons cendrés. Actuellement, on ne sait pas si l'effet constaté est un effet direct ou si c'est un effet indirect via le développement de la faune auxiliaire qui y retrouverait refuge et alimentation.

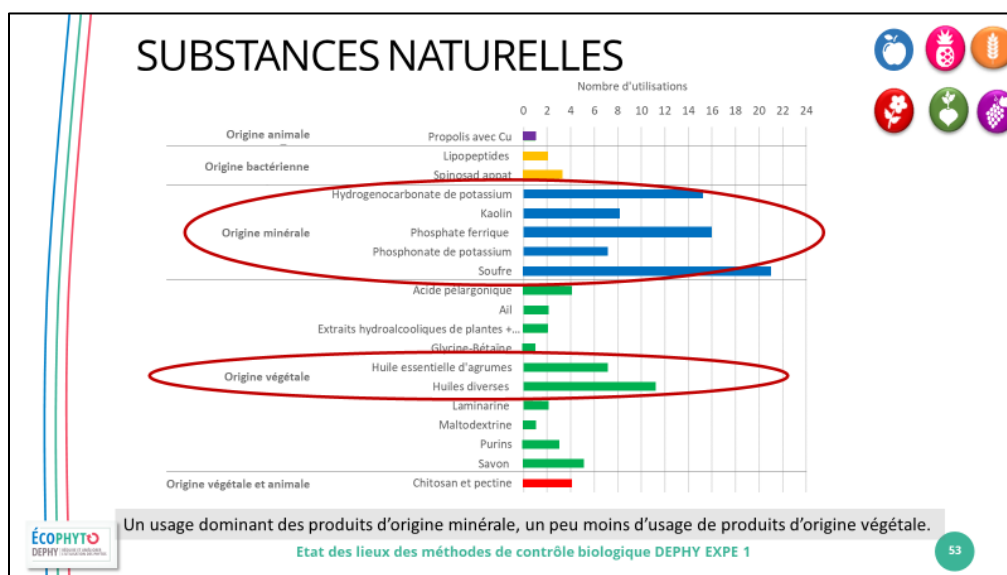


En cultures tropicales trois cas d'utilisation de plantes de services ont été enregistrés dans le réseau DEPHY EXPE :

- contre les mouches, des pieds de maïs, qui forment une barrière pour leur déplacement, et des mélanges fleuris pourraient limiter les attaques,
- des plantes de biofumigation sont utilisées contre la bactériose *Ralstonia solanacearum* de la tomate,
- des plantes nématocides sont utilisées en vue de protéger la canne à sucre.

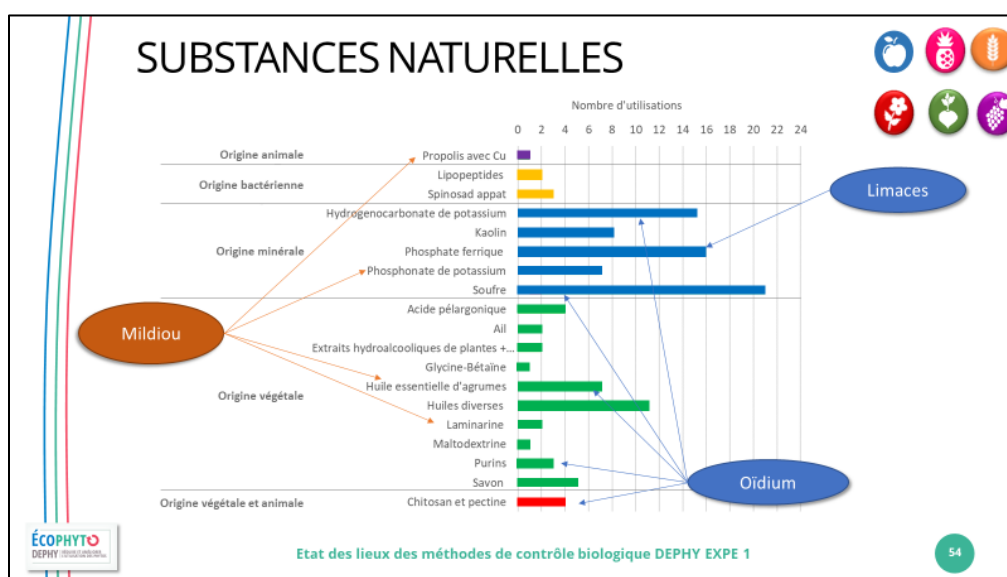


Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les substances naturelles.



Cette figure présente la diversité des substances naturelles utilisées qui ont une diversité de provenance :

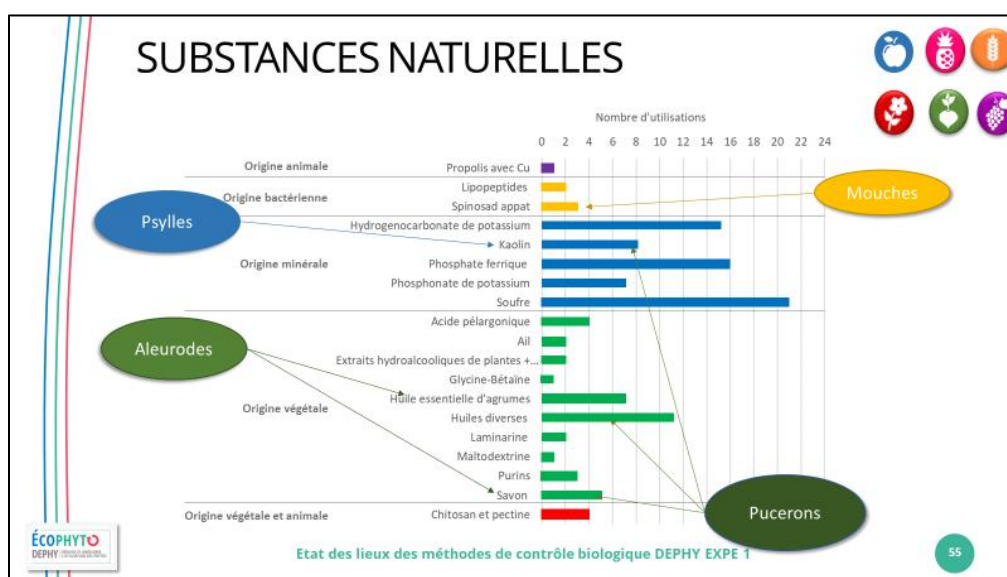
- Origine animale : la propolis
- Origine bactérienne : lipopeptides, spinosad appât
- Origine minérale (cf liste ci-dessus)
- Origine végétale (cf liste ci-dessus)
- Mélange origine végétale et animale : chitosan et pectine



Cette figure présente l'inventaire des substances naturelles utilisées : par exemple, le problème des limaces est réglé avec le phosphate ferrique.

Beaucoup de produits sont utilisés contre l'oïdium (cf graphique).

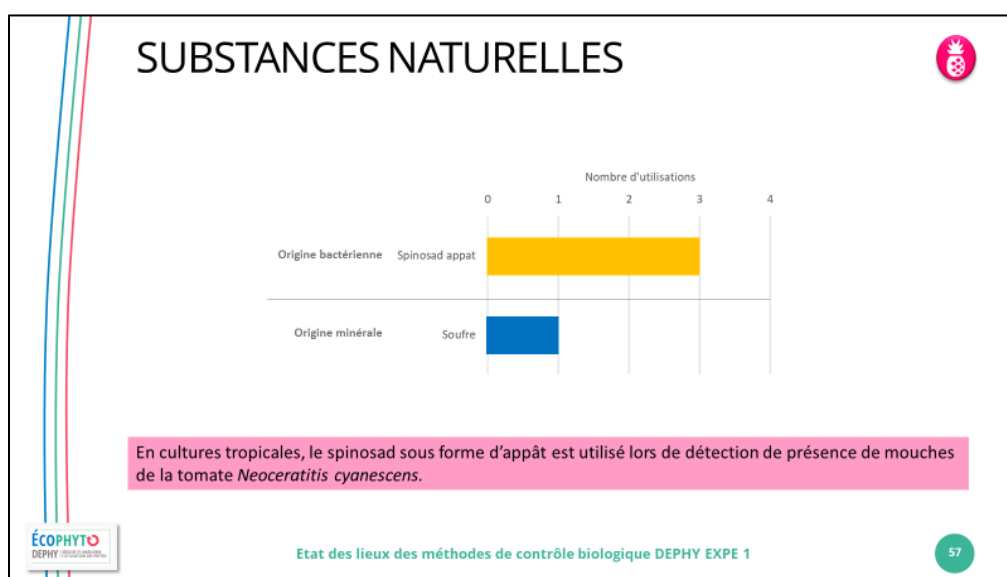
Pour le mildiou, on retrouve la propolis associé avec du cuivre, le phosphate de potassium, l'huile essentielle d'agrumes et la laminarine, ces deux dernières sont d'origine végétale.



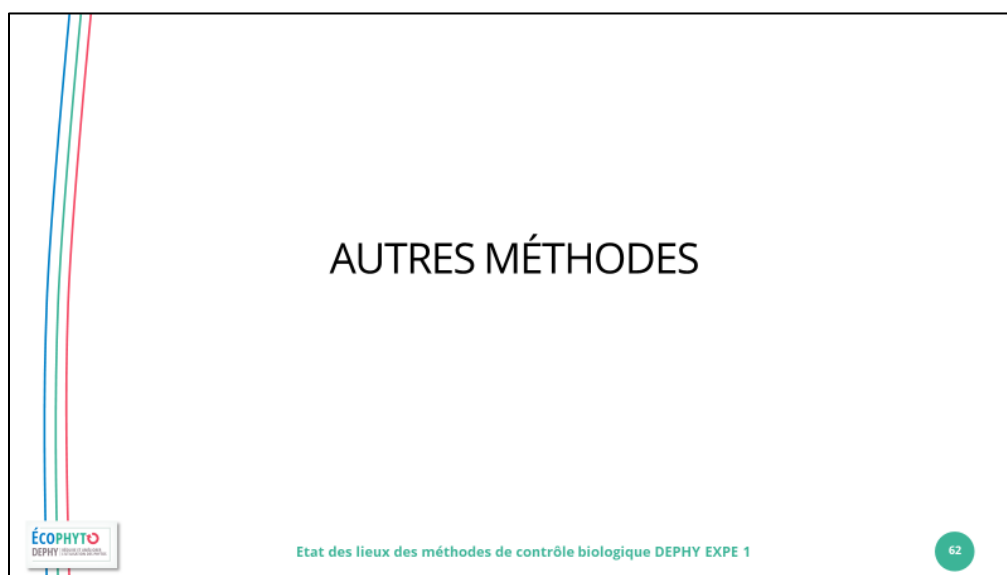
En arboriculture, le kaolin est utilisé contre les pucerons et les psylles des pommiers et des abricotiers. La glycine-béatine contre la moniliose du prunier. Diverses huiles sont employées contre les pucerons.

En cultures tropicales, à la Réunion, des appâts à base de spinosad sont utilisés durant la culture contre la mouche de la tomate *Neocertitis cyanescens* et lors de détection de symptômes.

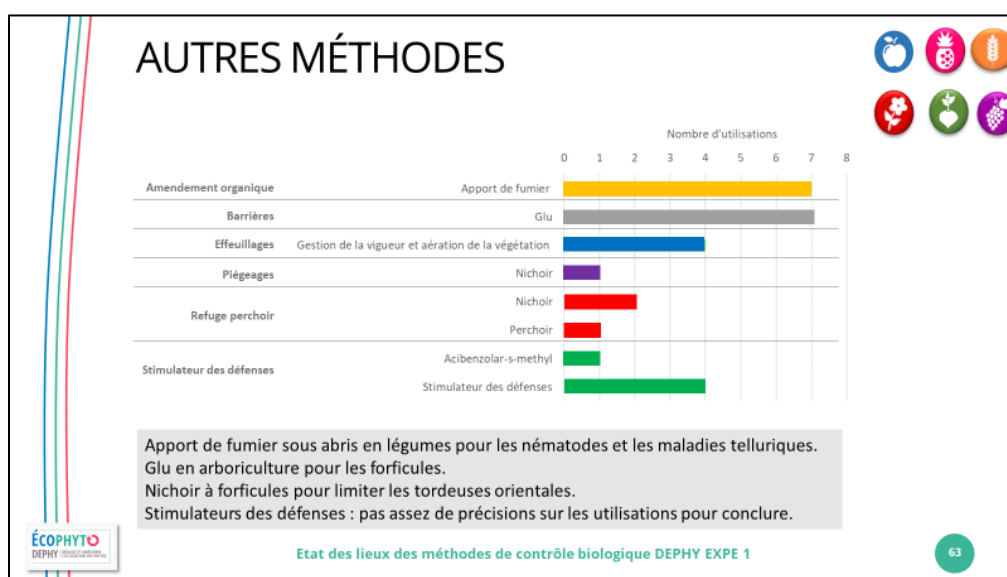
En grandes cultures, il n'y a que peu d'utilisation dans le réseau hormis les anti-limaces et l'acide pélargonique utilisé comme défanant en culture de pommes de terre.



En cultures tropicales, le spinosad sous forme d'appât est utilisé lors de détection de présence de mouches de la tomate *Neoceratitis cyanescens*.



Les données ont été rassemblées par grand type de méthodes, voici celles concernant les autres méthodes.



Dans la catégorie « autres méthodes », les amendements organiques sont souvent signalés.

En culture de légumes sous abris, les apports de fumier sont employés pour lutter contre les nématodes et les maladies telluriques. L'objectif est d'améliorer certains composants de la fertilité du sol, dont les équilibres microbiens afin de limiter le développement des bioagresseurs telluriques.

Les apports sont réguliers au fil de la succession des cultures.

La glu est utilisée en arboriculture pour éviter que les forficules montent le long des troncs.

En viticulture, l'effeuillage gère la vigueur et l'aération de la végétation afin qu'il y est moins de maladies de types oïdium, mildiou voire black root.

Des piégeages avec des cartons ondulés sont effectués pour piéger des forficules et par la suite les détruire. Dans d'autres cas des nichoirs sont installés pour favoriser leur présence pour qu'elles régulent les ravageurs comme les tordeuses du pêcher.

Il est également mis en place des nichoirs pour favoriser la présence de rapaces pour lutter contre les rongeurs.

Les stimulateurs de défense des plantes d'origine chimique sont parfois signalés mais les données à ce sujet ne sont pas suffisantes pour avoir un avis sur ce point.

AUTRES MÉTHODES



Aucune utilisation recensée



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

65



LES MÉTHODES DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE POUR LUTTER CONTRE /

- LES MALADIES ET RAVAGEURS LIÉS AU SOL
- LES MALADIES DES PARTIES AÉRIENNES
- LES RAVAGEURS DES PARTIES AÉRIENNES

ÉCOPHYTO
DEPHY

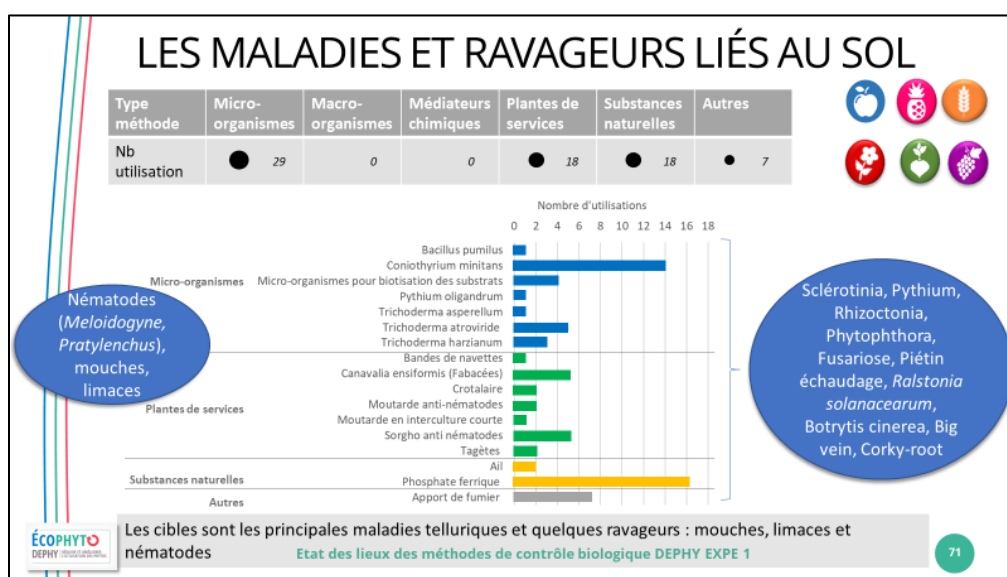
Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

70

Afin de répondre à la question : Quelles méthodes pour quels bioagresseurs ? Les regroupements suivants ont été réalisés par type de cibles :

1. Les maladies et ravageurs liés au sol
2. Les maladies des parties aériennes
3. Les ravageurs des parties aériennes

Lors de la recherche d'une cible, à l'aide fichier Excel, il est possible de savoir quelles sont les méthodes qui ont été utilisées dans le réseau. Cet outil peut être enrichi à terme.



D’une manière générale, le nombre d’utilisations vis-à-vis des maladies et des ravageurs liés au sol n’est pas très important.

29 micro-organismes, 18 plantes de services, 18 substances naturelles et 7 autres méthodes.

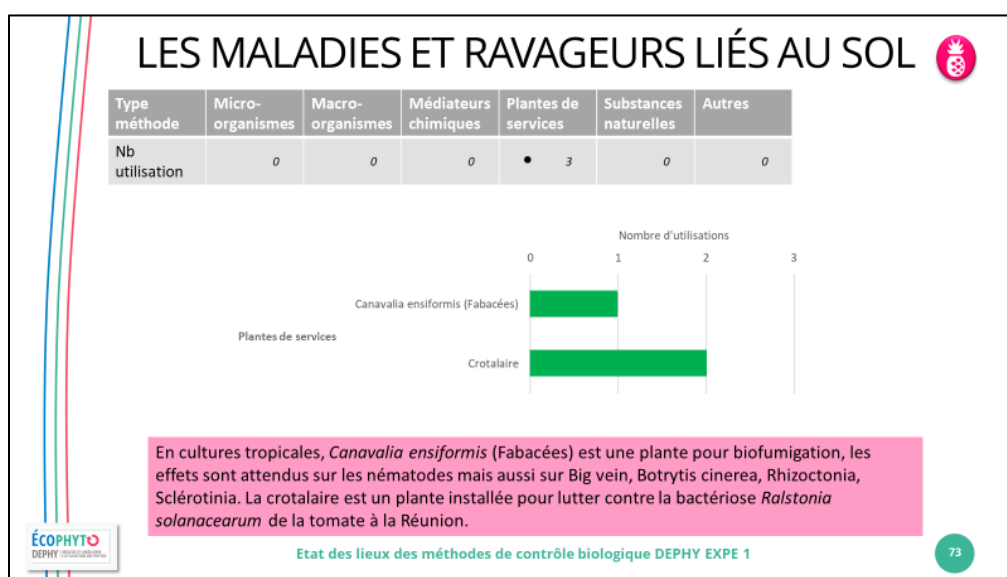
Il y a un nombre de maladies telluriques important : Sclérotinia, Pythium, Rhizoctonia, Phytophthora, Fusariose, Piétin échaudage, *Ralstonia solanacearum*, Botrytis cinerea, Big vein, Corky-root (*Pyrenochaeta lycopersici*). Le levier génétique (choix de plantes résistantes ou tolérantes) est également important pour lutter contre ces maladies.

Des micro-organismes antagonistes peuvent également être incorporés au sol. Par exemple, dans les plantes en pot, un mélange dénommé "micro-organismes pour biotisation des substrats" est mis en place pour éviter que les autres micro-organismes pathogènes se développent.

Les *Trichoderma* sont étudiés depuis longtemps pour lutter contre ces maladies telluriques.

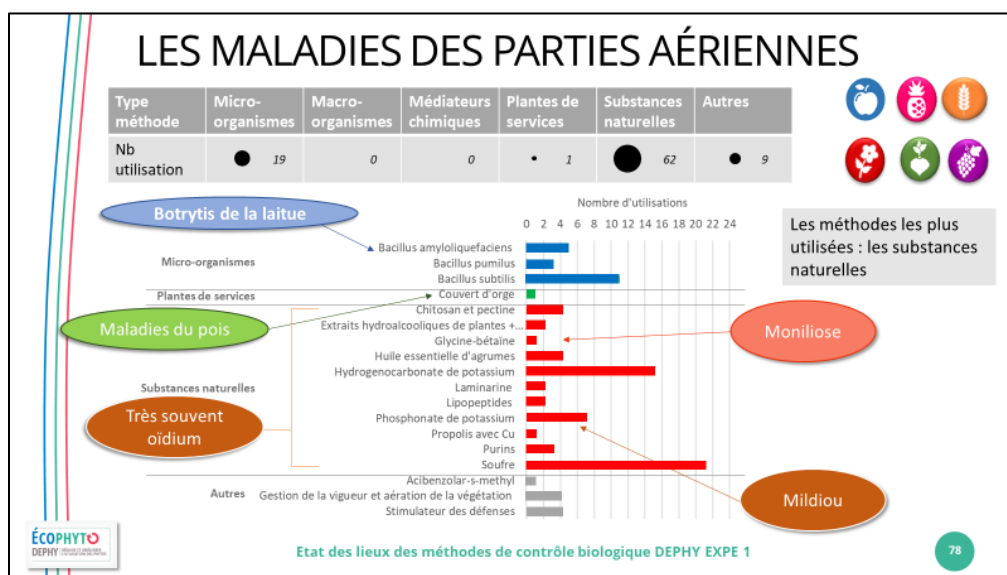
Les plantes de services ont des usages qui se développent beaucoup ces temps-ci et dans cet inventaire la plupart est utilisée vis-à-vis des ravageurs (nématodes (Mélodogyne, Pratylenchus), mouches, limaces). Bien sûr d’autres effets de leur usage sont attendus.

Les substances naturelles inventoriées sont surtout le phosphate ferrique et les apports de fumier (de la catégorie autres méthodes).



En cultures tropicales, *Canavalia ensiformis* (Fabacées) est une plante pour biofumigation, les effets sont attendus sur les nématodes mais aussi sur Big vein, Botrytis cinerea, Rhizoctonia, Sclerotinia.

A la Réunion, la crotalaire est une plante installée pour lutter contre la bactériose *Ralstonia solanacearum* de la tomate.



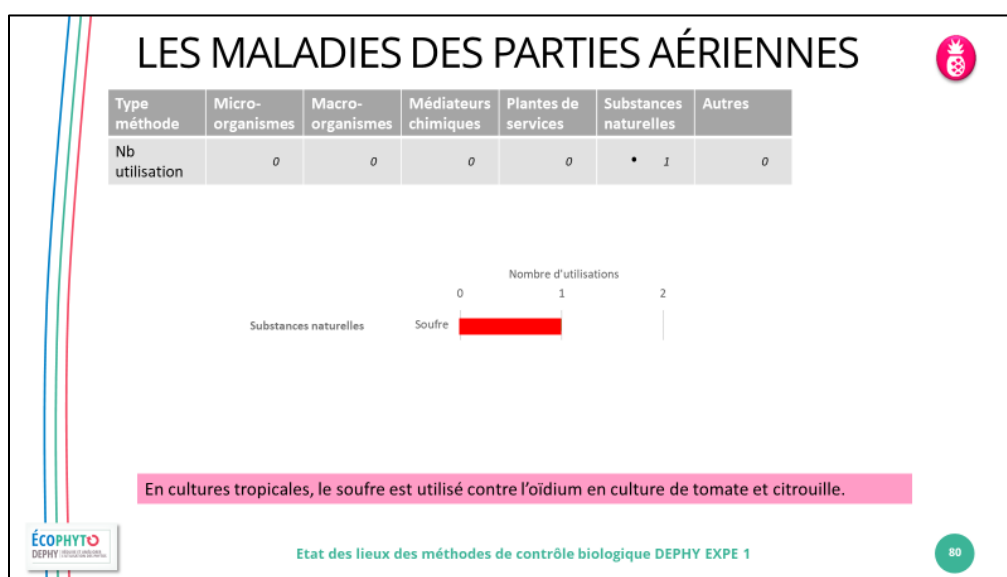
Concernant les maladies des parties aériennes, les substances naturelles dominent.

Différentes espèces de *Bacillus* sont utilisées contre le botrytis de la laitue.

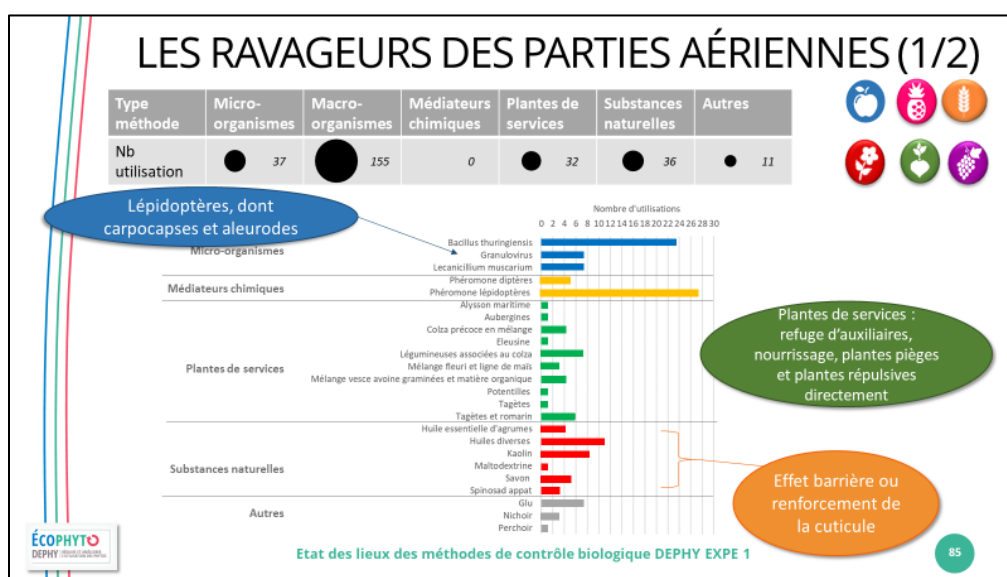
B. amyloliquefaciens et *B. pumilus* sont également actifs sur l'oïdium de la vigne

Des couverts d'orges sont mis dans le pois pour lutter contre leurs maladies et sont détruits après.

Des applications de substances naturelles sont destinées à lutter contre l'oïdium et plus ponctuellement ces produits sont aussi utilisés pour lutter contre d'autres maladies comme le mildiou, la moniliose ou encore la tavelure. Ces produits sont également utilisés en association avec du cuivre et du soufre, ces substances naturelles permettent de cette manière de baisser considérablement les doses. Elles sont aussi utilisées pour les applications plus précoces.



En cultures tropicales, le soufre est utilisé contre l'oïdium en culture de tomate et de citrouille.



Pour les ravageurs des parties aériennes, les usages sont en effectif plus importants et les solutions potentielles sont plus nombreuses (*Bacillus thuringiensis*, les granulovirus et *Lecanicillium* contre les aleurodes).

Les médiateurs chimiques rencontrés sont les phéromones de diptères et de lépidoptères. Parfois, ces produits doivent être mis en œuvre dans le cadre de lutte collective et leur mise en œuvre n'est pas toujours aisée.

L'installation de plantes de service a généralement l'objectif de servir de refuge pour les auxiliaires. Sous serre, elles sont également associées à un nourrissage pour maintenir les populations d'auxiliaires.

Des plantes pièges (aubergines) et des plantes répulsives (tagètes et romarin) sont également installées pour leurs effets potentiels sur les ravageurs. Néanmoins, la nature de l'effet est encore peu connue effectivement (effet direct sur les ravageurs ou via les auxiliaires).

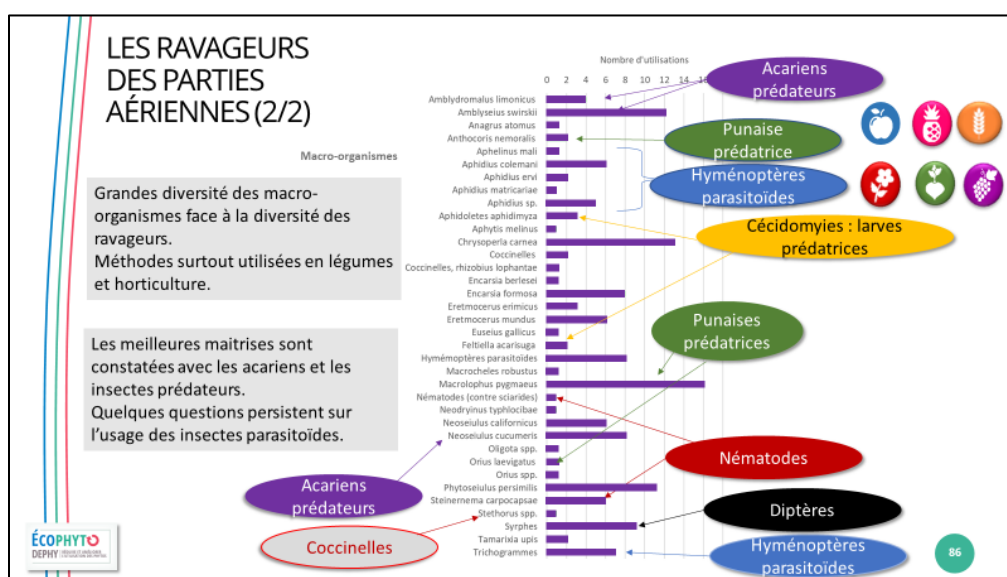
Il y a une certaine diversité dans les substances naturelles utilisées. Les attendus de leur usage sont :

- un effet barrière mécanique, ce qui est le cas du kaolin employé contre les pucerons ou les psylles en arboriculture ;
- un renforcement ou un effet sur la cuticule des végétaux
- un effet dessiccant de l'huile essentielle d'agrumes sur les acariens.

Parfois, il est attendu un effet de réaction des plantes plus global, le produit se comporterait comme un déclencheur de réponses physiologiques des plantes.

D'une manière générale, les modes d'actions ne sont pas forcément encore bien connus du fait de la diversité des produits et de la diversité des cultures sur lesquelles ils sont appliqués.

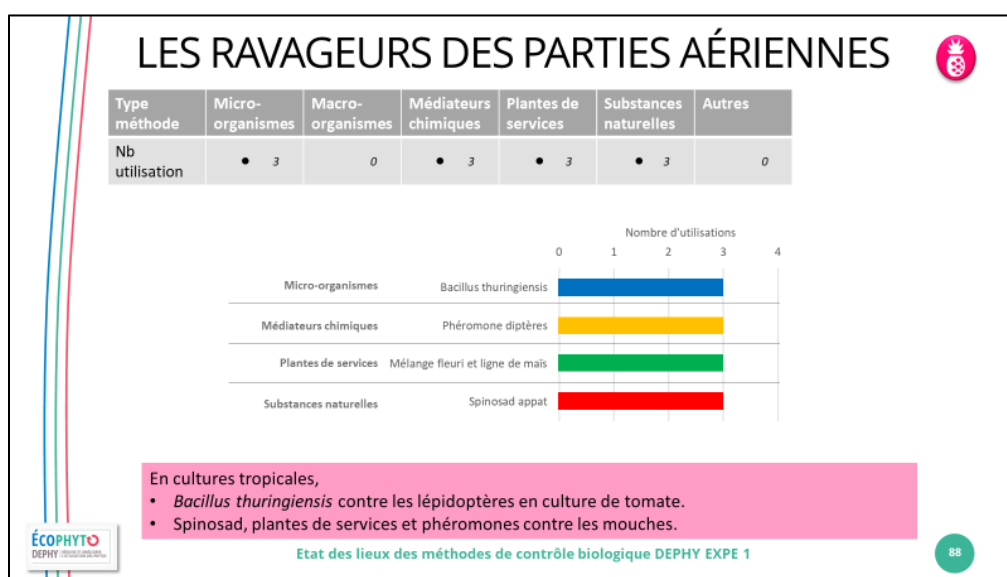
De plus, les efficacités de ces produits peuvent varier, entre autres, selon qu'ils soient appliqués en préventif ou en curatif, selon leurs fréquences d'application et selon la qualité de pulvérisation.



Concernant les ravageurs des parties aériennes, il est possible d'utiliser :

- Quelques acariens prédateurs pour lutter essentiellement contre des acariens phytophages, tétranyques ou les thrips.
- Des punaises prédatrices qui ont été signalées parfois d'origine naturelle ou des insectes du commerce.
- Deux cécidomyies ont été signalées.
- L'efficacité des punaises prédatrices du genre *Macrolophus* est appréciée tandis que celle des *Orius* le serait moins.
- L'usage de deux espèces de nématodes est possible dont un contre les carpocapses.
- Des syrphes et des coccinelles (*Stethorus*) sont également assez souvent signalés comme des prédateurs potentiels.
- Les hyménoptères parasitoïdes de la famille des trichogrammes sont largement utilisés contre les pyrales du maïs.

D'une manière globale, il y a souvent une bonne maîtrise des acariens prédateurs, par contre pas mal de questions d'efficacité restent en suspens concernant l'usage des insectes prédateurs et parasitoïdes.



En cultures tropicales, il est employé :

- *Bacillus thuringiensis* contre les lépidoptères en culture de tomate.
- Du spinosad en appât, des plantes de services et des phéromones contre les mouches.

ÉLÉMENTS DE DISCUSSION (1/3)



Médiateurs chimiques, ancienne pratique largement utilisée avec succès.
D'autres techniques pratiquées mais non signalées dans DEPHY EXPE par exemple le sulfate de calcium sur les monilioses des pêchers et des abricotiers.



Pas de recensement des effets des plantes de service sur les adventices.
Une réglementation qui ne permet pas l'utilisation de macro-organismes non locaux.



Peu de techniques utilisées mais sur de vastes surfaces.
Systèmes en agriculture biologique source de nouveaux leviers.
Attentes importantes vis à vis des plantes de service.



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

93

Voici quelques éléments pour une discussion plus générale, multi-filières pour concevoir des stratégies voire des systèmes impliquant le biocontrôle d'une manière plus importante.

En arboriculture, les médiateurs chimiques sont d'anciennes pratiques aujourd'hui largement utilisées avec succès, néanmoins il y a quand même des difficultés d'expérimentation de ces méthodes dans le cas des essais DEPHY EXPE.

Il y a d'autres pratiques qui n'ont pas été signalées dans DEPHY, cette présentation n'est pas exhaustive de ce qui est mené en France mais seulement de ce qui s'est fait dans le réseau DEPHY EXPE 1.

Par exemple, dans le réseau DEPHY FERME, le sulfate de potassium est très utilisé contre la moniliose des pêchers et des abricotiers, ce qui n'avait jamais été signalé dans les fiches DEPHY EXPE.

En cultures tropicales, il y aurait à faire :

- un recensement des plantes de service à réaliser sur les adventices, qui sont un problème majeur surtout pour la canne à sucre et la banane.
- un focus sur la réglementation qui ne permet pas l'utilisation de macro-organismes non locaux et envisager les actions et les études à conduire sur cette thématique.

En grandes cultures, le nombre de méthodes de contrôle biologique utilisées est en faible effectif, néanmoins de par les surfaces impliquées les conséquences environnementale de leur application peuvent être importantes.

Les attentes vis à vis des plantes de service sont importantes sur différents paramètres relatifs à la santé végétale et à l'agronomie. Malgré de nombreuses études en cours, les attentes du réseau DEPHY dépassent les connaissances actuelles.

Par ailleurs, les systèmes en agriculture biologique peuvent être une source d'inspiration importante pour identifier de nouveaux leviers.

ELÉMENTS DE DISCUSSION (2/3)



- Biocontrôle avec macro-organismes souvent très cher (élevages coûteux), et fonctionne bien si les températures clémentes, des difficultés rencontrées en serres froides (Pensées) ou à températures très élevées (Rosiers).
- Durée des cultures plus longues qu'en légumes (6 mois) => nécessité de maintenir un équilibre sur une assez longue période.
- Développement de l'usage des plantes de service pour remplacer les macro-organismes, plantes réservoirs de pucerons (orge) pour maintenir des *Aphidius* en place, plantes pièges de type aubergines, potetilles pour l'apport de pollen nécessaire au maintien des auxiliaires.
- Médiateurs chimiques utilisés dans les faits (limite de la représentativité de DEPHY EXPE par rapport à DEPHY FERME).
- Mise en œuvre souvent accompagnée par des conseillers spécialisés.
- De nombreuses impasses techniques concernent également toutes les cultures tropicales



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

94

En horticulture, le biocontrôle avec les macro-organismes est une solution très pratiquée mais qui reste très coûteuse car la commercialisation des macro-organismes a un coût élevé. Ces organismes sont efficaces si les températures sont clémentes mais dans des serres trop froides ou lors de températures très élevées, ils souffrent et leur efficacité diminue.

En horticulture, les durées de culture sont nettement plus longues qu'en cultures légumières. En général, cette durée peut dépasser 6 mois pour des plantes en pots ou des fleurs coupées. L'équilibre biologique permettant une bonne régulation des bioagresseurs sous les abris doit donc être maintenu sur une période assez longue. Cette difficulté est également rencontrée en cultures légumières dans les serres de fraises.

Actuellement, on observe un développement de l'usage des plantes de services en vue de remplacer les macro-organismes. Par exemple l'objectif est de mettre des plantes réservoirs de pucerons (orge) pour maintenir des *Aphidius* en place, des plantes pièges de type aubergines, des potetilles pour l'apport de pollen nécessaire au maintien des auxiliaires.

Les médiateurs chimiques sont bien plus utilisés dans les faits que ce qui vous a été présenté, c'est la limite de la représentativité de DEPHY EXPE par rapport à DEPHY FERME.

Certaines mises en œuvre de ces méthodes de contrôle biologique sont souvent accompagnées par des conseillers très spécialisés qui ont des accords de confidentialité qui les empêchent d'échanger sur ces sujets.

De nombreuses impasses techniques concernent toutes les cultures tropicales

ELÉMENTS DE DISCUSSION (3/3)





- Des impasses techniques : par exemple pucerons des fraisiers pas assez d'efficacité des méthodes de contrôle biologique et plus de rattrapage possible.
- Croiser les liens plantes de services avec les macro-organismes.
 - Maintenir les macro-organismes en automne, par exemple *Macrolophus* sur des soucis=> nécessité d'anticiper.
- Des références attendues pour le choix des espèces et des variétés.
- Evolution de la filière vers l'industrie et les AMAP=> échappe aux structures de R et D habituelles.
- Transmission des exploitations en baisse, comment faire l'acquisition de savoir-faire nécessaire aux pratiques alternatives, a-t-on encore le temps ? =>notion de temporalité de la transition, du changement de paradigme et de la nécessaire formation des nouvelles générations.

- Utilisation des substances naturelles souvent en association avec du cuivre et du soufre, développement de leur usage en remplacement des CMR.
- Usage des plantes de services en développement dont par exemple désinfection court-noué.



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

En cultures légumières, comme en horticulture, les impasses techniques sont de plus en plus nombreuses du fait de la disparition de certains produits chimiques et face à ces lacunes les méthodes de contrôle biologique ne sont pas encore suffisamment nombreuses. Par exemple, dans le cas des pucerons des fraisiers et les traitements de rattrapage ne sont plus possibles et cela pose de gros problèmes aux structures qui ont investi de façon importante dans la production de fraises.

Des études en cours recherchent à favoriser les populations de macro-organismes via l'installation de plantes de service. Par exemple :

Maintenir sous les abris en automne des *Macrolophus* sur des soucis en vue de maîtriser les pullulations de pucerons qui auront lieu plus tard (au printemps ou à l'été).

Des références sont attendues sur le choix des espèces et des variétés à mettre en place afin de profiter au mieux des avantages bénéfiques des interactions entre les plantes de services et les macro-organismes.

En viticulture, les éléments de réflexion suivants ont été identifiés : les substances naturelles sont de plus en plus utilisées et souvent en association avec du cuivre et du soufre. Certains usages de produits de biocontrôle se développent en remplacement des produits CMR. Il y a donc de fortes attentes par rapport à la connaissance sur les conditions d'efficacité de ces produits.

Il ressort également des questions relatives à l'usage des plantes de service qui pourraient être utilisées pour la désinfection des sols vis-à-vis du court-noué.

CONCLUSIONS

Des acquis

- Large l'utilisation des méthodes de contrôle biologique dans le cadre DEPHY EXPE V1
- Des leviers associables à d'autres leviers pour arriver à des systèmes avec de faibles IFT

Des freins

- Dépendance des efficacités de facteurs mal connus ou difficile à maîtriser (climat, date et mode d'application, nourrissage...)
- Coût/efficacité à améliorer

Des besoins

- Du temps pour installer les équilibres permettant les régulations naturelles (ex : plantes de service, aménagements spécifiques)
- De nombreuses connaissances à acquérir sur ces leviers et un savoir-faire pour les combiner avec d'autres => **technicité**
- Des évaluations multicritères des performances des méthodes de contrôle biologique et des systèmes les utilisant pour « quantifier » les résultats.



Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

96

Voici quelques éléments de conclusion sur ce travail d'inventaire des méthodes de contrôle biologique :

Des acquis :

- une satisfaction globale de l'utilisation des méthodes de contrôle biologique dans le cadre de DEPHY EXPE 1,
- des fiches SYSTEME riches mais non exhaustives de toutes les méthodes réellement mises en place dans les essais,
- l'identification de l'effet positif de ces méthodes de contrôle biologique associable à d'autres leviers à effet partiel pour arriver à des systèmes avec de faibles IFT.

Des freins au développement de ces méthodes sont souvent observés :

- l'efficacité des méthodes dépendent de facteurs encore mal maîtrisés ou mal connus,
- une phase d'apprentissage assez importante est nécessaire pour que les expérimentateurs soient opérationnels dans leurs mises en œuvre,
- un déploiement plus large demanderait de préciser le coût/efficacité de ces méthodes afin de pouvoir établir des bilans technico-économiques argumentés.

Les principales contraintes relevées sont :

- le temps nécessaire à l'installation des équilibres biologiques permettant des régulations naturelles effectives,
- une technicité et des connaissances à acquérir sur ces leviers et un savoir-faire pour les combiner avec d'autres,
- la nécessité d'être plus précis sur les évaluations multicritères des performances de ces méthodes de contrôle biologique. Ces évaluations pourraient également portées sur les autres leviers alternatifs aux pesticides et sur leur combinaison afin d'arriver à une quantification plus précise des effets des différentes stratégies testées dans les essais systèmes.

Les méthodes de contrôle biologique, le plus souvent combinées entre elles et ensuite avec d'autres leviers, donnent des résultats satisfaisants, néanmoins les usages sont variables selon les filières et les performances en termes d'efficacité et de coûts sont également variables. Des évaluations multicritères de ces méthodes seraient souvent nécessaires en amont du conseil de leur usage.

Parmi les facteurs conditionnant la réussite des méthodes basées sur l'utilisation de macro-organismes, il y a :

- la technicité des opérateurs afin qu'ils appréhendent les effets de la conjonction de paramètres biotiques et abiotiques sur les efficacités de méthodes de contrôle biologique,
- les modes d'approvisionnement des fournisseurs d'auxiliaires et la qualité des produits appliqués.

Dans EXPE 2, par rapport à EXPE 1, les projets dépassent maintenant le simple usage des méthodes de contrôle biologique en favorisant le développement des auxiliaires « par conservation » ou « par introduction » en recherchant à accentuer les effets bénéfiques attendus de la régulation naturelle (ex : ALTO, Vertical, Sydra) et parfois à des échelles supra-parcellaires (ex : R2D2).

BILAN ET PERSPECTIVES

- Un travail d'analyse et de synthèse conséquent.
 - une ressource à la disposition du réseau qui sera croisée avec les données observées dans le réseau FERME
 - une synthèse valorisée au-delà du réseau
 - une méthode d'inventaire et d'analyse à remobiliser pour le suivi et la capitalisation de résultats observés dans vos expérimentations
 - une évaluation des performances des méthodes de contrôle biologique et de leur mise en œuvre (temps passé et coût notamment) en combinaison avec d'autres leviers à consolider (individuel, transversal)
 - *comptes rendus DEPHY EXPE, valorisation des données saisies dans les outils,...*
- Caractériser les méthodes conduisant aux IFT les plus bas.
- Identifier et examiner les pratiques rares encore peu utilisées.
- Favoriser les échanges de connaissances sur ces leviers et les modalités de leur association aux systèmes
 - groupe/plateforme/réseau d'échange
- Dans EXPE 1, les Méthodes de Contrôle Biologique ont été utilisées plutôt en provoquant des régulations naturelles par « introduction ».
 - dans EXPE 2, on accentue les régulations naturelles « par conservation » ou « par accentuation » dans des échelles parfois supra-parcellaires.


Etat des lieux des méthodes de contrôle biologique DEPHY EXPE 1

97

Voici quelques éléments de réflexion issus de ce travail :

Il était important de réaliser cet état des lieux à partir des fiches SYTEME du réseau DEPHY EXPE 1 et de créer un fichier excel valorisant cet inventaire issu d'expérimentations qui ont demandé un travail considérable sur de multiples stations expérimentales. Ce mode de diffusion via cette présentation et le fichier excel associé permet aussi de partager ces expériences au sein du réseau et plus largement. Les jeux de données et les présentations sont également disponibles au-delà du réseau via Api-Agro, Data-gouv, EcophytoPIC.

Pour enrichir cette action, il est envisagé de croiser ces données avec celles issues du réseau DEPHY FERME. De nombreuses données seraient encore à valoriser, notamment celles contenues dans les comptes-rendus EXPE mais aussi toutes les données saisies à travers divers outils Agrosyst, Syssterre, Mes Parcelles... .

Cette démarche d'inventaire, une fois consolidée, peut générer un mode de suivi et de capitalisation des résultats acquis dans les essais du réseau DEPHY. A terme, cela pourrait servir à bâtir une méthodologie générique destinée à structurer de futures analyses thématiques transversales au sein du réseau.

Une évaluation des performances des systèmes pourrait être conduite à l'aide d'une diversité des indicateurs concernant les possibilités de mise en œuvre et les efficacités des méthodes de contrôles biologiques en lien avec les autres leviers. Cependant, cette démarche reste à concevoir pour les différentes filières et dans l'idéal, elle devrait pouvoir se faire à l'échelle des systèmes et aussi de manière transversale aux projets.

Ainsi, il serait encore utile de :

- caractériser certaines méthodes qui ont conduit soit à des « succès stories » et/ou à des IFT bas,
- identifier les pratiques qui sont plus rares/plus innovantes ou encore peu utilisées,
- croiser les verrous ou impasses techniques avec ces leviers (expliquer pourquoi cela fonctionne ou cela ne fonctionne pas),
- identifier les modes d'association des méthodes de contrôle biologique avec les autres leviers,
- favoriser les partages d'expériences et les échanges de connaissances sur ces leviers à travers différents canaux : groupe/plateforme/réseau d'échange.

Dans EXPE 1, les méthodes de contrôle biologique ont été utilisées plutôt en attendant des régulations naturelles par « introduction », dans EXPE 2, la priorité a été donnée aux régulations naturelles « par conservation » ou « par accentuation » dans des échelles parfois supra-parcellaires.

Cette évolution forte demande, pour atteindre ses objectifs, de conduire de manière adaptée la mesure de nombreuses performances dont celles relatives à la biodiversité fonctionnelle.