

# AGROFLASH

## AGRONOMIE HEPIA NOVEMBRE 2021

ÉDITO

### Reprise !

**Après un printemps et un été difficiles pour les productions agricoles, l'automne accueille une nouvelle volée d'étudiants en Agronomie. La conscience des changements à opérer pour préserver notre environnement et nos capacités de production est toujours mieux partagée et plus aiguë, l'urgence des adaptations à effectuer est de mieux en mieux perçue.**

Dans ce mouvement qui se dessine, les productions spéciales et horticoles sont directement concernées : écobilan des productions, préservation des ressources (biodiversité, eau, sol), réponse aux demandes locales, bouclage des cycles, végétalisation de l'espace urbain densifié. En horticulture les problèmes sont particulièrement saillants et particulièrement difficiles à gérer. C'est une grande stimulation pour l'ingénieur et sa créativité, les branches professionnelles se fixent des objectifs ambitieux pour des filières de dimension modeste mais si vivantes et si essentielles au quotidien.

La filière Agronomie ne regrette pas d'avoir affirmé sa volonté de transition écologique à travers son programme de formation dès 2008. Nous sommes heureux d'accompagner cette transition, par la formation (poussés par nos futur.e.s agronomes !) et par nos projets de recherche. Néanmoins, nous sommes conscients de pouvoir faire encore plus. Le Plan d'Études sera révisé en 2022, avec cette ambition. Les recrutements de deux professeures (Elena Mihailescu en productions maraîchères et Ophélie Sauzet en pédologie) vont dans ce sens, et aujourd'hui la HES-SO Genève nous permet de recruter également en entomologie et arboriculture : bienvenue à la nouvelle équipe qui se dessine. Celles et ceux qui se forment aujourd'hui représentent l'avenir, ils apporteront leurs réponses.

Alors que la pandémie relâche un peu son étreinte dans les esprits et dans la rue, le déroulement des études reprend peu à peu un visage habituel. Ces deux dernières années laissent néanmoins des traces évidentes pour beaucoup, que chacun s'efforce d'effacer.

Le menu réjouissant de cet Agroflash reflète tout ce contexte. Le voyage d'étude a dû être repensé pour avoir lieu en Suisse, moins « exotique » qu'il a parfois pu l'être, mais certainement pas moins intéressant ni moins joyeux. Le camp de terrain de pédologie s'est aussi adapté au rayon d'action limité, nous en avons profité pour rattraper des sorties immanquables et pourtant manquées au printemps (l'alpage de Bise et ses sols si diversifiés !). Enfin les travaux de diplôme soutenus en fin d'été sont là (la seconde session a lieu début décembre). Comme toujours ils présentent une grande diversité et représentent la qualité de votre investissement : merci à tous à commencer par nos nouveaux diplômés.

Pascal Boivin  
Professeur HES  
Doyen filière Agronomie

### SOMMAIRE

<b>Édito</b>	
<b>Reprise !</b>	
Pascal Boivin .....	1
<b>Voyage d'étude agro 2e année</b>	
Célia Brodard, Hélène Delille, Arno Gusbert, Timothé Isenegger .....	2
<b>Camp de pédologie septembre 2021</b>	
Mathieu Devaud, Althéa Stantzios, Théo Gomez, Clémentine Grosjean .....	4
<b>TRAVAUX DE BACHELOR 2020 &amp; TRAVAUX DE BACHELOR COURTS 2021</b> .....	8 - 29
<b>Étude de faisabilité d'un modèle de production agroécologique à la Ferme de la Croix-Rouge genevoise, Troinex</b>	
Quentin à Hauariki .....	8
<b>Effets de l'inoculation de souches de <i>Pseudomonas</i> et <i>Rhizobiaceae</i> sur la croissance et la nodulation du lablab (<i>Lablab purpureus</i>)</b>	
Broquet Camille.....	9
<b>Lutte microbiologique à base de champignons entomophages contre <i>Varroa destructor</i></b>	
Corbex Céline .....	10
<b>Étude des propriétés allélopatiques du souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i>) à l'aide d'un screening de biotests</b>	
Costentin Daphné.....	11
<b>Des couverts végétaux pour séquestrer du carbone comparaison de pratiques et leviers d'action</b>	
Julia Cuttat.....	12

<b>Étude des propriétés allélopatiques d'anciennes variétés de blé</b>	
Delévaux Patrick.....	13
<b>Pistes d'intérêts pour réduire de le travail du sol en cultures maraîchères à faibles intrants sur mulch</b>	
Samuel Engel .....	14
<b>L'influence de bandes fleuries dans un verger sur l'interaction entre le puceron cendré du pommier (<i>Dysaphis plantaginea</i>) et ses prédateurs</b>	
Eperon Adrien .....	15
<b>Impact des biostimulants apportés en condition hors-sol sur culture de tomates</b>	
Gasser Kamal .....	16
<b>Comment détourner <i>Deroceas reticulatum</i> du colza à l'aide de plantes-pièges ?</b>	
Goy Félicien.....	17
<b>Propositions agroécologiques pour la production maraîchère de la Ferme de Fémé à Genève</b>	
Maurer Zsolt.....	18
<b>Évaluation du potentiel de plusieurs espèces de <i>Bacillus</i> et <i>Pseudomonas</i>, isolées localement comme agents d'induction de croissance de diverses plantes cultivées</b>	
Olivier Maxime .....	19
<b>Évaluation de différentes souches bactériennes sur la base de leurs propriétés biostimulantes sur <i>Cannabis sativa</i></b>	
Piva Leonardo.....	20
<b>Isolement et Test de l'antagonisme des champignons endophytes des orchidées épiphytes contre <i>Rhizoctonia solani</i> sur <i>Raphanus sativus</i></b>	
Reddani Jawad .....	21
<b>Évaluation de champignons entomophages pour le contrôle de pucerons en espaces verts et cultures florales</b>	
Redondo Vladimir .....	22
<b>Étude comparée Impact de la haie bocagère sur les qualités biophysiques des sols cultivés</b>	
Rousset Eva .....	23
<b>Optimisation des couverts végétaux en viticulture : aspects botaniques et agronomiques</b>	
Santoro Luca.....	24
<b>Études variétales et agronomiques sur <i>Curcuma (Curcuma sp.)</i></b>	
Schmid Matthias.....	25
<b>Mesurer le stock de carbone dans le sol d'une parcelle agricole : test d'un protocole simplifié</b>	
Schneeberger Lucien .....	26
<b>Évaluation de diverses méthodes de lutte agroécologique contre les principaux ravageurs du chou-fleur</b>	
Secretan Martin.....	27
<b>Élaboration d'un protocole de culture in vitro de <i>Zantedeschia aethiopica</i> « Colombe de la Paix »</b>	
Widmer Jocelyn.....	28
<b>Micropropagation et biotechnologie végétale appliquées sur <i>Cannabis sativa L.</i></b>	
Zare Madjid.....	29

### IMPRESSUM

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

**CONTACT AGROFLASH:**  
Nadia Youfsi Picenni  
nadia.picenni@hesge.ch

**CONTACT AGRONOMIE:**  
Site Lullier  
Route de Presinge 150  
CH - 1254 Jussy  
t+41 22 546 68 55  
agro.hepia@hesge.ch



## Voyage made in Switzerland en temps de crise sanitaire

*Le destin aurait dû nous conduire en Espagne, le Covid en a décidé autrement. Qu'à cela ne tienne, c'est entre le Tessin et Schaffhouse que s'est perpétuée cette année la tradition du voyage d'étude des Agro-2<sup>e</sup> année de l'Hepia.*

Notre deuxième année de bachelor aura été passablement chamboulée par la pandémie, c'est peu de le dire. Ce voyage d'étude a été pour nous l'occasion de resserrer les liens tissés au fil des mois, malgré les cours à distance et la fermeture des lieux de loisirs. Au programme des réjouissances de ce voyage : des bons moments entre amis certes, mais aussi des visites « agronomiques » destinées à consolider certaines connaissances acquises au cours de ces deux dernières années, et à les enrichir.

**Lundi 13/09/21 - Jour 1 :** C'est à bord de 4 skudos que nous partons à l'assaut des routes de Suisse direction le Tessin. Nous nous donnons rendez-vous à Locarno, devant l'embarcadère pour le ferry qui doit nous déposer sur l'île de Brissago. Nous y visitons le fameux jardin botanique de l'île, créé par Max Emden en 1927. Ce dernier regroupe des espèces exotiques venant des quatre coins du monde. Nous y déambulons avec délectation, entre allées de palmiers du Japon, bananiers, ginkgos bilobas et forêt de bambou, ce qui évoque à certains d'entre nous des paysages d'Asie ou d'Amérique latine.

Cette première journée s'achève autour d'une bonne bière au bord du lac Majeur, dont la vue imprenable n'a rien à envier à celle de notre cher Léman.

**Mardi 14/09/21 – Jour 2 :** Pour cette deuxième journée, nous n'avons pas chômé, et ce malgré une première soirée entre amis la veille qui s'est prolongée jusque tard dans la soirée.

8h00, nous voilà partis pour Piazzogna, où nous attend M. Eisenhut, propriétaire et gérant de la pépinière du même nom.



**Les étranges agrumes de la pépinière Eisenhut -**

©Océane Gallay

Il nous accueille le sourire aux lèvres. À la tête de cette petite entreprise fondée par son père, il nous explique les particularités locales qui ont permis la culture d'essences du monde entier. Principalement des Camélias, qui ont fait sa réputation, des Magnolias, des azalées et autres variétés rares à l'époque. Aujourd'hui la pépinière consacre beaucoup de son énergie à la multiplication des agrumes, principalement par bouturage et greffage. Elle commercialise plusieurs dizaines de variétés, certaines ornementales, d'autres fructifères, qui supportent un vaste gradient de rusticité. Dès 1989, ce qui était la parcelle de plantes mères, devient jardin botanique ouvert au public sur une superficie de 1,7 hectares. On y trouve, entre autres, plus de 450 variétés de Magnolias, 950 de Camélias et environ 400 d'Azalées.

A peine le temps pour nous de dîner, une seconde visite nous attend à 13h dans la campagne de Gudo. Seminterra, une petite coopérative agricole comme on les aime nous ouvre ses portes.

Composée de 15 associés, Seminterra ne produit pas seulement des paniers hebdomadaires (bios, évidemment !), elle a également à cœur d'organiser des événements culturels ou à visée pédagogique. La beauté de leur jardin maraîcher suscite d'autant plus notre admiration qu'aucun des coopérateurs n'a de formation en horticulture, mais tous ont un autre job à côté.

**Mercredi 15/09/21 - Jour 3 :** C'est notre dernière journée au Tessin avant de lever le camp. Le Centre Agroscope Cadenazzo nous attend à 8h30 pour compléter le panel déjà fort enrichissant de nos précédentes visites tessinoises.

Nous y sommes reçus par le Directeur en personne. Une première présentation nous permet de découvrir un pulvérisateur dernier cri mis au point par le centre, qui électrise les particules d'eau en les chargeant positivement. Une fois polarisées les molécules d'eau vont automatiquement se fixer aux feuilles et donc assurer une efficacité du produit supérieure étant donné que la qualité d'application et donc la surface de feuillage touchée est un point essentiel de la réussite d'un traitement phytosanitaire de synthèse ou biologique. Le directeur nous a ensuite présenté en détail différents essais de biocontrôle sur une culture de concombre particulièrement sensible à l'oïdium. Durant cette discussion il nous a permis de comprendre que les principaux freins au développement de solutions de biocontrôle à base de plantes pouvaient être non pas d'ordre technique mais bien plutôt économique, que l'effet recherché soit préventif ou curatif. Les produits phytosanitaires de synthèse ont semble-t-il encore de beaux jours devant eux, bien que le marché du biocontrôle soit en plein essor depuis une vingtaine d'années.

**Jeudi 16/09/21 – Jour 4 :** Encore une grosse journée en perspective. Nous levons le camp au petit matin. Après 3h30 de route, nous arrivons à Aadorf, près de Winterthur, où est installée la start-up Swiss Future Farm. Cette dernière propose de développer des solutions à haute valeur ajoutée technologique pour répondre aux défis de l'agriculture contemporaine. Au cours de sa présentation, Nils Zehner, ingénieur agronome employé depuis plusieurs années par l'entreprise, a explicité le concept de « Smart Farming ». L'idée de fond est assez simple : l'innovation scientifique permet de mettre au point des outils de précision capable de mesurer et appliquer fertilisants et produits phytosanitaires au plus près des besoins des plantes et, de façon plus générale, de réduire au maximum l'impact négatif des pratiques agricoles sur l'environnement. Pour ce faire, l'entreprise dispose de 81ha de parcelles d'essai et démonstration, ainsi que d'un cheptel de 65 vaches laitières et 55 truies. Après une petite visite express des installations, nous fonçons vers notre prochain lieu de visite, l'entreprise Sativa, que nous avons longuement travaillé au corps pour avoir un rendez-vous.



**Le conditionnement automatisé des semences chez Sativa – ©Sophia Corsi**

Sativa est une entreprise semencière suisse labellisée Bio-Suisse et Demeter (Biodynamie). C'est un tout autre univers qui s'offre à nous. Mais la machinerie est tout de même bien rodée. Loin de l'image romantique du paysan anthroposophe sélectionnant ses semences au champ en fonction des différents nœuds lunaires ou de la trajectoire de Saturne, Sativa est une entreprise qui a recours à l'automatisation et à un contrôle qualité rigoureux afin de satisfaire à toutes les contraintes normatives du très concurrentiel marché des semences.

### **Vendredi 17/09/21 - Jour 5 :**

Enfin, notre périple s'achève en apothéose, avec la visite elle aussi tant attendue d'un des plus gros pôles de recherche agronomique du pays : le centre Agroscope Reckenholz. Un très beau programme nous y a été concocté et il n'est pas exagéré de dire que nous y avons été reçus comme des princes. Nous y rencontrons notamment une jeune chercheuse, Alice Johannes, dont la thèse de doctorat avait été dirigée par notre professeur de pédologie et directeur de filière Pascal Boivin. Elle nous explique avec beaucoup de pédagogie ses récents travaux sur la qualité et la gestion des sols, dans une perspective de réduction des impacts environnementaux négatifs dus à l'utilisation des sols en agriculture. Un des plus gros enjeux, en lien avec la stratégie nationale de lutte contre le changement climatique, serait la diminution des effets de la compaction liés à de mauvaises pratiques agronomiques (notamment un usage abusif du travail du sol) et/ou à la mauvaise qualité des sols de culture. Une amélioration des pratiques pourrait notamment permettre de stocker davantage de carbone dans le sol, et ainsi de réduire significativement les émissions de GES. Le potentiel est « énorme » nous dit A. Johannes. Son collègue le Dr Pierluigi Calanca nous fait quant à lui une visite guidée des parcelles d'essai du programme sur lequel Alice et lui travaillent. La matinée s'est achevée sur une conférence elle aussi très enrichissante sur les enjeux de biosécurité liés à l'utilisation des macro-organismes utilisés pour la protection des cultures.

Ainsi s'achève cette belle semaine riche d'enseignements et d'échanges. Nous n'aurons certes pas exploré les côtes andalouses, mais cette épopée en terres helvétiques nous aura pour sûr ouvert de nouveaux horizons.

Célia Brodard, Hélène Delille, Arno Gusberti, Timothé Isenegger

### **Sources :**

<https://www.ticino.ch/fr/commons/details/%C3%8Eles-de-Brissago-Jardin-Botanique/2636.html>

[https://www.swissfuturefarm.ch/index.php/en\\_home](https://www.swissfuturefarm.ch/index.php/en_home)

[https://www.sativa.bio/fr\\_ch/](https://www.sativa.bio/fr_ch/)

# L'agronomie et la pédologie

**La pédologie est la science qui étudie les sols, leurs diverses composantes et les processus liés à leur formation. Pour l'agronome, il est important de connaître au mieux ce milieu et sa variabilité dans l'espace et le temps afin de pouvoir en tirer un maximum de bénéfices tout en le préservant. En tant qu'étudiant.e.x.s nous découvrons cet univers composé de matières organiques et minérales, d'air, d'eau, mais aussi d'organismes vivants.**

Du 1<sup>er</sup> au 10 septembre 2021, dans le cadre d'un module de pédologie appliquée au sein de notre HES, nous sommes allé.e.x.s cartographier le domaine de la Brunette (Cartigny, GE). Premièrement, il est nécessaire de savoir caractériser et identifier un sol. Ensuite, à l'aide d'un logiciel de traitement de données géographiques (ArcGISpro) il est possible de visualiser les sondages réalisés et leurs propriétés, ainsi que de les regrouper ou de les différencier afin de créer des unités pédologiques homogènes et obtenir une représentation graphique des types de sol présents sur la zone d'étude.

Pour l'agriculteur, ces informations sont précieuses car elles lui permettent de mieux connaître son facteur sol et d'ajuster ses cultures et son travail afin de le mettre en valeur et le préserver. Il peut également constater les influences de ses pratiques présentes et passées.

## Apprenti.e.x.s pédologues en action !

Fin juin, nous découvrons d'abord derrière nos ordinateurs la zone d'étude : le domaine de la Brunette à Cartigny. L'entreprise familiale qui exploite ce domaine, Gallay Fleurs-Fruits-Légumes, est gérée depuis 1992 par Pierre Gallay qui l'hérite de ses parents.

Se préparer avant de se déplacer sur le terrain est essentiel ! Dans ce but, nous nous renseignons au préalable sur la zone d'étude grâce aux diverses données préexistantes (cartes d'occupation du sol, photos aériennes, sondages géologiques, toponymes (nom des lieux) etc.). Ces données collectées sont organisées selon les cinq facteurs de pédogénèse (formation du sol) : la nature des roches, le relief, le climat, la présence d'aménagements anthropiques ou non (remblais, routes, etc.) ainsi que l'évolution de l'occupation du sol dans le passé.

Tout ceci permet de nous faire une idée des types de sol que l'on pourra trouver une fois sur place et formuler ainsi nos hypothèses.

## La géologie dans le bassin genevois

La fin du Crétacé est marquée, il y a 66 millions d'années, par

l'extinction des dinosaures et la collision des plaques africaine et européenne, donnant naissance aux Alpes. À cette époque ses sommets atteignent 6000 mètres d'altitude et un bras de mer aux pieds des montagnes recouvre le reste de la Suisse. Les sédiments issus de leur altération s'accumulent dans la mer. Couche par couche, les anciens dépôts de sédiments sont recouverts par de nouveaux dépôts. Peu à peu, le bassin de sédimentation se comble (Wildi et al. 2020). C'est à cette époque que se forme la molasse qui se trouve être le principal matériau parental de notre zone d'étude. Elle recouvre aujourd'hui tout le plateau suisse. Elle est constituée de couches de natures différentes selon le mode de dépôt. La molasse dite bigarrée va être principalement marneuse (dépôts d'argiles et de limons fins calcaires) avec quelques passages gréseux (dépôts de sables). D'un point de vue visuel, la molasse est principalement couleur lie de vin (bariolée, gris verdâtre-rougeâtre) lorsqu'elle est marneuse et plutôt grise ou beige lorsqu'elle est gréseuse (Brentini, 2021).

Cette longue période de dépôt voit aussi apparaître le plissement du Jura, environs 23 millions d'années avant notre ère, dû aux forces tectoniques de la formation des Alpes. C'est aussi à ce moment-là qu'apparaît le Salève. Cette forte activité sismique va parfois désorganiser les couches de molasses, qui ne seront plus tout à fait horizontales et affleureront à certains endroits.

Débutent ensuite la période du Quaternaire, caractérisée par le cycle des glaciations. Après la mer, les fleuves et les deltas, place aux glaciers ! Au-dessus de nos têtes, c'est le glacier du Rhône et de l'Arve avec plus d'un kilomètre d'épaisseur qui ont façonné le paysage. Ce dernier a été fortement chamboulé à cette époque. Quatre périodes glaciaires se sont succédées, remodelant ainsi les matériaux du bassin genevois. Les glaciers ont déposé de nombreux rochers, cailloux, graviers et sables. Ils ont déplacé sur des centaines de kilomètres des minéraux alpins en raclant les montagnes et en déplaçant les roches accumulées sur le glacier. Cet apport récent que l'on appelle de la moraine glaciaire (mélange hétérogène de minéraux à la granulométrie diverse à tendance limoneuse et caillouteuse) a aussi été façonné par les fleuves, lacs et rivières après le retrait du glacier (Wildi et al. 2014). Des blocs erratiques comme la pierre du Niton dans la rade sont de bons témoins de la période glaciaire. Le bassin genevois est donc couvert en grande partie par cette moraine glaciaire. La couche de dépôts est plus ou moins épaisse selon la topographie et recouvre la molasse qui affleure même parfois suite à de l'érosion de surface comme c'est le cas sur le domaine de la Brunette dans un chemin longeant le ruisseau du Merley (Brentini, 2021).

## Mais alors les sols, eux, que disent-ils ?

Pour le savoir, prenez vos pelles et tarières ! Nous nous rendons sur place, équipés de notre pédo-malette, contenant des outils permettant d'estimer le pH (pH-mètre), la présence de carbonates de calcium (test HCl), la couleur de la terre (code

Munsell) et d'autres choses encore. En divisant la zone d'étude en plusieurs sous-zones, nous pouvons nous répartir plus aisément le travail de cartographie. Chaque groupe s'équipe alors de tous les outils susmentionnés et de tablettes tactiles afin de synchroniser sur une seule et même carte toutes les données récoltées : 77 sondages pédologiques réalisés avec une tarière manuelle (Figure 1) sur les zones potentiellement divergentes que nous avons définies au préalable lors de la collecte de documents et d'informations sur la zone. Le but est de vérifier si celles-ci correspondent à ce que nous nous imaginions et si ce n'est pas le cas, définir ou modifier ces unités pédologiques. La méthode de sondage consiste à prélever des carottes de terre qui, une fois mises bout à bout sur une gouttière, représentent le sol observé (Figure 2). Les 9 fosses pédologiques sont placées, selon les sondages, dans des endroits représentatifs d'une unité pédologique afin de pouvoir faire des observations plus précises et affiner les hypothèses. Il est ensuite possible de nommer le sol selon le référentiel pédologique français (Baize et al., 2009).



### Qu'en est-il sur le domaine de la Brunette ?

Nous pouvons à présent illustrer l'impressionnante variabilité que peuvent avoir les sols sur un territoire donné. Les trois grands types de sol couvrant la majorité des terrains de M. Gallay sont les CALCOSOL, les CALCISOL et les BRUNISOL. Cependant, au sein de ces trois grandes catégories, la description de sous-unités permet d'affiner nos résultats. Les CALCOSOLS sont des sols bruns calcaires (BAIZE et al. 2009). Ils peuvent être issus de dépôts morainiques comme au nord du terrain ou de molasse (marneuse ou gréseuse) comme observé sur le bord ouest du Merley. Du côté est du ruisseau, on trouve

un CALCOSOL alluvio-colluvial pachique. Comme son nom l'indique, ce sol est principalement formé par des dépôts alluvionnaires et des colluvions (dépôt de fines particules de terre en bas de pente mis en place par ruissellement diffus). Le sol étudié est calcaire, sans être issu d'une roche mère calcaire, les carbonates présents sont des carbonates secondaires qui se déposent lors du retrait de la nappe chargée en calcaire. L'adjectif pachique caractérise les sols particulièrement profonds. Les sols peu profonds seront qualifiés de leptiques. Un



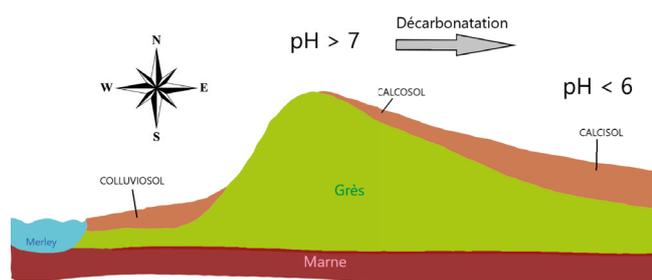
CALCOSOL leptique a notamment été identifié au sud-ouest du terrain, comme le montre la carte finale. Les CALCOSOL rédoxiques présentent des traces d'oxydoréduction, signe d'engorgement fréquent mais temporaire du terrain. On en retrouve aux abords de la rive ouest du Merley.

D'un point de vue agronomique, le CALCOSOL permet une stabilité structurale des argiles grâce aux ions calcium qui saturent le complexe d'échange du sol. Cependant, lorsque celui-ci est rédoxique, son engorgement peut poser un problème pour la croissance de la culture et éventuellement le passage des machines (risque de tassement). Le manque de profondeur, peut également être une limite quant à l'utilisation agricole de ce sol avec une plus faible réserve en eau utile aux plantes.

Le CALCISOL est un sol décarbonaté qui a cependant un matériau parental calcaire (BAIZE et al. 2009). Comme pour le CALCOSOL, on retrouve ce type de sol sur divers matériaux parentaux. On remarque sur le versant est de la butte (Figure 3), un sol peu profond et carbonaté sur l'arête (car situé directement sur la molasse gréseuse carbonatée) puis un sol décarbonaté et profond en bas de pente (dans une partie plus

plane et constituée de placage glaciaire altéré).

Un CALCISOL doit être surveillé de près notamment au niveau du paramètre pH même si les argiles restent encore floclées et ne risquent pas de quitter le sol par lessivage. Quant aux facteurs de la profondeur et de l'engorgement, les effets sur la qualité agronomique du CALCISOL seront les mêmes que pour le CALCOSOL.



Le BRUNISOL est un sol brun (pas forcément acide, surtout avec taux de saturation entre 50 et 80%) dont le complexe d'échange n'est plus saturé. En effet, ce type de sol possède une couleur brune bien prononcée qui est due à la présence d'oxydes de fer et fer oxydé c'est à dire « rouillé ». Ce qui caractérise le BRUNISOL c'est un horizon d'altération (S), à structure en agrégats polyédriques fins très nette, coloré en brun et surtout, non calcaire (Bullinger, 2020). C'est un sol plus évolué d'un point de vue pédogénétique que le CALCOSOL ou le CALCISOL. On en retrouve principalement à l'ouest du Merley. Son complexe d'échange étant mésosaturé, le risque de lessivage des argiles est plus fort. La structure est plus instable encore que pour le CALCISOL. Il est fortement conseillé de chauler si le pH est inférieur à 6 afin de saturer à nouveau le complexe d'échange, favoriser ainsi sa structure et donc améliorer ses qualités agronomiques.

### En conclusion

Finalement, seize types de sol différents ont été observés sur cette zone d'étude. Chaque sol a des contraintes et des qualités et la réflexion agronomique doit les prendre en compte permettant de tirer profit de cette diversité. La carte que nous avons générée va permettre à l'agriculteur d'avoir un outil pour la planification de ses cultures et la gestion de son domaine en fonction du potentiel de ses sols.

### Bibliographie:

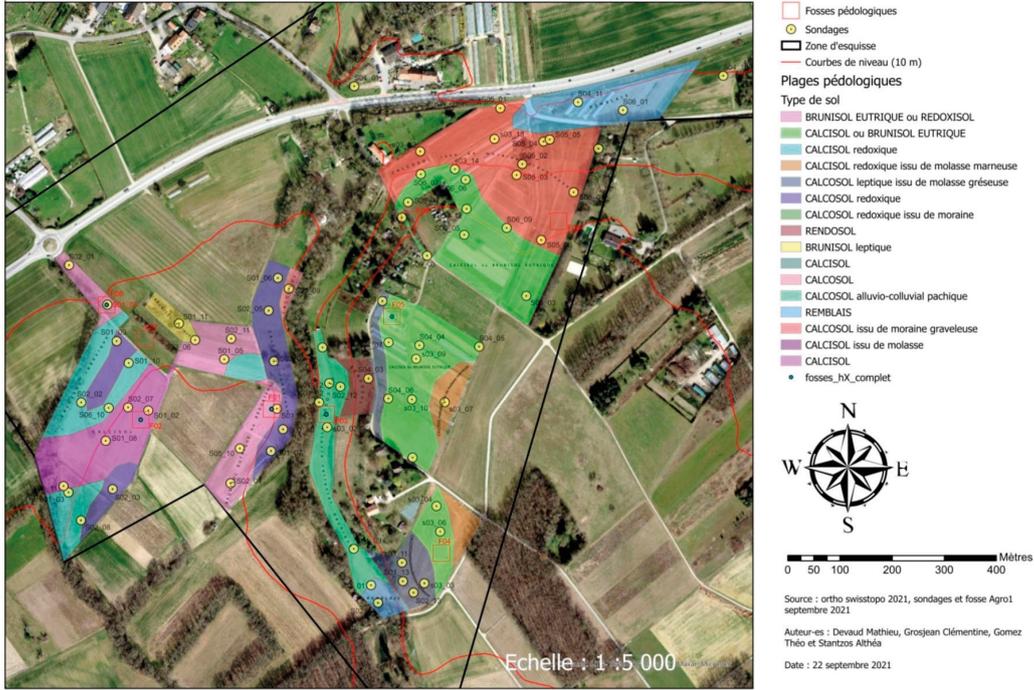
- BAIZE, Denis, GIRARD, Michel C. and ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU SOL, 2009. Référentiel pédologique 2008. Versailles, France : Éditions Quæ. ISBN 9782759201860
- BRENTINI, Maud, 2021. Géologie régionale [PowerPoint]. 2021. Support de cours : « Module estival – Pédologie appliquée », hepia, 2021.
- BULLINGER, Géraldine, 2020. Pédologie [PowerPoint]. 2020. Support de cours : « AG\_122 – Pédologie », hepia, 2020
- CHAROLLAIS, Jean, WEIDMANN, Marc, BERGER, Jean-Pierre, ENGESSER, Burkart, HOTELLIER, Jean-François, GORIN, Georges, REICHENBACHER, Bettina et SCHÄFER, Peter, 2007. La Molasse du bassin franco-genevois. ARCHIVES DES SCIENCES. 2007. pp. 116.
- WILDI ET AL., 2020. Sur les traces de l'histoire de la Terre en Suisse [en ligne]. 2020. Berne : Erlebnis-Geologie. [Consulté le 5 octobre 2021]. Disponible à l'adresse : [https://slsp-unige.primo.exlibrisgroup.com/permalink/41SLSP\\_UGE/kjkm12/alma991011332164405502](https://slsp-unige.primo.exlibrisgroup.com/permalink/41SLSP_UGE/kjkm12/alma991011332164405502)
- WILDI, Walter, CORBOUD, Pierre, GIRARDCLOS, Stéphanie et GORIN, Georges, 2014. GUIDE : Visite géologique et archéologique de Genève. 2014. pp. 64.

*Mathieu Devaud, Althéa Stantzios, Théo Gomez et Clémentine Grosjean*  
**Cours AG\_251 Module estival – pédologie appliquée**  
*Superviseuse : Dr. Ophélie Sauzet*

### Annexes

1. Carte finale
2. Fiche sondage

Carte des plages pédologiques du domaine de la Brunette, 1236 Cartigny



FICHE DESCRIPTION SONDAGE – GROUPE SOLS ET SUBSTRATS - 2020-se reporter à la fiche "description fosse" la codification .

Etude:

N° sondage: 7 Date: 05/09/20 Auteur(s): Gomez, Devaud, Grosjean, Stantzos Coordonnées: 46-168825°N 6-045279°E Commune:

Occupation du sol: TO Eléments du paysage (codes feuille profil): Plaine, Plateau Relief terrain: Plat, Régulièrement incliné, Convexe, Concave, Irrégulier, Pente régulière Pente: 0 %

Matériau parental: Cause arrêt description: 1 horizon C (cailloux) atteint, 2 horizon R (roche) atteint, 3 nappe atteinte, 4 profondeur suffisante atteinte (longueur de tarière), 5 autre contrainte

Eléments Grossiers en surface (% , forme, taille, nature): 5-10% taille diverse Conditions d'observation: couvert, fine pluie (averse) matière

Commentaires: parcelles venant d'être arrosées texture (20% A / 30% L / 50% S)

Prof. (cm)	Humidité 1-Sec 2-Frais 3-Humide 4-Très humide 5-Saturé 6-Noyé	Texture test tactile	Test HCl		pH* (helig e)	Couleur Munsell sur sol humide	Tâches			Cn FeMn (%)	EG					
			Inten sité	Localisat°			oxy (%)	red (%)	MO (%)		%	Taille	Forme <sup>1</sup>	Nature	RQ	
H1 de 0 à 20	3	6	1	squelé	5,57	10YR3/4					5-10	1-2cm	#1	Fluvio-glaciaire ou marine		
H2 de 20 à 40	3	6	0	-		10YR5/6					5-10	1-2cm	#1	Fluvio-glaciaire		
H3 de 40 à 80	2	6	0	-	7,31	10YR4/4					10-15	1-2cm	#1	Fluvio-glaciaire		
H4 de à																
H5 de à																
H6 de à																

\* Inscrire le pH mesuré avec le test Hellige entre parenthèse, le pH mesuré avec la sonde pH (pH mètre) sera inscrit dans la case sans parenthèse.  
1-arrondis 2-allongés anguleux 3-allongés émoussés 4-aplatis anguleux 5-aplatis émoussés 6-irréguliers anguleux 7-irréguliers émoussés 8-de formes diverses

bois de sable 60%  
boudin Facile Agile - 20 minimum



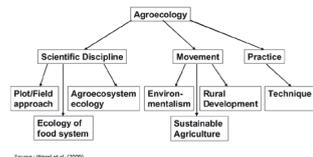
TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Diplômant : Quentin à Huariki

## « Étude de faisabilité d'un modèle de production agroécologique à la Ferme de la Croix-Rouge genevoise, Troinex »

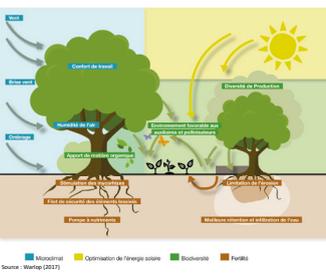
### Agroécologie

Les modèles de production agricole actuels occupent une part de responsabilité indéniable dans la diminution de la fertilité des sols, la dégradation de la qualité de l'eau, et l'érosion de la biodiversité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). De plus, le secteur de l'utilisation des sols, qui comprend l'agriculture et la foresterie, est un acteur mondial prépondérant dans les émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019).

L'agroécologie est une discipline holistique, apportée comme voie à suivre pour opérer ce changement de paradigme (IPCC, 2019). Elle propose d'élaborer des modèles de production pertinent agronomiquement et économiquement, dans le contexte actuel (France Stratégie, 2020).



L'agroforesterie, une pratique d'ingénierie agroécologique, est l'art d'associer plusieurs cultures sur la même unité parcellaire (Labant, 2009). Elle vise à concevoir des agroécosystèmes qui mettent en lien les cultures annuelles, pérennes, et la production animale (Dupraz, 2008). Historiquement, cette pratique était répandue en Suisse sous la forme de pâturages boisés dans le Jura, de châtaigneraies au Tessin, ou encore en vergers haute-tige à travers le pays (Jäger, 2017).



### Ferme de la Croix-Rouge genevoise

La Ferme est gérée par l'association « Croix-Rouge genevoise ». Elle est située en région de plaine, à la Route de Bossey 74, 1256 Troinex. Ses deux responsables sont Mme. Sandrine Ferrier, éducatrice sociale, et M. Kilian Biondo, ingénieur agronome. La surface agricole utile de la ferme est de 2,14 ha. Sur ses 0,69 ha de culture en plein champ et ses 0,25 ha en tunnels, plus de 30 fruits et légumes y sont cultivés en production biologique. Sur les 1,2 ha en prairie permanente et temporaires, 1,3 UGB d'animaux sont élevés. Le Ferme emploie en moyenne 4 personnes fixes à l'année, des bénévoles, et des bénéficiaires en rupture sociale qui fournissent une aide importante et régulière.

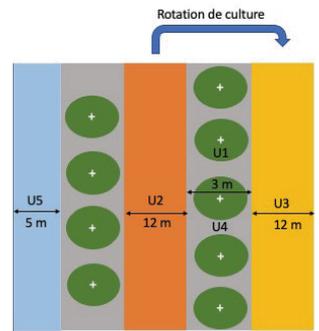
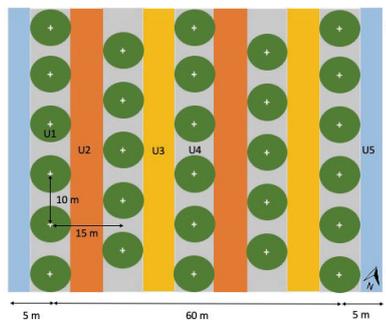


Une étude approfondie a mis en évidence les conditions pédoclimatiques, les qualités organisationnelles, les canaux de vente potentiels, mais aussi le cadre légal et institutionnel de la Ferme. Cette dernière a permis d'identifier plusieurs risques, contraintes et opportunités, pour l'élaboration d'un modèle de production agroécologique pertinent. De plus, elle génère une base à laquelle il sera possible de se référer, afin par exemple de déterminer une évolution des paramètres structuraux et physico-chimiques du sol, suite à l'implantation du modèle.

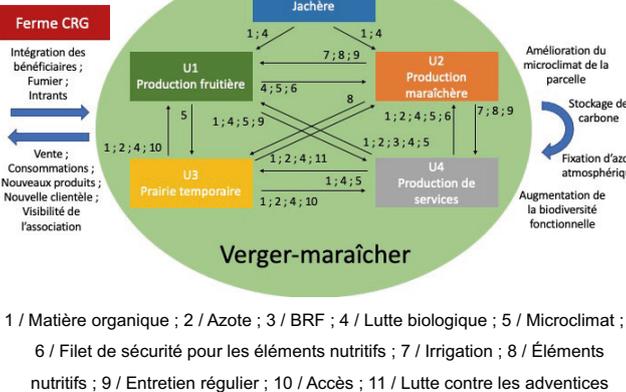
Laissez libre la bande – à supprimer avant impression

### Proposition d'un « Verger-maraîcher »

Pour une surface de 3'500m<sup>2</sup>, le modèle suggère un besoin en main d'œuvre d'environ 110 heures pour sa mise en place puis 270 heures par an. Une fois en pleine production, il estime un chiffre d'affaire annuel d'environ CHF 10'000.-, et des coûts de production de CHF 7300.-. Ce projet est théoriquement rentable dès la 6<sup>ème</sup> année et est amorti dès la 12<sup>ème</sup> année après la plantation. Malgré une approche qui veut être pragmatique, il convient de relever la distance avec le terrain de cette proposition. Il n'y a qu'une mise en pratique qui permettra d'avérer sa performance agroécologique, sa demande en main d'œuvre, et sa viabilité économique.



Comme le suggère Torquebiau (2007), l'introduction de fruitiers au sein des parcelles de cultures maraîchères est motivée par des raisons agronomiques, car l'arbre apporte de nombreux bénéfices au sein de l'association arbre/culture. Le modèle proposé est constitué de cinq « unités de production ». Ces dernières sont les composantes même du système agroforestier. Chacune fonctionne grâce à une autre, et c'est leur étroite interconnexion qui rend le système résilient environnementalement et économiquement. Le modèle propose plusieurs produits végétaux frais et transformés destinés à la vente, comme des pommes, des poires, des kakis et des jus de fruit. En outre, il intègre des éléments qui visent à favoriser les services écosystémiques et la biodiversité fonctionnelle, afin de l'autonomiser du commerce d'intrants.



Ce projet stimulant pour l'équipe de la Ferme de la Croix-Rouge genevoise, s'inscrit dans la dynamique agroécologique actuelle, en proposant des produits au marketing pertinent, et en ouvrant un axe de recherche méconnu. L'HEPIA, dont les filières d'études sont orientées vers les cultures spéciales, a un rôle prépondérant à jouer dans le suivi scientifique du verger-maraîcher. La Fondation Antenna, qui prône l'agroécologie pour l'indépendance des plus démunis à travers le monde, peut fournir des recommandations techniques avisées pour la conduite du système et œuvrer dans sa promotion. Par ailleurs, tous ces objectifs ambitieux ne peuvent actuellement se réaliser sans l'accord du bailleur de la parcelle d'étude.

Laissez libre la bande – à supprimer avant impression

- France Stratégie (2020). Les performances économiques et environnementales de l'agroécologie. Premier Rapport. La voie d'analyse, 94, 12.  
- IPCC (2019). Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Removal in Terrestrial Ecosystems. Research Handbook on Climate Change and Agricultural Law, 3-172. <https://doi.org/10.4137/97817810564>  
- Chapuis, C., & Jaeger, L. (2018). Agroforesterie: des arbres en agriculture (Espace Agri).  
- Jäger, M. (2017). Agroforestry. In: Sustainable Agriculture and Food Security. Springer, 1-12.  
- Labant, C. (2009). Guide technique PRADA. Pratiques d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers. Association Française Arbres et Châtaigniers (AFAC).  
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being Synthesis. In: Assessment of Climate Change in the Southwestern United States. A Report Prepared for the National Climate Assessment. <http://dx.doi.org/10.54279/978-1-4120-484-0-1>  
- Torquebiau, E. (2007). L'agroécologie: des arbres en agriculture. <http://www.lesherminiers.com>  
- Torquebiau, E., Chappuis, C., Durr, B., Comas, M., Jaeger, L., Durr, B., ... (2017). Agroforestry and other practices in agroecology.  
- Weibel, A., & Suter, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. International Journal of Agricultural Sustainability, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/154877209032001000>

Responsable TB : François Lefort, HEPIA  
Superviseur : Julian Tugwell, Fondation Antenna

L'avenir est à créer

## Effets de l'inoculation de souches de *Pseudomonas* et *Rhizobiaceae* sur la croissance et la nodulation du lablab (*Lablab purpureus*)

### Contexte

Le lablab (*Lablab purpureus*) est une légumineuse tropicale originaire d'Afrique subsaharienne. Depuis 2019 elle est cultivée en France et en Suisse, en association avec une céréale pour la production de fourrage. L'ajout d'une légumineuse dans les cultures fourragères permet d'augmenter la teneur en matières azotées du fourrage. La fixation de l'azote atmosphérique est un processus effectué par les nodules, nouvel organe racinaire issu de la symbiose entre la légumineuse et une bactérie *Rhizobiaceae*. L'enjeu de la nutrition azotée est déterminant pour les agriculteurs, en particuliers les éleveurs de bovins, qui sont souvent en déficit de protéines.

Les 1<sup>ers</sup> essais suisses et français ont fourni des résultats décevants, le lablab n'a pas développé de nodules. Pour encourager les agriculteurs à cultiver cette plante il faut trouver une bactérie qui fournit de bons résultats avec le lablab, pour la nodulation et la fixation de l'azote.

### Objectifs

- Evaluer le potentiel de souches de *Rhizobiaceae*, en co-inoculation avec des souches de *Pseudomonas*, sur la croissance du lablab.
- Isoler des souches de *Rhizobiaceae* à partir de nodules de lablab

### Méthodes

→ Trois souches de *Rhizobiaceae* et quatre souches du genre *Pseudomonas* co-inoculées (20 traitements). Les plantes de lablab de la variété Rongai ont été cultivées en pot pendant un mois et demi, en serre. 1 µL d'inocula bactérien a été appliqué directement sur les graines à 10<sup>8</sup> UFC/mL. La teneur en chlorophylle a été mesurée cinq fois pendant l'essai. Les mesures de masses fraîches et masses sèches des parties aériennes ont été effectuées. Les nodules ont été prélevés et lavés, séchés puis pesés.

→ Un nodule prélevé sur les racines d'une plante cultivée en pot a permis d'isoler 16 bactéries différentes, identifiées par méthode moléculaire (PCR).

### Résultats et discussion

R1 : *Bradyrhizobium elkanii* 1015  
 R2 : *Bradyrhizobium elkanii* 1016  
 R3 : *Sinorhizobium fredii* NGR 234  
 P1, P2, P3, P4 : *Pseudomonas* sp.

Les plantes inoculées avec *Sinorhizobium fredii* (R3) ont toutes formé des nodules. L'efficacité de cette souche est largement améliorée par la présence d'une souche de *Pseudomonas* (R3P3). Cette même souche P3 inhibe la croissance des plantes lorsqu'elle est inoculée avec les deux souches de *Bradyrhizobium* et lorsqu'elle est inoculée seule.



Figure 3 : Comparaison visuelle des plantes entre le témoin (à gauche) et le traitement R3P3 (à droite)

Les plantes qui développent des nodules ont une teneur en chlorophylle plus faible que les autres pendant le 1<sup>er</sup> mois de culture. Cette tendance s'inverse après, les plantes avec des nodules font des feuilles très vert foncé.

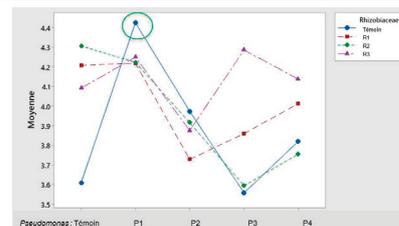


Figure 5 : Masses sèches moyennes (en g), en fonction du facteur *Rhizobiaceae* et *Pseudomonas*

**Bactéries isolées du nodule :** *Lysiniacillus* sp., *Rhizobium pusense*, *Rhizobium alamii*, *Labrys methylaminiphilus*, *Cellulomonas* sp., *Microbacterium* sp., *Bosea* sp., *Enterobacter* sp., *Brevundimonas* sp., *Mycobacterium* sp., *Leifsonia* sp.

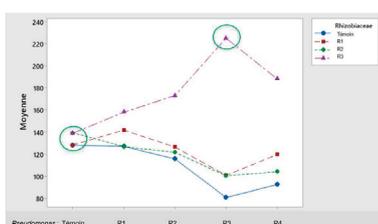


Figure 1 : Teneur moyenne en chlorophylle (en mg/cm<sup>2</sup>) après un mois de culture, en fonction du facteur *Rhizobium* et *Pseudomonas*



Figure 2 : Nodules sur racines de lablab

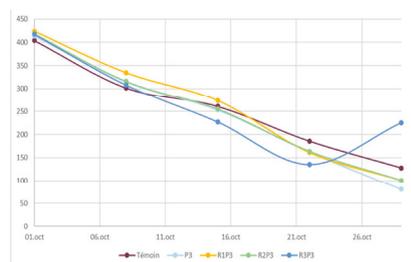


Figure 4 : Evolution de la teneur en chlorophylle dans le temps, pour 4 traitements et le témoin

Les plantes inoculées avec la souche *Pseudomonas* (P1) ont une masse sèche moyenne supérieure aux autres traitements. La souche P1 a favorisé la croissance des plantes sans former de nodules.

### Conclusion et perspectives

La souche *Sinorhizobium fredii* NGR 234 offre des résultats très prometteurs, en particulier quand elle est associée à une souche de *Pseudomonas* (P3). La co-inoculation est donc efficace. Une autre souche de *Pseudomonas* (P1) semble favoriser la croissance du lablab. D'autres essais permettront de confirmer le potentiel de ces souches, en ajoutant des mesures qualitatives comme la teneur en azote ou en protéine. Les souches isolées dans ce travail pourront aussi être testées. Cette légumineuse, si elle est associée à une bactérie, présente un réel intérêt dans le but de tendre vers une agriculture moins dépendante des fertilisants chimiques industriels.

Professeur : LEFORT François  
 En collaboration avec : ARMINJON Lucas

L'avenir est à créer

## Lutte microbiologique à base de champignons entomophages contre *Varroa destructor*

### Introduction

Le *Varroa destructor* (Fig. 1) est un acarien ectoparasite pathogène des abeilles considéré comme la principale menace en apiculture. Ce parasite, à distribution mondiale, est présent en Europe depuis les années 80 et provoque d'énormes dégâts ainsi que de grandes pertes économiques au sein des ruchers.

Engendrant divers virus et maladies au sein du couvain, le contrôle de la population de cet acarien dans les colonies est indispensable. Différents moyens de luttés chimiques et biologiques sont actuellement mis en pratique, mais ceux-ci deviennent de moins en moins efficace, car des résistances se font ressentir.



Figure 1 *Varroa destructor* infecté par *Metarhizium anisopliae* (34.2). Observation au microscope du 03.07.2020

### Objectifs

- Collecter et maintenir en vie *Varroa destructor* et pupes d'*Apis mellifera* (Fig.2)
- Infection directe des Varroas et incubation
- Désinfection et postulat de Koch sur les Varroas morts
- Identification visuelle et génétique des champignons mis en culture à partir des Varroas morts et désinfectés (après le postulat de Koch) (Fig. 3)
- Création de filtrat pour la récolte de destruxines et traité les Varroas



Figure 2 Échantillonnage des larves (gauche). Mise en contact avec *Varroa destructor* (rond rouge, droite)



Figure 3 Comparaisons visuelles. *Varroa* infectés par *Metarhizium anisopliae* (33.1)

### Méthodologie et résultats

Afin de maintenir en vie les Varroas et pupes d'abeilles, un système VMS est mis en place. Les pupes sont prélevées à la main et sont incubées à 32.5°C et 85% HR la veille des traitements. Les Varroas sont traités par contact direct avec les souches en pleine sporulation.

#### Méthode du sucre glace

Un échantillonnage de jeunes abeilles est fait au rucher où l'on va ajouter une dose de sucre glace ultra fin (30g de sucre pour 50g d'abeilles). Plusieurs secousses succinctes permettent de recueillir les abeilles de sucre et de décrocher les Varroas pour les échantillonner.

#### Résultats

Parmi les douze souches testées dans ce travail de Bachelor, quatre d'entre elles fournissent de bons résultats contre *Varroa destructor*.

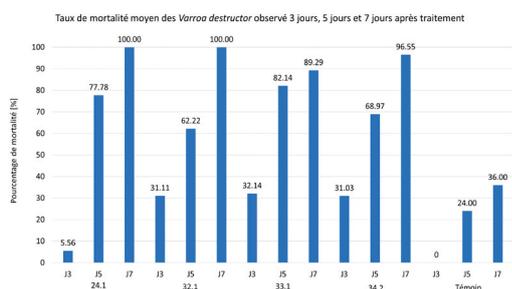
Celles-ci sont les souches : 24.1 *Paecilomyces sp.* ; 32.1 *Metarhizium anisopliae* ; 33.1 *Metarhizium anisopliae* et 34.2 *Metarhizium anisopliae*. Ces souches provoquent un taux de la mortalité moyen de 97.4% chez *Varroa destructor* 7 jours après le traitement avec conidies, toutes méthodes d'échantillonnages confondues.

#### Méthode du cadre piège

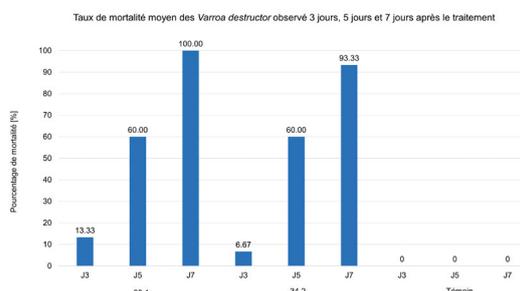
Un protocole a dû être créé et mis en pratique, celui-ci consiste à bloquer la reine pour avoir un contrôle sur la ponte au sein de la colonie. Après plusieurs jours, un nouveau cadre rempli de grosses larves blanches est ajouté dans la ruche. Ce cadre sert de piège afin d'attirer le plus grand nombre de Varroa dans ce dernier. Celui-ci est retiré après plusieurs jours puis mis en incubation (32.5°C et 85% HR) afin de reproduire les conditions de la ruche. Une fois les larves adultes émergentes, les Varroas sont échantillonnés avec la méthode du sucre glace.

#### Résultats

Afin de démontrer s'il existe une différence sur la méthode de récolte des Varroas, deux mêmes souches que lors de la première méthode ont été appliquées, à savoir les souches : 33.1 *Metarhizium anisopliae* (UASWS 1462) et 34.2 *Metarhizium anisopliae* (UASWS 1468). Une faible différence est à noter entre les deux méthodes au niveau des traitements avec champignons. En revanche, une nette différence au niveau du témoin est à souligner.



Graphique 1 Taux de mortalité moyen observé sur *Varroa destructor* 3 jours, 5 jours et 7 jours après traitement



Graphique 2 Taux de mortalité moyen observé sur *Varroa destructor* 3 jours, 5 jours et 7 jours après traitement

### Conclusion

Ce travail a permis de mettre en place un protocole d'échantillonnage des pupes rapide et de qualité, ainsi que d'un protocole pour la méthode de cadre piège qui fonctionne. En effet, cette technique demandant beaucoup d'organisation et d'interventions permet de capturer un grand nombre de Varroa et assure la jeunesse de ceux-ci.

Grâce à une amélioration de la préparation des échantillons au postulat de Koch, plusieurs souches de champignons et bactéries ont été isolées des Varroas et identifiées. Celles-ci ouvrent une nouvelle porte sur des souches potentiellement fatales pour *Varroa destructor*. Les essais de destruxines n'ont pas été optimaux, afin d'amener une amélioration, le protocole de mise en contact avec les Varroas doit être amélioré.

L'avenir est à créer



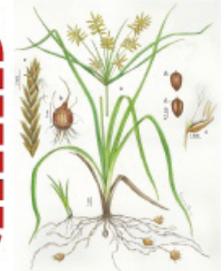
TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Costentin Daphné

## « Étude des propriétés allélopatiques du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) à l'aide d'un screening de biotests »

### Le souchet, une adventice en pleine évolution

**Contexte** - Cette adventice colonise de nouveaux milieux à mesure que le réchauffement climatique évolue. Elle est présente en Suisse, mais pas dans le canton de Genève. Elle a de petits tubercules résistants à l'hiver, pouvant en une année passer d'1 à 700 tubercules. Aux Etats-Unis, la lutte chimique systématique a déclenché une résistance aux herbicides du souchet. Le souchet peut faire baisser les rendements et abîmer des cultures (ses rhizomes poussent dans les pommes de terres et les betteraves). Il est aujourd'hui impossible d'éradiquer le souchet des parcelles contaminées. Les méthodes de lutte sont donc arrivées à leur limite, remettant en cause la productivité de certaines parcelles.

**Objectifs** - Étudier la stratégie de colonisation rapide du souchet à travers son potentiel allélopatique - Comparer les débris secs de feuilles et de tubercules du souchet suisse et français - Établir un protocole de biotest idéal.



### L'allélopathie des plantes c'est quoi ?

L'allélopathie englobe les influences positives ou négatives de métabolites secondaires issus de plantes, d'algues, de bactéries, de virus, de corail ou encore de champignons sur un agrosystème ou un écosystème, mammifères exclus, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement ou entre microorganismes.

C'est un facteur pouvant expliquer la facilité de colonisation de certaines adventices comme le souchet. La concentration en allélochimiques varie en fonction de l'organe étudié et des conditions édaphiques de la plante étudiée.

Les voies possibles pour leur libération dans l'environnement par une plante « donneuse » sont : la **décomposition** des débris végétaux (racines, feuilles), la **lixiviation / lessivage** des exsudats racinaires ou la **volatilisation** de ces molécules. Leur présence dans l'eau du sol peut engendrer leur **absorption** par les racines d'une autre plante dite « receveuse ».

### Matériel et méthode

#### → 4 plantes testées :

- *Cyperus esculentus* CH et FR (feuilles et tubercules)
- *Prunella vulgaris* (faible allélopathie)
- *Artemisia annua* (allélopathie négative)
- *Medicago lupulina* (allélopathie négative)

- 10 répétitions
- 5 graines par puits
- 4,8 ml d'eau par puits
- Bloc = Plaques multi-puits
- Unité expérimentale = puits

#### → 18 traitements :

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Traitement 1 : C0 = 0 g/100ml    | Traitement 10 : T1 = 0,05 g/100ml  |
| Traitement 2 : C1 = 0,05 g/100ml | Traitement 11 : T2 = 0,2 g/100ml   |
| Traitement 3 : C2 = 0,1 g/100ml  | Traitement 12 : T3 = 0,4 g/100ml   |
| Traitement 4 : C3 = 0,2 g/100ml  | Traitement 13 : T1b = 0,05 g/100ml |
| Traitement 5 : C4 = 0,4 g/100ml  | Traitement 14 : T2b = 0,2 g/100ml  |
| Traitement 6 : C1b = 0,1 g/100ml | Traitement 15 : T3b = 0,4g/100ml   |
| Traitement 7 : C2b = 0,2 g/100ml | Traitement 16 : A = 0,4g/100ml     |
| Traitement 8 : C3b = 0,1 g/100ml | Traitement 17 : M = 0,4g/100ml     |
| Traitement 9 : C4b = 0,2 g/100ml | Traitement 18 : P = 0,4g/100ml     |

### Résultats de l'essai final

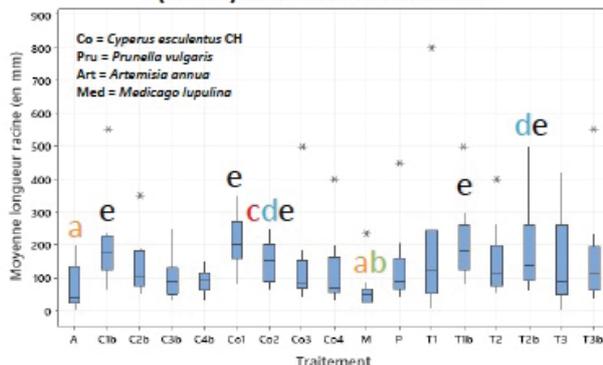
Un screening de plusieurs biotests a été réalisé pour cette étude. L'essai 8 est le dernier essai réalisé. Le graphique ci-dessous représente les résultats de l'essai 8 par un graphique en boîte à moustache. Malgré les valeurs atypiques, une comparaison non paramétrique a été réalisée sur les données initiales de l'essai.

Une faible concentration en débris de feuilles de souchet CH (C1 = 0,01g/100ml) stimule en moyenne 1,5 fois plus la longueur des racines de cresson par rapport à celles du traitement témoin (100%).

Cette stimulation à une faible concentration est ensuite transformée en une inhibition de la longueur des racines de cresson, à mesure de l'augmentation des concentrations.

Ce phénomène semble être un phénomène d'**hormésis** ou « effet bénéfique des faibles doses », un phénomène lié à un système de défense qui stimule la plante lorsqu'elle est attaquée. « Les caractéristiques quantitatives de ces doses-réponses affichent généralement une réponse stimulante maximale moins de deux fois supérieure à celle des témoins et une largeur de la réponse stimulante généralement inférieure à 10 fois dans la plage de doses » (Calabrese et Blain 2009).

Moyenne par puit de la longueur des racines de *Lepidium sativum* (en mm) en fonction du traitement



### Conclusion

Le souchet est une adventice préoccupante car très difficile à contrôler et impossible à éradiquer efficacement avec les méthodes de luttés actuelles mise en place dans le monde.

Dans ce screening de biotests, un phénomène d'hormésis a été observé dans les résultats de plusieurs essais en réponse à l'incorporation d'une faible concentration en débris secs de souchet de l'ordre de 0,01 g/100ml (ici nommé C1b et Co1).

Le souchet semble donc bien produire des molécules allélopatiques dans ses feuilles et ses tubercules, à destination des plantes environnantes, afin de faciliter son implantation rapide d'adventice colonisatrice. Mais cela reste une hypothèse à approfondir.

L'avenir est à créer



## Des couverts végétaux pour séquestrer du carbone comparaison de pratiques et leviers d'action

### Introduction

Face au déficit de carbone organique dans les sols, la réaction a souvent été de contrebalancer celui-ci par un apport d'engrais exogène afin d'assurer des rendements suffisants. Les **couverts végétaux (ou cultures intercalaires, ci-après CI) apparaissent désormais comme une ressource endogène** efficace afin de répondre à deux fonctions fondamentales : absorber le carbone dans l'atmosphère par le processus de la photosynthèse, puis restituer au sol la totalité de la biomasse produite.

La présente recherche s'inscrit dans le projet Terres Vivantes, porté par la Fédération rurale interjurassienne (FRI). Celui-ci a pour principal objectif l'amélioration de la santé des sols agricoles dans le canton du Jura. Les exploitations analysées font partie de ce projet global de recherche.

Dans un premier temps, cette recherche propose un **état des pratiques en termes de gestion des CI**. Elle s'est intéressée aux facteurs agronomiques identifiés dans la littérature, qui peuvent fortement influencer la production de biomasse. Nous avons analysé deux types de données, celles relatives aux **CI en général** (mode de production, durée totale, par exemple) puis celles relatives à l'**itinéraire cultural** (chronologie des CI, de la date de semis jusqu'à la destruction). Cette partie du travail se veut purement descriptive.

La deuxième partie du travail a consisté à **sélectionner trois agriculteurs**. Celle-ci s'est basée sur leurs pratiques singulières, leur situation géographique, des données sur la biomasse, la typicité des exploitations, etc.

En troisième partie, nous avons tenté de **trouver des leviers d'action pour augmenter les rendements en biomasse** chez trois agriculteurs. Le tableau ci-dessous illustre la part de ceux qui pratiquent ou pas les CI en fonction de leur mode de production : 75% des bio et conventionnels font des CI.

Mode de production	Nombre d'exploitations indiquant avoir mis une CI au moins une fois entre 2018 et 2019	Nombre d'agriculteurs indiquant ne pas avoir mis de CI en 2018-2019	Total des agriculteurs
Bio	17	6	23
PRR	42	13	55
Reconversion en bio	2	3	5
Total	61	22	83

### Matériel et méthode : scénarios

Dans cette phase d'élaboration de scénarios, un **guide d'entretien commun aux trois exploitants** a été établi, en vue d'une part de compléter les lacunes des carnets des champs, d'autre part de chercher des explications sur le pourquoi des pratiques de chacun.

Sur cette base, nous avons ensuite **questionné trois agriculteurs**, afin de mieux cibler les potentiels leviers d'actions. Puis nous avons cherché à trouver **des solutions peu contraignantes permettant d'augmenter le rendement en biomasse** de chacun, en fonction du contexte de leur exploitation.

### Conclusion

L'optimisation des pratiques est déjà, selon les résultats de cette étude, un bon moyen pour augmenter les gains en carbone, et cela sans trop contraindre les habitudes et l'organisation des agriculteurs. Cependant, le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> (CHF 29,43) est pour l'instant trop bas pour rentabiliser (et oser proposer) des modifications plus contraignantes, comme par exemple, un changement de rotation (arrêt de certaines cultures de rentes au profit de CI) ou encore une réduction de la taille de l'élevage.

### Matériel et méthode : état des pratiques

Sur la base des carnets des champs remplis par les 83 agriculteurs du projet Terres Vivantes, des variables ayant un impact sur la séquestration de carbone ont été relevées. Elles sont de natures différentes : agronomiques, pédologiques et climatiques. Nous n'avons retenu que **les facteurs agronomiques car ce sont les seuls que nous pouvons modifier**. Le tableau ci-dessous est issu lui, de la littérature. Il fournit nos variables de base pour l'analyse, qui est résumée en face de chaque variable.

Facteurs agronomiques liés à l'intensification de la biomasse et au stockage du carbone	Influence majeure sur la biomasse : (B) sur le stockage de carbone : (C)	Critères d'influence
Date de semis/ destruction	(B)	semis précoce -> meilleure levée, destruction tardive -> plus de biomasse
Travail du sol avant semis	(B)	Intermédiaire à profond -> meilleure couverture du sol pour les mélanges d'espèces
Technique de semis	(B)	Mauvaise performance avec certaines espèces en semis à la volée
Choix des espèces	(B) et (C)	Association d'espèces complémentaires selon les objectifs
Fertilisation azotée	(C)	Lutte contre la lixiviation des nitrates
Année après implantation du couvert	(C)	Corrélation entre stockage de carbone et années de pratique des CI
Durée des couverts	(C)	Corrélation entre stockage de carbone et durée du couvert
Enlèvements des résidus	(C)	Augmentation du C <sub>org</sub> du sol si résidus restitués

### Résultats et discussion : état des pratiques

#### Les CI hivernantes et non-hivernantes sont semées au mois de juillet et août en majorité.

Influence de la culture précédente, les CI seraient très souvent implantées après une culture récoltée en juillet-août, comme les céréales. Légalement, il est obligatoire de couvrir son sol si la culture en place est récoltée avant le 31 août. Les CI non-hivernantes sont détruites par le gel ou mécaniquement (labour) ou récoltées (fourrage).

#### Les parcelles allant recevoir un CI sont en majorité travaillées, en particulier avec un travail peu profond (<10cm) et sans retournement.

Le travail du sol n'est pas directement lié à la séquestration de carbone, mais s'il est adapté les espèces se développeront dans de meilleures conditions et potentiellement produiront plus de biomasse.

#### La pratique du semis direct est minoritaire dans la région jurassienne.

Cette variable semble en lien avec le parc machines de l'exploitant, souvent c'est la même machine de semis qui est utilisée pour toutes les cultures de l'exploitation.

#### Le mélange à 3 espèces est majoritairement utilisé par les exploitants de Terres Vivantes.

Ce mélange remplit plusieurs objectifs simultanément pas forcément en lien avec la production de biomasse.

#### Les CI sont rarement fertilisées au sein des exploitations de Terres Vivantes.

Les normes Swiss Bilan peuvent être limitantes en raison d'une quantité maximale d'engrais utilisables sur l'exploitation. Certains devraient alors renoncer à fertiliser des cultures principales pour pouvoir fertiliser des CI. La priorité semble donnée aux cultures principales.

#### Les CI apparaissent une fois tous les dix ans en moyenne donc les agriculteurs TV font des CI depuis au moins 10 ans.

La présence de prairies temporaires occupe le sol en moyenne trois ans et donc prennent la place d'une potentielle CI.

#### Les durées moyennes varient entre les CI hivernantes (192 jours) et non-hivernantes (231 jours).

La présente étude n'a pas pu mettre en relation la durée des couverts et le stockage de carbone.

#### Les CI non-hivernantes sont moins récoltées.

Quand les CI sont récoltées c'est souvent pour fourrager et cette exportation de la biomasse aérienne a un impact non négligeable sur la séquestration de carbone qui n'est pas spécifiquement quantifiée dans cette étude.

### Résultats et discussion : scénarios

Les deux tableaux ci-dessous montrent que **l'objectif de séquestration de carbone n'est pas rentable** (tableau 2) face à une production de fourrage ou de nourriture humaine (64,80 CHF/ha contre 1000 CHF/ha avec une vente de fourrage). Mais les objectifs de séquestration de carbone et les bénéfices agronomiques des CI sont parfaitement compatibles. Avec nos méthodes d'amélioration, les agriculteurs sont donc potentiellement gagnants sur plusieurs tableaux. L'apport nutritif de la CI est par exemple intéressant: elle permet une économie d'engrais du commerce pour un montant de 77,26 CHF/IMS (tableau 1).

Éléments	Valeur fertilisante du mélange N-Plus			Total
	N	P	K	
Teneur moyenne du mélange (kg/IMS)	26	3,36	29,75	77,26
Coûts de l'engrais (CHF/kg)	1,35	3,34	1,04	
Valeur fertilisante en CHF/IMS	35,10	11,22	30,94	

Données de base	Source des données	IMO/ha et tC <sub>org</sub> /ha	Équivalent CO <sub>2</sub>	Prix sur le marché de la quantité de CO <sub>2</sub>
m <sub>1</sub> = 5,8 IMS/ha	(Rossier 2012a)	1,04 IMO/ha 0,60 tC <sub>org</sub> /ha	2,20 eCO <sub>2</sub>	64,80 CHF/ha
K <sub>1</sub> = 18%	(Collaud 2014)			
Prix par tonne de CO <sub>2</sub> = 29,43 CHF	(Claessens 2019)			

Tableau 1 (à gauche): calcul de la valeur fertilisante du mélange N-Plus

Tableau 2 (ci-dessus): estimation de la quantité de carbone séquestré si le rendement en biomasse avec le mélange N-Plus atteint les 5,8IMS/ha de la littérature

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève



## Étude des propriétés allélopathiques d'anciennes variétés de blé

L'allélopathie s'avère prometteuse dans le monde agricole afin de réduire les pertes de rendement liées aux adventices et d'offrir des alternatives efficaces aux méthodes de lutttes conventionnelles (p. ex. herbicides de synthèse). En parallèle, un intérêt nouveau se développe pour les anciennes variétés de blé (*Triticum spp.*) et il s'avérerait utile de connaître leur potentiel allélopathique. Laurent Burgisser, producteur à Bernex (CH), a mis à disposition sa collection afin de mettre en avant les variétés les plus prometteuses d'un point de vue allélopathique.

### Matériels et Méthodes

Les effets des exsudats racinaires et du matériel foliaire ont été testés.

- Effets des exsudats racinaires : les blés, cultivés en pots sous serre durant 7 semaines, ont ensuite été remplacés par du cresson (*Lepidium sativum*), semé dans le même substrat. Après 3 semaines, leur biomasse aérienne sèche a été obtenue.
- Effets du matériel foliaire : les feuilles séchées des blés ont été incorporées à un substrat minéral, dans lequel a été semé du cresson (*L. sativum*). 3 à 4 jours après, la longueur des racines a été mesurée et rapportée à celle des témoins (sans feuilles incorporées).

### Conclusion

Les résultats obtenus n'ont pas permis de définir de variété particulièrement plus allélopathique que les autres. Toutes les variétés de blés testées semblaient présenter des effets allélopathiques. Les protocoles utilisés ont présenté des faiblesses lors des essais. Ils doivent être adaptés en cas de futurs tests.

DELABAYS Nicolas, professeur HES  
BURGISSER Laurent, Agriculteur-botaniste

### Résultats

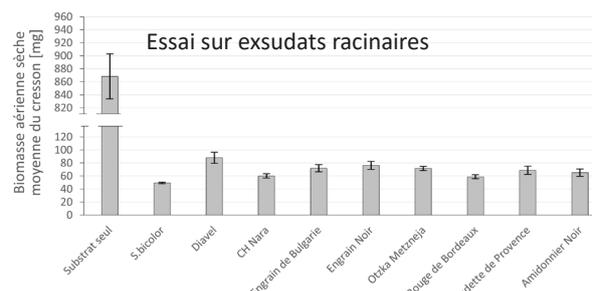


Figure 1 : Biomasse aérienne sèche moyenne du cresson par pot [mg] (+/- erreur-type) obtenue pour chaque modalité. Les plantes donneuses ont été cultivées durant 7 semaines, avant d'être remplacées par du cresson. Le substrat seul ne disposait pas de plante donneuse. 10 plantules de cresson se sont développées par pot.

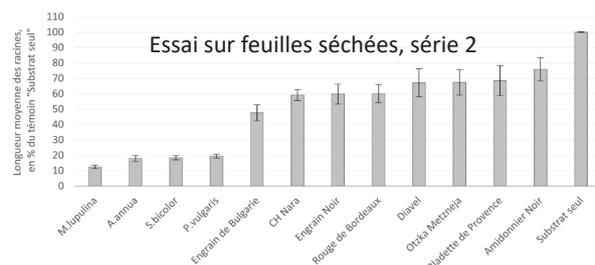


Figure 2 : Longueur moyenne des racines de cresson (+/- erreur-type) obtenue pour chaque modalité, en % du témoin (substrat seul). Les feuilles séchées des modalités ont été incorporées dans le substrat servant à la germination du cresson. Après 3 jours de développement, la longueur des racines a été mesurée. Chaque unité expérimentale disposait de 5 graines de cresson. Le témoin «substrat seul» ne contenant pas de matériel foliaire.

### Discussion

Les variétés anciennes Engrain de Bulgarie et Rouge de Bordeaux, ainsi que la variété moderne CH Nara ont présentés les résultats les plus prometteurs. Les différences entre blés restent cependant limités. L'influence de facteurs non désirés (activité des microorganismes, carences nutritives, etc.) ne peut pas exclure la présence de biais dans les résultats.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école de paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

# Pistes d'intérêts pour réduire de le travail du sol en cultures maraîchères à faibles intrants sur mulch

**TRAVAIL DE BACHELOR** 2020 - Samuel Engel    Superviseur: Nicolas Delabays ; en collaboration avec: Mathias Gaillard

## 1. Enjeux

- Besoins du sol en culture maraîchère
  - Effets néfastes du travail du sol
- Résilience des propriétés du sol  
Fermeture des cycles biogéochimiques
- Viabilité des systèmes de production maraîchère

## 2. Objectifs de l'étude

- Observer la dynamique végétale en fonction du type de couvert afin et de vérifier la faisabilité de nouvelles techniques de contrôle sur la flore présente dans les systèmes de production maraîchère
- Afin de diminuer l'intensité du travail du sol tout en maintenant des rendements satisfaisants

## 3. Méthode

### 3.1 Les couverts et le non travail du sol

**4 modalités de couverture du sol**

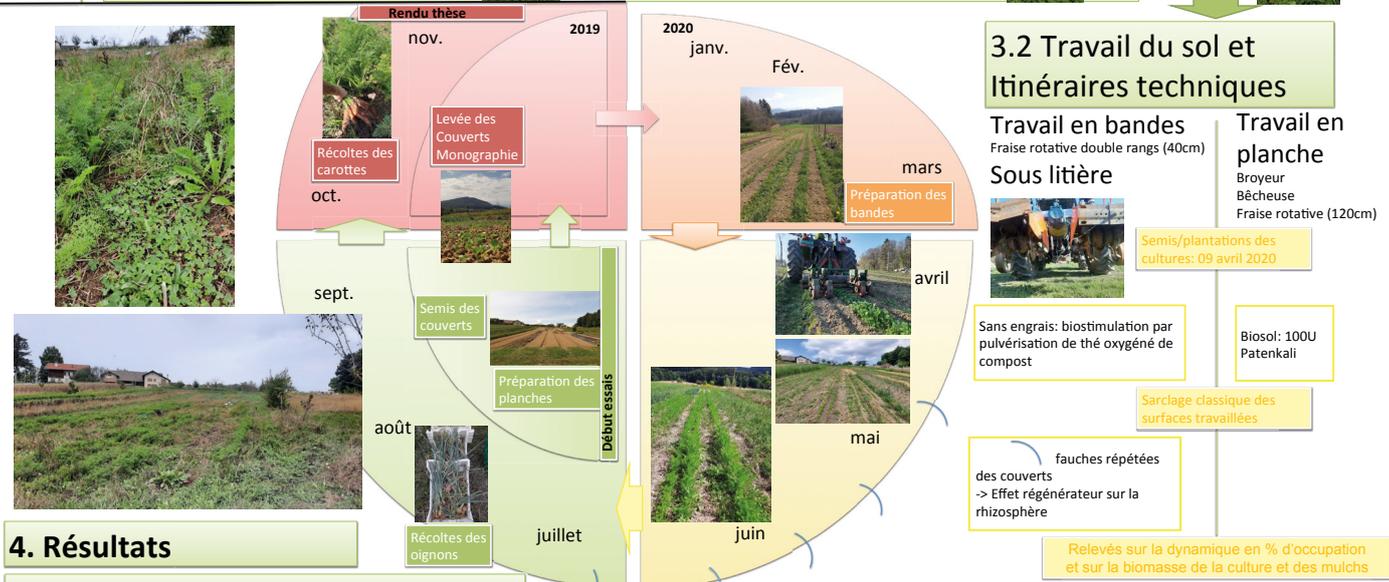
Semis des couverts 25 août 2019

- Mulch mort de compost (MMC) avec couvert gélif ('*ASTERA*', *Sativa*)
- Mulch mort de paille (MMP) Avec couvert gélif ('*ASTERA*', *Sativa*)
- Mulch vivant de *Trifolium subterraneum* (MV Ts)
- Mulch vivant de *Trifolium incarnatum* (MV Ti)

Savigny (VD), Gremaudet: altitude 750m  
50 unités expérimentales de 20m<sup>2</sup> (passe pieds compris)

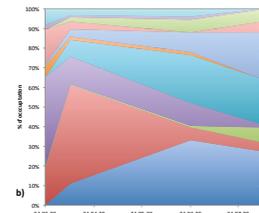
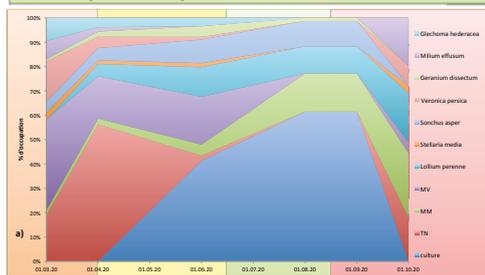
### 5: Témoin en itinéraire classique

Couvert hivernant (CH) (seigle-poie-vesce-trèfle incarnat)



## 4. Résultats

### 4.1 Dynamique d'intérêt: MV Ti

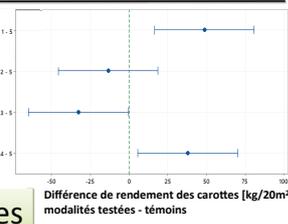


a) Carottes  
b) Oignons

Interaction marquée entre les cultures en fonction des types de couverture

### 4.2 Productivité des cultures

- Essais oignons, satisfaisants mais témoins supérieurs
- Essais carottes, endommagés mais d'intérêt agronomique marqué par des rendements significativement supérieurs sur MMC et MV Ti



### 4.3 Aspects techniques et économiques

- Contrôle sur l'agressivité des couverts: augmentation de la diversité des espèces, modification des cycles de reproduction, effet sur le taux de biomasse sèche adventive
- Coûts de revient:

traitement	MMC	MMP	MVTs	MVTi	T CH
Rapport au témoin	2.43	1.45	1.01	0.98	1

## Conclusion et perspectives

Dynamique biologique accrue avec risques d'invasion de limaces  
Perspectives:

- Combinaison de plusieurs techniques MMC et MVTi + MV *L. perenne*
- Expérimentation à plus long terme sur plus de cultures
- Déchaumage en bandes en substitut au fraissage en bandes

Potentiel d'intérêt agronomique pour durabiliser la production maraîchère

**L'avenir est à créer**



## L'influence de bandes fleuries dans un verger sur l'interaction entre le puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea*) et ses prédateurs

### Introduction

*Dysaphis plantaginea* est le ravageur principal dans les vergers des pommiers et peut engendrer des grosses pertes de rendement. Le but de cette recherche a été de comparer le nombre d'antagonistes du puceron cendré dans des bandes fleuries en fonction de leur composition et année d'implantation. Une modalité a été semée cette année avec le mélange « UFA pollinisateur », une autre semée l'année précédente avec « UFA jachère tournante » et une dernière comprenant une bande non fauchée constituée de la flore spontanée du verger.

### Matériels et méthodes

Trois traitements ont été établis dans des bandes de floraison d'un verger de pommiers comprenant chacune trois parcelles : une bande de 1 an, une bande de 2 ans et une bande avec la flore actuelle du verger. Au début et à la fin du mois de juin, toutes les parcelles ont été échantillonnées à la recherche d'antagonistes de *D. plantaginea* en parcourant chaque parcelle trois fois avec un filet-fauchaie. En outre, la flore de chaque parcelle a été inventarisée pour comparer le nombre de fleurs présentes avec le nombre semées.

### Résultats

- Le nombre de foyers de puceron cendré est 2,5 fois plus élevé proche des bande d'1 an que celle de 2 ans et 7 fois plus que vers le témoin. Proche des bande de 2 ans, il y a 2 fois plus de foyers de puceron cendré que proche des bandes contrôles (figure 1).
- Le plus d'antagonistes total cumulés entre les observations de début et fin juin ont été faites dans la bande témoin non fauchée (figure 2).
- Les familles les représentés étaient celles des Syrphidae et des Coccinellidae.
- L'année du semis, 25% des plantes semées en nombre d'espèce sont présentes dans la bande. La 2<sup>ème</sup> année, 50% des plantes semées sont présentes.

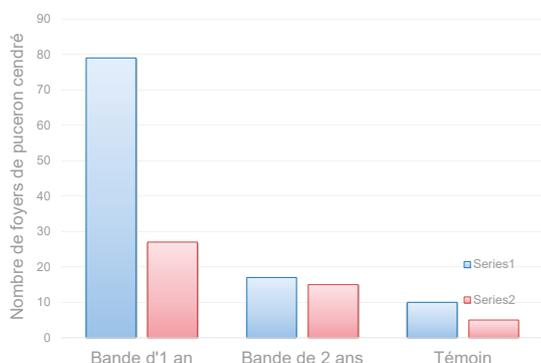


Figure 1 Nombre de foyers de puceron cendré présent sur une ligne de 20 arbres adjacents à une bande fleurie d'1 an, 2 ans ou d'une bande témoin non fauchée, les colonnes rouges et bleues correspondent chacune à une répétition



Figure 2 Dénombrement d'antagonistes de *D. plantaginea* cumulés entre un relevé début et un autre fin juin dans des bande d'1 an, 2 ans et une bande témoin non fauchée

### Discussions & Conclusion

Globalement, le nombre moyen d'antagonistes de *D. plantaginea* est plus élevé dans les bandes de 2 ans et la zone contrôle que dans les bandes d'1 an. Ceci suggère un lien entre l'âge de la bande fleurie et son potentiel à augmenter les antagonistes de *D. plantaginea*. Plus la végétation est développée, plus la faune auxiliaire a la possibilité de s'établir.

Le nombre de foyers de puceron cendré est plus élevé proche des bande d'1 an que dans les autres modalités ce qui permet de supposer que des bandes fleuries, à partir de la 2<sup>ème</sup> année, possèdent le potentiel de réduire le nombre de foyers d'infestation. Une bande fleurie semée semble donc plus intéressante pour accroître le nombre d'antagoniste de *D. plantaginea* uniquement à partir de la 2<sup>ème</sup> année. Les zones non fauchées dans un verger semble également utiles et un compromis intéressant pour le producteur.

L'avenir est à créer



## Impact des biostimulants apportés en condition hors-sol sur culture de tomates

L'objectif de ce travail a été de mettre en place une expérience in vivo sur des cultures de tomates cerises produites en culture hors-sol sur le territoire genevois. Durant la période du 15 janvier au 25 juin 2021, nous avons procédé à de nombreux relevés afin d'évaluer si les paramètres, tels que le calibre moyen, le rendement, le poids moyen des fruits, l'indice Brix, l'acidité totale titrable, le taux de lycopène, la fermeté et la colorimétrie étaient influencés par l'application de biostimulant de la compagnie BIO 3G. Nous avons testé deux produits (l'Algo + Tonic B et le Toni Flore) et nous les avons comparés à un témoin correspondant à une culture traditionnelle.

### ► Matériels et méthodes :

#### Site :

L'essai a pris place chez les producteurs Alexandre Cudet et Patrice Brestaz en condition in vivo, situés sur la commune de Veyrier. Il s'agit de 6 ha de serre qui servent à la production de tomates cerises hors-sol.

#### Origines des plantes :

Les plants ont été obtenus auprès de la compagnie hollandaise « Globe plant ». L'essai a été réalisé sur la variété DR0607TC, une petite tomate grappe de type indéterminé et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Une forte coloration rouge
- Une forme ronde
- Une bonne capacité de conservation
- Une vigueur moyenne
- Un poids moyen par tomate entre 10-20 g

#### BioStimulant :

Pour l'essai, deux biostimulants ont été testés, chacun provenant de la compagnie « BIO3G », l'Algo + Tonic B et le Toni Flore.

Mis en place de l'essai :

Les plantes ont été plantées du 12 au 14 janvier 2021. Un dispositif aléatoire complet a été mis en place. Une unité expérimentale est composée d'un début de ligne d'un lot de dix plantes



Figure 1 - Plantes au stade 5-7 feuilles 3 jours après la plantation

### ► Résultats :

#### Rendement :

Les données attestent que le rendement moyen sur la période du 25 mars au 25 juin 2021 pour la modalité Algo + Tonic B est statistiquement supérieur (+ 0.21 kg) à celui de la modalité témoin au seuil de 5% (P-valeur = 0.039), comme présenté sur la figure 2.

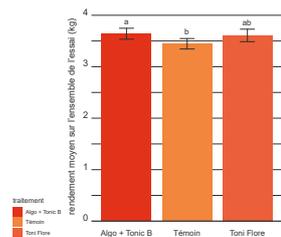


Figure 2 - Comparaison du rendement moyen des tomates cerises du 25 mars au 25 juin 2021 pour des plantes cultivées hors-sol traitées avec différents biostimulants

#### Fermeté :

Les données montrent une fermeté plus importante pour les tomates ayant été traitées avec l'Algo + Tonic B en comparaison avec les deux autres modalités. La figure 5 présente les résultats.

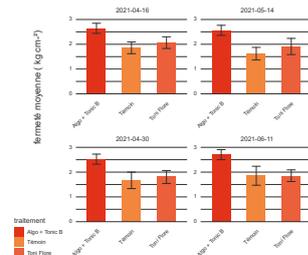


Figure 5 Fermeté moyenne des tomates cerises en (kg/cm<sup>2</sup>) traitées avec différents biostimulants

#### Circonférence moyenne des tiges :

Nous constatons que la circonférence des plantes traitées avec les biostimulants est en moyenne supérieure à celle de la modalité témoin. Cette différence est surtout marquée à partir de mi-mars. La figure 3 représente l'évolution de la circonférence au cours du temps par modalité.

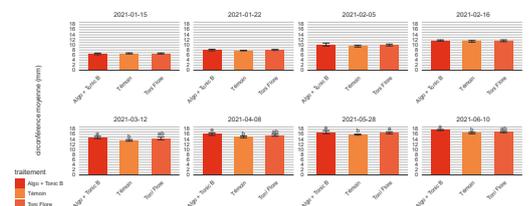


Figure 3 - Comparaison de la circonférence moyenne des tiges des tomates cerises traitées avec différents biostimulants au-dessus du point de greffe

#### Brix :

Le 16 avril 2021, la modalité Algo + Tonic B a un indice Brix moyen inférieur de 0.56 point par rapport à la variante Toni Flore. Les résultats sont présentés sur la figure 6. Nos données n'ont pas permis de mettre en évidence un effet des biostimulants sur l'acidité totale, le taux de lycopène et la colorimétrie.

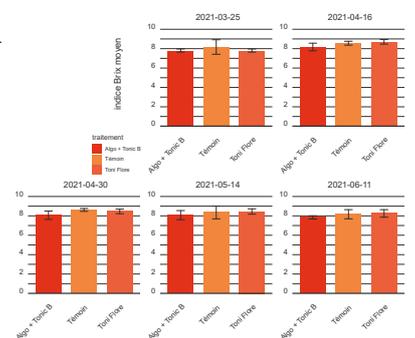


Figure 6 Indice Brix moyen des tomates cerises traitées avec différents biostimulants

#### Poids moyen par fruit :

Nous constatons que dans l'ensemble, à l'exception du 25 mars 2021, le poids moyen par fruit est plus important pour la modalité Algo + Tonic B et que les plantes traitées avec le Toni Flore ont produit des fruits plus légers. La figure 4 illustre la comparaison du poids moyen par fruit par date.

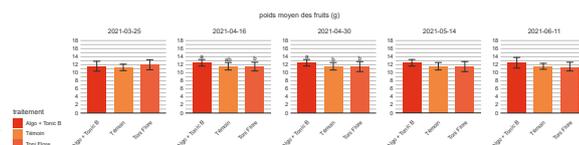


Figure 4 - Comparaison du poids moyen des tomates cerises traitées avec différents biostimulants. Les groupes ne partageant pas les mêmes lettres sont statistiquement différents au seuil de 5%

### Conclusion :

Notre essai a permis de mettre en avant un effet des biostimulants tant sur les paramètres qualitatifs que quantitative ; le biostimulant qui nous semble être le plus prometteur étant l'Algo+ Tonic B.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

## Comment détourner *Deroceras reticulatum* du colza à l'aide de plantes-pièges ?

« Essais de marquage, choix et dommages sur des limaces, en lien avec une bande-piège dans le colza »



Figure 1 - Recherche (préliminaire) d'un marquage efficace des individus

→ Non concluant

### Introduction

Les limaces sont des ravageurs importants des grandes cultures. *Deroceras reticulatum* notamment cause d'importants dommages au colza d'automne (*Brassica napus*). Elle est couramment contrôlée avec des granules de metaldehyde, un molluscicide nocif pour l'environnement. Dans le but de réduire les interventions phytosanitaires, des moyens alternatifs de contrôle des nuisibles sont actuellement recherchés.

La présente étude contribue à tester des plantes-pièges capables de détourner les gastéropodes de la culture commerciale. Il s'agit d'une étude comportant plusieurs essais en lien avec une bande-piège de navette (*Brassica rapa oleifera*) et de radis (*Raphanus sativus oleifera*) mise en place dans une parcelle expérimentale de colza à Changins (Suisse). Sont menés: une expérience préliminaire de marquage (Figure 1), une expérience préliminaire filmée de choix et dommage (Figure 2) et deux expériences principales de choix et dommages, séparément. Les buts sont de mieux comprendre le comportement et les préférences alimentaires de *Deroceras reticulatum*



Figure 2 - Tests de dommages (préliminaires) et d'un système de suivi caméra

→ Caméras non-fonctionnelles  
→ Dommages non significatifs

## Expériences principales : choix et dommages

Des disques foliaires de colza, de radis et de navette sont disposés dans des boîtes. Les dégâts sont évalués en mesurant l'aire endommagée par la limace, à l'aide du logiciel 'ImageJ'.

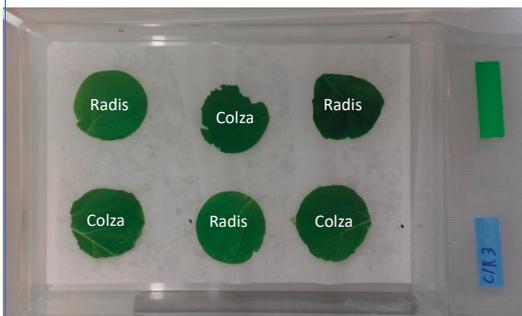


Figure 3 - Matériels et méthodes : utilisation de disques foliaires dans des boîtes

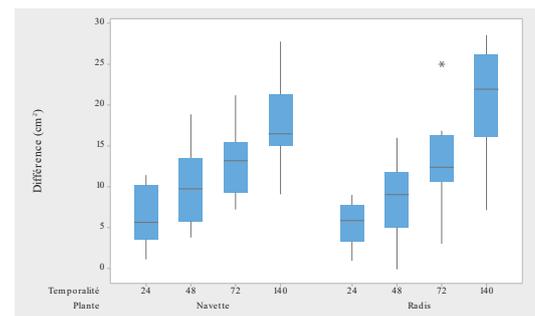


Figure 4 - Résultats : une nette préférence des limaces pour le colza

### Résultats et conclusion des expériences principales

L'expérience de dommages (non-présentée ici) ne montre pas de préférences claires des limaces entre la navette, le radis et le colza. Dans ces tests, les plantes sont présentées séparément.

L'expérience de choix montre une préférence nette pour le colza (Figure 4). Dans ces tests, les plantes sont présentées simultanément dans une même boîte (Figure 3). En conditions de laboratoire, la présence des plantes-pièges ne diminue pas les dégâts sur le colza. La présente étude n'est pas suffisante pour conclure sur l'efficacité d'une bande-piège en plein champ. Les nouvelles informations rassemblées dans la littérature ainsi que les résultats de la présente étude fournissent des pistes pour continuer à rechercher de plantes-pièges efficaces.

Professeur HES : Dr. sc. Ernest Ireneusz Hennig (HEPIA)  
Superviseur : Dr. Ivan Hiltpold (Agroscope)

L'avenir est à créer



TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Maurer Zsolt Diplômant

## Propositions agroécologiques pour la production maraîchère de la Ferme de Fémé à Genève

### Introduction

L'Haute École du Paysage d'Ingénierie et d'Architecture de Genève (HEPIA), en partenariat avec la Fondation Antenna, coordonne ce travail de bachelor qui reprend les principes de l'agroécologie pour présenter un modèle de gestion agronomique durable pour la ferme de Fémé à Genève. Sur la base des 6 principes agroécologiques proposés par « SOLAGRO », un nouvel indicateur de performance cultural (IPC) a été créé. Celui-ci contribue à la réflexion d'un nouveau plan cultural et plan de rotation pour la ferme. La fertilisation et le recyclage des matières organiques à la ferme ont été abordés et une station de lombricompostage pilote a été installée. Les principes pour la création d'un fertilisant agroécologique ont été dévoilés. Finalement, deux essais en plein champ de lutte microbiologique ont été effectués pour tester l'efficacité du champignon entomophage *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 contre des insectes nuisibles dans les cultures de pommes de terre et de choux.

### Les 6 Principes Agroécologiques présentés d'après « SOLAGRO » :

- 1- Adapter les cultures et les races animales à l'environnement et aux conditions pédoclimatiques.
- 2- Diversifier les ressources génétiques.
- 3- Optimiser le flux d'énergie solaire et le stock de nutriments dans le sol.
- 4- Entretenir la fertilité des sols.
- 5- Réduire la consommation d'énergie et de ressources en minimisant les pertes.
- 6- Maintenir un équilibre avec les populations de ravageurs et favoriser les pollinisateurs.

### L'indice de performance cultural ou « IPC ».

L'IPC est un indicateur créé pour aider les agriculteurs à prendre des décisions sur les choix des cultures à l'échelle de leur exploitation. Son utilisation permettrait d'augmenter leur chiffre d'affaire tout en défendant une vision de production agroécologique. L'échelle temporelle de son efficacité varie selon les fluctuations des prix de denrées alimentaires et des prix des fertilisants.

$$IPC \text{ (sans unité)} = \log_{10} \left( \frac{\text{rdmt de la culture}^2 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)}{\left( \frac{1}{10000} \right) + \text{besoin nette en N} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)} \right) \times \frac{\text{prix de la culture} \left( \frac{\text{CHF}}{\text{kg}} \right)}{\text{prix de l'azote} \left( \frac{\text{CHF}}{\text{kg}} \right)}$$

Cette formule met en relation le rendement (production par surface) de chaque culture avec son besoin net en fertilisant azoté (d'autres fertilisants pourront être ajoutés plus tard à la formule pour avoir une vision plus exacte de la performance de l'espèce). Les prix des éléments sortants et entrants sont aussi considérés pour incorporer la réalité du marché des denrées alimentaires et des fertilisants dans la pondération finale.

L'IPC a contribué à la création du plan cultural et le plan de rotation pour la ferme de Fémé pour l'année 2021.

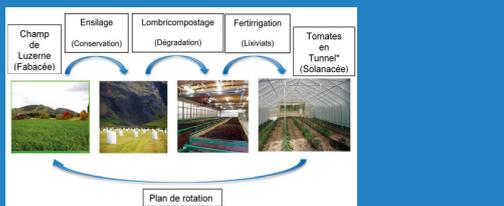
### Station de lombricompostage



Les objectifs de la station pilote de lombricompostage ont été de :

- ✓ Commencer la multiplication des vers de terre dans la ferme.
- ✓ Vérifier si les annélides peuvent survivre l'hiver dans une structure hors-sol dans les conditions climatiques de Genève.
- ✓ Mesurer la quantité des nitrates qui sortent dans les lixiviats.
- ✓ Sensibiliser les collaborateurs du projet « Cueillettes de Landecy » autour de la fermeture des cycles du carbone et de l'azote en les invitant à ramener leurs déchets de cuisine à la ferme pour nourrir les lombrics.

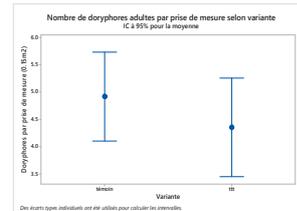
**Le fertilisant agroécologique:** Si la matière organique qui nourrit le lombricompost est issue d'un champ de légumineuses (par ex. de luzerne), alors l'azote réactif créé aurait une origine atmosphérique (grâce aux bactéries symbiotiques de cette famille) et les stocks d'azote réactif bloqués dans la matière organique du champ seraient préservés. Celle-ci pourrait être considérée comme un fertilisant agroécologique.



Résultat: La concentration de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> repéré en j+42 a été entre 100 et 250 mg/l. Une station de lombricompostage de 4m<sup>3</sup> arriverait à remplir les besoins de 1.5 ha de cultures maraîchères diversifiées.

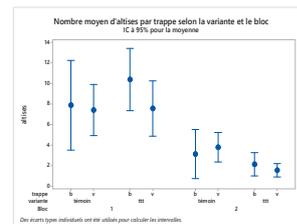
### Le *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 dans la lutte microbiologique contre des insectes nuisibles dans les champs de pomme de terre et de choux à la ferme de Fémé

L'objectif de la première expérience a été de tester l'efficacité du champignon entomophage *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 dans la lutte microbiologique contre les doryphores (*Leptinotarsa decemlineata*) dans les champs de pomme de terre à la ferme de Fémé. **Résultat:** Aucun doryphore a été repéré mort en j+4 et en j+7 (traitements et témoins inclus). Cependant, une légère baisse dans le nombre moyen de doryphores trouvés par prise de mesure a été observé pour la variante traitement. La p. valeur du test ANOVA pour cette observation est de 0.354. Ainsi, ces données ne fournissent pas un témoignage significatif (seuil de 5%) en faveur de l'efficacité du champignon entomophage *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 dans la lutte microbiologique contre les doryphores (*Leptinotarsa decemlineata*) dans les champs de pomme de terre.



L'objectif de la deuxième expérience a été de tester l'efficacité de ce même champignon dans la lutte microbiologique contre des altises du chou (*Phyllotreta nemorum*) sur deux bandes de choux chinois (*Brassica rapa pekinensis*).

**Résultat:** Ces données n'ont pas fourni un témoignage en faveur d'une baisse significative (seuil de 5%) du nombre d'altises (*Phyllotreta nemorum*) par l'utilisation du *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 dans la lutte microbiologique dans les champs de choux chinois (*Brassica rapa pekinensis*). La p. valeur du test ANOVA a été de 0.851. Cependant, les résultats ont montré une différence significative (seuil de 5%) pour le nombre d'altises trouvées par blocs (p. valeur 0.0).



### CONCLUSION

Ce travail matérialise à la ferme de Fémé les intentions de la Fondation Antenna pour répandre les pratiques agroécologiques dans le monde en utilisant les outils offerts par la formation en agronomie à HEPIA. La création de l'indice de performance cultural (IPC) et le plan de rotation pour la ferme sont des exemples de cette démarche qui intègre aussi le facteur de la faisabilité économique dans le modèle. Ainsi, non seulement la production à la ferme de Fémé est devenue plus écologique mais aussi son chiffre d'affaires est sensé d'augmenter pour l'année 2021.

Le chapitre sur la fertilisation de la ferme a proposé un modèle pour la création d'un fertilisant agroécologique. La réalisation des futurs travaux autour de cette question sont fortement conseillés pour standardiser une possible production et, dans un deuxième temps, envisager un modèle de commercialisation.

Malheureusement, les expériences mises en place avec le champignon entomophage ont dû faire face à des situations impondérables qui auraient pu perturber les résultats. Les permis fédéraux pour l'utilisation du *Paecilomyces fumosoroseus* UASWS1457 28.2 seront encore valables durant quelques années et la ferme de Fémé reste ouverte à de futures collaborations pour la mise en place de nouvelles expériences.

## « Évaluation du potentiel de plusieurs espèces de *Bacillus* et *Pseudomonas*, isolées localement comme agents d'induction de croissance de diverses plantes cultivées »

De nombreuses bactéries qui vivent dans la rhizosphère (rhizobactéries) et/ou qui sont endophytes, sont considérées comme biostimulantes, car favorisant les processus de nutrition et les défenses de la plante. L'objectif de cette étude a consisté à observer l'effet de biostimulation de plusieurs de ces bactéries sur diverses plantes maraîchères. Elles ont été inoculées par des souches endophytes de *Pseudomonas* et de *Bacillus*, isolées par le laboratoire plantes et pathogènes de HEPIA.

### Souches utilisées

Tableau 1 : Description des bactéries utilisées durant les essais

Genre	Espèce	Souche	Provenance	Production d'AIA (mg/l)	Solubilisation du phosphore (%)
<i>Pseudomonas</i>	<i>moraviensis</i>	B6	Culture hors-sol (Serre des Marais à Veyrier, GE)	11,38	34,03
<i>Pseudomonas</i>	<i>palleroniana</i>	B10	Culture hors-sol (Serre des Marais à Veyrier, GE)	2,07	22,58
<i>Bacillus</i>	<i>aryabhattai</i>	B29	Culture pleine terre (Serre Chapuis à Veigy, France)	2,38	31,43
<i>Bacillus</i>	<i>subtilis</i>	B25	Culture pleine terre (Serre Chapuis à Veigy, France)	4,34	33,86
<i>Bacillus</i>	<i>simplex</i>	B19	Culture biologique pleine terre (Serre Pecorini et Pellet à Toineux, GE)	3,26	39,66

### Méthode de multiplication et d'inoculation

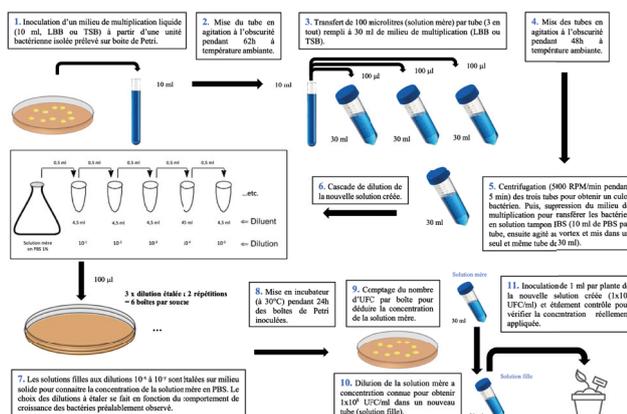


Figure 1 : Schéma de la préparation de l'inoculum

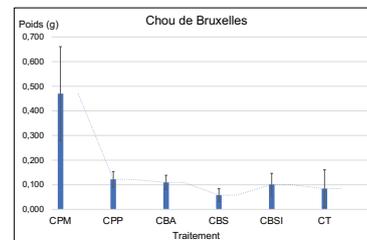
### Mesures effectuées sur de la plante

L'influence des bactéries endophytes (Tableau 1) sur la plante a été évaluée en mesurant la production de biomasse (poids frais et poids sec), la précocité de la culture (selon l'évolution du stade phénologique de la plante) et la production de chlorophylle.

Professeur responsable : LEFORT François  
Superviseur : COCHARD Bastien

### Premier essai (screening)

Un premier test en serre a été effectué afin d'observer la réaction de plantes de tomate, d'épinard, de basilic, d'aubergine et de chou de Bruxelles (Figure 2), ayant été inoculé par différentes souches de *Bacillus* et de *Pseudomonas*.

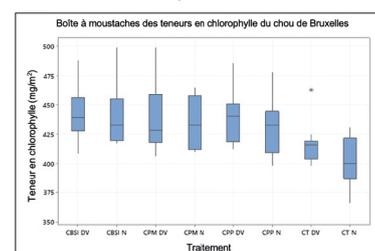


CPM = Chou de Bruxelles avec *P. moraviensis* B6 / CPP = Chou de Bruxelles avec *P. palleroniana* B10 / CBA = Chou de Bruxelles avec *B. aryabhattai* B29 / CBS = Chou de Bruxelles avec *B. subtilis* B25 / CBSI = Chou de Bruxelles avec *B. simplex* B19 / CT = Chou de Bruxelles témoin négatif

Figure 2 : Moyenne des masses fraîches des plantes de chou de Bruxelles par modalité

### Deuxième essai

Suite aux observations faites durant le screening, un deuxième test a été opéré en utilisant des plantes d'aubergines et de choux de Bruxelles (Figure 2), qui sont celles qui ont le mieux réagi lors du premier essai. Les souches choisies pour l'inoculation étaient *P. moraviensis* B6, *P. palleroniana* B10 et *B. simplex* B19 (Tableau 1). De plus, une alternative avec substrat désinfecté a été testée (pour déceler un éventuel effet antagoniste des autres bactéries présentes naturellement dans le substrat).



DV = substrat désinfecté / N = substrat non désinfecté / CPM = Chou de Bruxelles avec *P. moraviensis* B6 / CPP = Chou de Bruxelles avec *P. palleroniana* B10 / CBSI = Chou de Bruxelles avec *B. simplex* B19 / CT = Chou de Bruxelles témoin négatif

Figure 3 : Boîte à moustaches des moyennes des teneurs en chlorophylle des choux de Bruxelles

### Conclusion

Les souches de *Pseudomonas* et de *Bacillus*, qui avaient déjà mis en évidence de bons résultats sur la tomate lors d'une précédente étude, ont montré qu'elles pouvaient aussi agir positivement sur d'autres plantes. Le screening a semblé montrer un affinité entre la souche *P. moraviensis* B6 et le chou de Bruxelles, en améliorant sa croissance en condition de stress thermique (Figure 2). Durant le deuxième essai, les souches *B. simplex* B19 et *P. palleroniana* B10 ont augmenté la teneur en chlorophylle de la plante de chou de Bruxelles (Figure 3). Pour sa part, la production de masse sèche de l'aubergine a été améliorée par la souche *B. simplex* B19.

L'avenir est à créer



## Evaluation de différentes souches bactériennes sur la base de leurs propriétés biostimulantes sur *Cannabis sativa*

Dans le cadre de cette étude, nous avons décidé de tester 30 souches bactériennes de la collection du laboratoire « Plantes et Pathogènes » de l'HEPIA de Genève. Ces différentes souches sont endophytes et ont été isolées et caractérisées lors d'autres études menées par le laboratoire. Pour ce faire, deux essais *in planta* ont été menés sur des plantes de *Cannabis sativa* en culture intérieure.

### ❖ Matériel et méthodes

- Evaluation *in planta* de la capacité des 30 souches

L'objectif du screening est d'identifier les 5 souches bactériennes ayant des capacités de biostimulation les plus prometteuses. Le temps de culture prévu est de 4 semaines après l'empotage.

L'essai est constitué de 288 individus séparés en 32 traitements (30 traitements inoculés et 2 traitements témoins). Chaque traitement est constitué de 9 répétitions. La variété utilisée est la 'V1 – Silver Haze'.

Les boutures sont empotées puis inoculées. Les inoculum sont préparés dans une solution saline équilibrée (PBS, ROTI – Cell 10x). Leurs concentrations sont calculées en UFC/ml (Unités formatrices de colonies).

Une analyse de la teneur en chlorophylle est effectuée de manière hebdomadaire. Les entre-nœuds sont comptés 2 fois par semaine. Le diamètre au collet est mesuré à la fin de culture. La masse fraîche ainsi que la masse sèche sont mesurées à la fin de la culture.

- Evaluation *in planta* de la capacité des 5 souches sélectionnées

Pour cet essai, l'objectif est d'approfondir la recherche sur les tendances observées au screening sur l'entier du cycle de culture du *Cannabis sativa*. La culture est menée jusqu'à la floraison afin d'évaluer le rendement et les teneurs en cannabinoïdes des fleurs obtenues par traitements. Le temps de culture prévu est de 11 à 12 semaines. La variété utilisée pour le test de performances ciblés est la 'V2 – Silver Haze'.

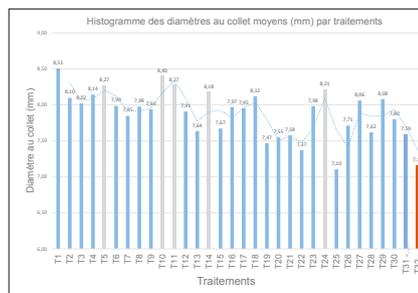
L'essai est constitué de 70 individus séparés en 7 traitements (5 traitements inoculés, 1 traitement témoin négatif et 1 traitement témoin positif). Chaque traitement est constitué de 10 répétitions.

Deux inoculations sont effectuées. La première se déroule au moment de l'empotage, puis la seconde lors du repotage. Une analyse de la teneur en chlorophylle est effectuée de manière hebdomadaire. Le diamètre au collet et la masse fraîche totale sont mesurés à la fin de la culture. Après séchage, le rendement en fleur est calculé. Finalement, une analyse de teneur en cannabinoïde est effectuée.

### ❖ Résultats

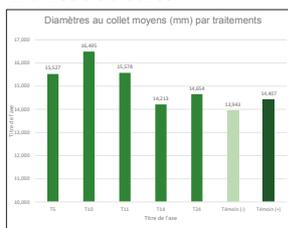
- Evaluation *in planta* de la capacité des 30 souches

Seule la mesure du diamètre au collet s'est montrée concluante, 5 souches ont pu être sélectionnées pour le test de performances ciblées.



- Evaluation *in planta* de la capacité des 5 souches sélectionnées

Diamètre au collet :

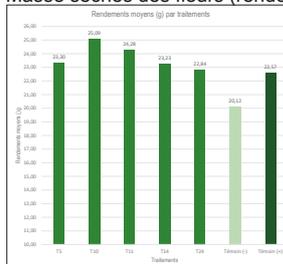


Code	Rep	Moyennes (mm)	ANOVA 5%	Pourcentage de gain
T10	10	16,495	B	18,3 %
T11	10	15,578	B	11,73 %
T5	10	15,527	B	11,36 %
T24	10	14,654	A	5,1 %
T14	9	14,213	A	1,94 %
T(-)	10	13,943	-	-

Code	Rep	Moyennes (mm)	ANOVA 5%	Pourcentage de gain
T10	10	16,495	B	14,49 %
T11	10	15,578	A	8,13 %
T5	10	15,527	A	7,77 %
T24	10	14,654	A	1,71 %
T14	9	14,213	A	1,39 %
T(+)	10	14,407	-	-

Les traitements étiquetés de la lettre B sont statistiquement significatifs

Masse sèches des fleurs (rendement) :



Code	Rep	Moyennes (g)	ANOVA 5%	ANOVA 10 %	Pourcentage de gain
T10	9	25,09	B	B	24,7 %
T11	10	24,28	B	B	20,7 %
T5	10	23,30	A	A	15,6 %
T14	6	23,23	A	A	15,4 %
T24	9	22,84	A	A	13,5 %
T(+)	9	22,57	A	A	12,2 %
T(-)	10	20,12	-	-	12,2 %

Les traitements étiquetés de la lettre B sont statistiquement significatifs

Encadrement : Prof. François Lefort – Responsable TB Hepia

Bastien Cochard – Superviseur

En collaboration avec : Dr. Aissa Ramzi, BERTELS B.V. - PLAGRON





## Isolement et Test de l'antagonisme des champignons endophytes des orchidées épiphytes contre *Rhizoctonia solani* sur *Raphanus sativus*

Afin de vérifier la présence de champignons mycorhiziens dans les serres du CJB et de les identifier, 60 souches de champignons endophytes ont été isolées des racines de 22 orchidées épiphytes. Dans un second temps, le potentiel antagoniste des champignons isolés a été testé contre le pathogène *Rhizoctonia solani* lors de confrontations *in vitro* et d'un essai *in planta* sur *Raphanus sativus*.

### Matériel et Méthode

#### Matériel végétal

Des 560 orchidées qui compose la collection du CJB, 22 spécimens d'origine sauvage ont été échantillonnés. 3 sections de racines de 1cm ont été prélevées par plante.

#### Isolement

Au total, 60 souches de champignons ont pu être isolées. Un premier milieu de culture était du PGA auquel on a ajouté 50ppm de tétracycline, pénicilline et streptomycine. Les cultures pures ont ensuite été transférées sur du PGA.

#### Identification

Un premier regroupement phénotypique a permis de sélectionner 45 souches à séquencer. Les 45 souches ont été séquencées en utilisant les ITS 4 et ITS 5. Une souche sur les 60 isolées appartenait à la famille des *Tullaceae*, qui est connue pour être la famille de mycorhizes des orchidées la moins spécifique.

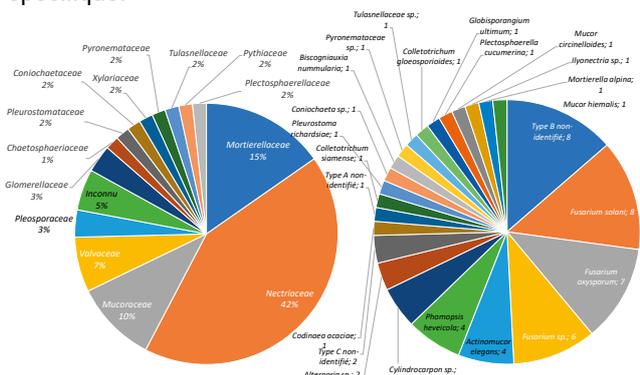


Figure 1 : Diagramme quantitatif relatif des familles isolées (à gauche) et des espèces (à droite)

Professeur : LEFORT François

En collaboration avec : GOLDSCHMID Vincent, CJB

### Confrontation *in vitro* et essai *in planta*

Deux séries de confrontations ont permis de sélectionner les 10 souches les plus antagonistes contre *Rhizoctonia solani* en vue d'un essai *in planta*. La plante choisie était *Raphanus sativus*. L'inoculation s'est faite 10 jours après le semis et les mesures du nombre de taches de *R. solani* par pot et des masses fraîches et sèches s'est faite 24 jours après le semis.



Photo 1 et 2 : Taches de *R. solani* sur radis (à gauche) et confrontation entre *Mucor circinelloides* (bas) et *R. solani* (haut) après 7 jours. (Photos personnelles)

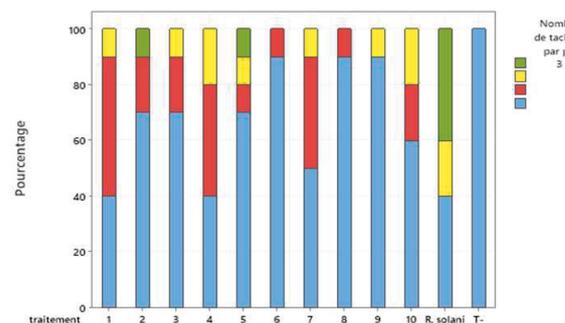


Figure 2 : Pourcentage de pots atteints comptabilisant 0, 1, 2 ou 3-5 taches

### Conclusion

Les souches de *Mucor circinelloides*, *F. oxysporum* et *F. solani* ont fortement limité la croissance de *R. solani*. Seulement une souche de mycorhize a été isolée. L'isolement de mycorhizes des orchidées épiphytes devrait se faire en échantillonnant des racines aériennes car les substrats d'écorce induisent une colonisation par les champignons endophytes à large distribution.



Conservatoire  
et Jardin botaniques  
Genève



## Évaluation de champignons entomophages pour le contrôle de pucerons en espaces verts et cultures florales

### Introduction

L'intérêt pour le développement de nouvelles méthodes de lutttes biologiques s'est fortement développé ces dernières années. Dans ce contexte, ce travail s'est réalisé en collaboration avec Evergreen Garden Care dans le but de tester l'efficacité de traitements insecticides à base de champignons entomophages.

### Contexte

un test a été effectué sur des cultures de roses de la variété FEELING® infestée par un puceron (*Macrosiphum rosae*) pendant le mois de mai 2021 dans la commune française de Chazay-d'Azergues du département du Rhône de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

### Matériel

Trois souches provenant de l'espèce de champignons entomophages *Beauveria bassiana* découvertes sur le canton de Genève par le laboratoire plantes et pathogènes d'HEPIA ont été sélectionnées pour ce test.

Les rosiers ont été fournis par l'entreprise Meilland Richardier située sur la commune française de Diémot du département de l'Isère de la région Auvergne-Rhône-Alpes

### Méthode

Un jour avant le premier traitement, dix jeunes pousses, sur lesquels le nombre de pucerons a été compté, ont été identifiées et marquées pour chaque unité expérimentale. Huit traitements (Tableau 1) avec 4 répétitions constituées de 8 plantes (Figure 2), ont été appliqués à deux reprises, le 18.05.21 et le 29.05.21. Afin de déterminer la quantité de produit à apporter, les plants (Figure 1) ont été traités jusqu'à apparition du point de rosée. Le nombre de pucerons présents sur chaque pousse numérotée est compté tous les 4 à 5 jours jusqu'à disparition naturelle des populations de pucerons.



Figure 1 - Parcelles de rosiers

### Conclusion

Les champignons entomophages démontrent d'impressionnants résultats dans des conditions de développement idéales, mais sont mal adaptés aux conditions environnementales. Au lieu de rechercher de nouvelles souches entomophages, il serait plus intéressant de se concentrer sur une formulation leur permettant de mieux s'adapter à l'environnement.

Tableau 1 – Détails des traitements effectués sur rosier

Espèces	Souches	Concentrations en spores par litre de solution
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1865	2 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1865	4 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1431	2 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1431	4 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1427	2 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	UASWS 1427	4 x 10 <sup>7</sup>
<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis	2 x 10 <sup>7</sup>
-	Eau	-

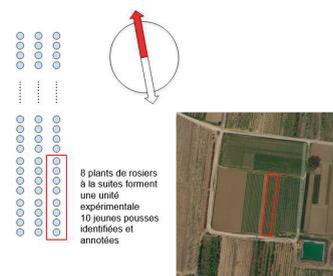


Figure 2 – Plan des tests

### Résultats et Discussion

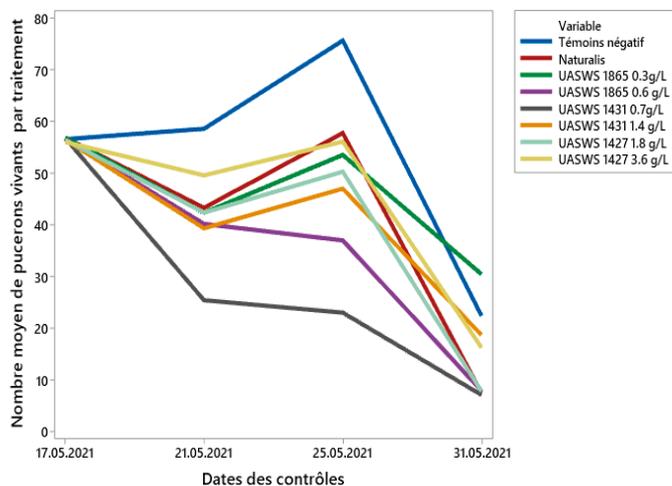


Figure 3 - Évolution du nombre moyen de pucerons présents sur rosier par traitement en fonction des dates de contrôles

Les résultats des trois différents tests n'ont pas permis d'observer de différences significatives entre les traitements. Néanmoins, UASWS 1865 0.6 g/L et UASWS 1431 0.7 g/L ont (Figure 3) un nombre de pucerons vivants plus bas que le témoin négatif et les autres traitements.



Prof. Dr. François LEFORT, professeur HES  
Matthieu JOUANET, chef de la catégorie recherche et développement  
Bastien Cochard, collaborateur scientifique HES

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève



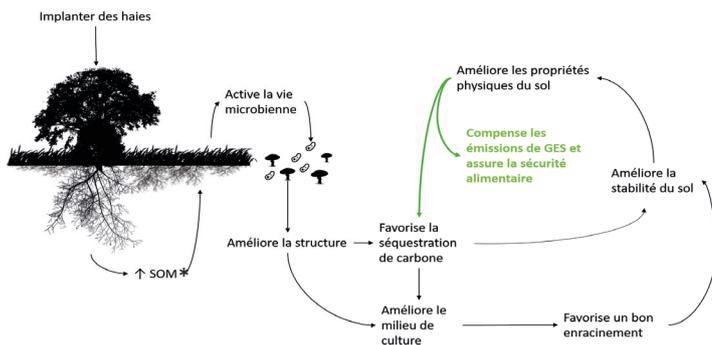
TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Rousset Eva

## Etude comparée – Impact de la haie bocagère sur les qualités biophysiques des sols cultivés

**Introduction** — Les haies bocagères sont un puit non négligeable de carbone. Leur proximité avec le sol cultivé est propice à un transfert de matière organique élevé, améliorant les propriétés physiques et biologiques du sol. De ce fait, le bocage peut être une réponse plausible aux enjeux contemporains : diminuer les émissions de gaz à effet de serre et assurer la sécurité alimentaire (fig. 1).

**Matériel & méthode** — une recherche exploratoire

- Prélèvement sur 2 parcelles bordées de haies en Haute-Normandie (photos 1 et 2, lycée agricole d'Yvetot - Seine-Maritime).
- Prélèvement à 5 distances de la haie : 5, 10, 20, 50 et 100m, avec 3 répétitions par parcelle.
- Utilisation d'indicateurs biologiques et physiques (tab. 1).
- Tests Kruskal-Wallis et analyses de régression pour tester l'effet de la distance sur les divers indicateurs accompagnés d'une ACP.



\*SOM = Soil Organic Matter

Fig 1 : schéma des liens entre les enjeux environnementaux et sociétaux avec la qualité du sol et de la présence des haies – source : schéma personnel, images sous licence CC-BY-NC



Photo 1 (à gauche) : haie de la parcelle P1 avec culture de maïs.

Source : photo personnelle



Photo 2 (à droite) : haie de la parcelle P3 avec culture de maïs.

Source : photo personnelle

Tableau 1 : liste des indicateurs de qualité des sols employés

Indicateurs physico-chimiques	Indicateurs biologiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse du retrait</li> <li>• pH</li> <li>• Mesure de la teneur en matière organique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• qPCR 18s et 16s</li> <li>• Activité enzymatique</li> <li>• Taux de mycorhization</li> <li>• Glomaline</li> <li>• Biolog</li> <li>• Minéralisation C et N</li> <li>• C oxydable et C soluble</li> </ul>

**Résultats** — Les indicateurs biologiques n'ont pas montré de résultats statistiquement significatifs. Les courbes de retrait traduisent un sol bien structuré, aéré et avec une grande réserve utile en eau (RU) (fig.2). La RU et la réserve difficilement utilisable (RDU), semblent augmenter en s'éloignant de la haie (fig. 3). Ces résultats physiques ne sont pas corrélés avec la teneur en MO. Ils sont alors peut-être liés à un changement de comportement du plasma en s'éloignant de la haie. La MO n'est pas non plus corrélée avec la distance avec la haie comme il était supposé (fig. 4).

**Discussion et conclusion** — Ce travail montre des pistes de recherches et présente des résultats significatifs sur les propriétés physiques du sol étudié. Il mérite toutefois d'être réalisé à nouveau avec plus de répétitions et sur un site plus représentatif des conditions pédologiques des bocages, où les sols sont de nature plus fragile et sensible à l'érosion (photos 3, 4 et 5). Les haies étudiées à Yvetot avaient une fonction de brise-vent, fonction tout à fait adaptée à la région, mais pas au travail ci-présent.

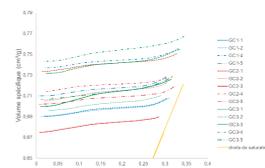


Fig 2 : Courbes de retrait de la parcelle P1 avec droite de saturation (1:1)

Photo 3 : photo aérienne prise entre 1950 et 1965 en Loire-Atlantique où une dizaine de parcelles occupent environ 9,4 ha



Photo 4 : photo aérienne prise dans les années 2010 sur la même zone qu'en photo 3, il n'y a plus qu'une seule parcelle

Source : remonterletemps.ign.fr

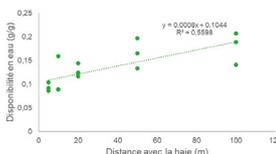


Fig 3 : Réserve utile en eau du sol sur P1 en fonction de la distance avec la haie (p-valeur : 0,001)



Photo 5 : Ruissellement sur la parcelle de la photo 4

Source : Photo personnelle

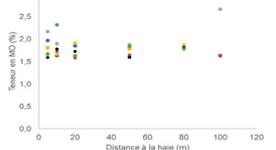


Fig 4 : Teneur en matière organique en fonction de la distance avec la haie sur les deux parcelles.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève



## OPTIMISATION DES COUVERTS VÉGÉTAUX EN VITICULTURE : ASPECTS BOTANQUES ET AGRONOMIQUES

### Introduction

Les couverts végétaux sont aujourd'hui d'un intérêt certain dans le domaine de la viticulture du fait de leur nombreux avantages (protection contre l'érosion, maîtrise des adventices, amélioration de la structure du sol, etc.). Cependant, les inconvénients sont également bien présents (compétitivité envers la vigne, coûts, gestion) de sorte qu'un des principaux enjeux va être la création de mélanges d'espèces permettant de concilier un maximum d'avantages tout en réduisant les inconvénients.



Figure 1. Dispositif expérimental en blocs randomisés à quatre répétitions

### Site expérimental

Vignoble de Genève (Lully) – essai prévu pour 5 ans

### Objectif

Permettre une meilleure compréhension et une caractérisation des couverts végétaux via l'observation de 5 modalités d'enherbement : trois couverts permanents (flore spontanée, OH-viticole et MCS-pilote) et deux couverts temporaires (VITI-été et VITI-automne) (Figure 1).

### Mesures et observations

- Analyse de la végétation des couverts
  - Relevés botaniques
  - Biomasse aérienne
- Influence des couverts sur la vigne – stress hydro-azoté
  - Potentiel hydrique (tige)
  - Indice chlorophyllien
- Influence des couverts sur le sol - structure
  - Tests bêche (VESS)

### Conditions particulières de la saison d'essai

- Conditions météorologiques atypiques
  - Mars-avril : très sec et ensoleillé - Mai : très froid et humide - Juin-juillet : très humide + 2 x de la grêle
- Conséquences sur les vignes
  - Mauvais démarrage, acariose : plantes frêles, peu vigoureuses, feuillage recroquevillé, tacheté et troué

### Résultats

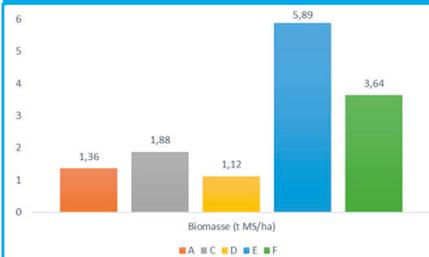


Figure 2. Biomasses aériennes produites le 04 mai

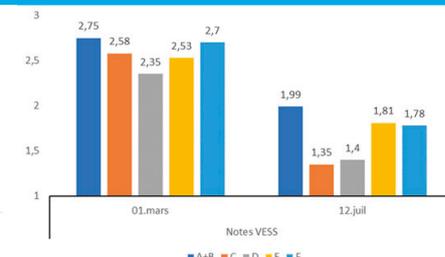


Figure 3. État structural des sols. 1 = structure excellente, 5 = structure médiocre

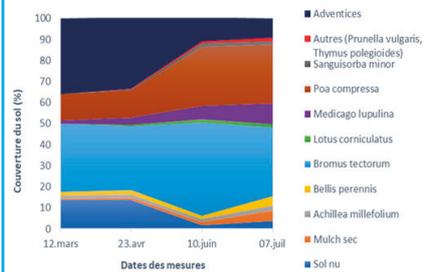


Figure 4. Evolution de la végétation de la modalité « MCS-optimisé »

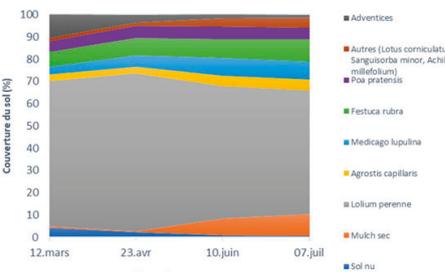


Figure 5. Evolution de la végétation de la modalité « OH-viticole »

### Conclusions

- Les couverts semés (et permanents en particulier) ont un rapide pouvoir structurant sur le sol (Figure 3).
- La capacité des couverts temporaires à remplir leur fonctions (biomasse, structuration, paillage, etc.) dépend de la qualité de leur installation (semis) et de leur destruction
- Le couvert MCS-pilote, qui a montré une vigueur raisonnable et un comportement intéressant (Figure 4), semble permettre de concilier divers avantages (biodiversité floristique, maîtrise des adventices, moindre compétitivité envers la vigne)
- Le couvert OH-viticole, malgré son excellente capacité à couvrir le sol et à maîtriser la flore spontanée (Figure 5), a le défaut d'être plus vigoureux et probablement plus agressif
- Rien de significatif n'a pu être démontré quant au stress hydro-azoté des vignes

Professeur : DELABAYS Nicolas  
En collaboration avec : ANET Thierry

L'avenir est à créer



TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Schmid Matthias

## Etudes variétales et agronomiques sur Curcuma (Curcuma sp.)

### Introduction

Le Curcuma (famille des Zingiberacées), et plus particulièrement le *Longa*, est consommé et utilisé à des fins médicinales depuis des millénaires (4000 av J-C), notamment en Asie centrale (Inde) et de l'Est (Chine). Le Curcuma présente également un potentiel culinaire non négligeable par les qualités organoleptiques présentes dans les différentes espèces. La croissance continue de la production (principalement d'Inde) suggère une consommation de plus en plus fréquente ou un intérêt pour ses propriétés médicinales, issues de certaines molécules intrinsèques à la famille (Curcuminoïdes, Turmérone, etc.).

### Objectifs

Le premier objectif était de mettre en place une culture de *C.Longa* en extérieur à Borex afin d'étudier leur développement sous notre climat, sous différentes conditions (engrais de fond; mycorhizes)

Le deuxième objectif était de mettre en place un protocole afin de pouvoir étudier la présence de curcumines (C1, C2, C3) à l'aide d'une chromatographie sur couche mince (CCM ou TLC). Dans un deuxième temps, le protocole a été appliqué à différents échantillons pour comparaison.

Enfin, un test organoleptique effectué par un panel semi-professionnel de l'école de Changins a eu pour but d'étudier les différences organoleptiques entre 6 différents Curcumas (*Longa*, *Caesia*) à différents stades de croissance.

### Essai au champ

#### Mise en place de l'essai

L'essai a été mis en place dans une bande de terre à côté des serres à Borex (Voir Photo). Des *C. Longa* (Pérou/Espagne) ont été plantés et ont subi des traitements (engrais de fond, mycorhizes) différents. Ils ont ensuite été pesés et mesurés. Ils ont aussi été comparés foliairement avec des *Longas* de même année en serre.



Photo de la bande cultivée le 09.09.2020

#### Résultats

L'apport d'engrais de fond a un effet significatif p-valeur de  $0,04 \leq p \leq 5\%$  sur le Coefficient d'augmentation du poids (Poids racinaire/Poids de base).  $A \leq 10\%$  on observe un effet des mycorhizes sur les jeunes pousses et sur leur nombre.

Une augmentation significative existe entre les feuilles en champ (44cm) et leurs homologues en serre (120cm) (+270%).

#### Discussion

On observe quelques tendances mais il faudrait répéter un essai avec plus de rhizomes. Il est à noter qu'en moyenne un *Curcuma Longa* a un poids racinaire (rhizomes compris) équivalent à 43% de son poids total et le rhizome final gagne en moyenne 12,18x son propre poids initial.

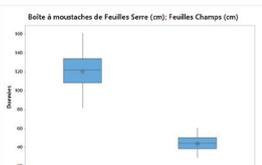


Figure 1 – Boxplot comparatif (champs/serre) sur les mesures de tailles de feuilles

### Essai Chromatographie sur couche mince

#### Mise en place de l'essai

L'essai a eu lieu au laboratoire de Lullier. Une extraction d'HE sur 100mg de *Longa* commercial, une première plaque de CCM pour évaluer les témoins et une seconde plaque de CCM ont été réalisées. La seconde plaque (voir Figure 2) contient les échantillons des poudres séchées suivantes: 1 : *C Longa* frais issus du Pérou et achetés à la Migros. | 2 : *C Longa* frais cultivés depuis un an, issus de l'essai en extérieur à Borex, la poudre provient du rhizome mère | 3 : *Curcuma Longa* frais cultivés depuis deux ans, issus des serres de Borex, la poudre provient des rhizomes mères | 4 : *C Longa* frais cultivés depuis deux ans, issus des serres de Borex, la poudre provient des rhizomes filles | 5 : Poudre provenant de gélules de curcumine pure à 99% (Lex Natura) issues du commerce | 6 : Poudre provenant de *C. Longa* commercial vendu à la Migros | 7 : Huiles essentielles issue de *C. Longa* commercial issues de l'extraction | 8 : Retest du n°4 (incertitude sur le dépôt du capillaire) | T1 : Etalon de Curcumine 1 µL | T2 : Etalon de Curcumine 2 x 1µL | T3 : Etalon de Curcumine 4 x 1µL

#### Résultat

Avec l'éluant (Chloroforme/Méthanol/Acide acétique) (95:5:1), on obtient un Rapport frontal Rf : ~ C1 = 0,73 ; C2 = 0,68 ; C3 = 0,51

#### Discussion

L'essai a montré que le protocole fonctionne plutôt bien et les Rf correspondent à ce qui est attendu. Néanmoins, le protocole est sujet à amélioration, au même titre que l'extraction car des valeurs vont à l'encontre de la littérature (taux d'extraction d'HE; aucun dépôt sur le front pour le n°4/8)

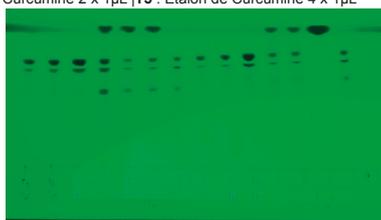


Figure 2 – 2ème plaque CCM (Dépôt 0,1 µL)

### Essai Analyse sensorielle

#### Mise en place de l'essai

L'essai a pris place au laboratoire d'analyse sensorielle de Changins. Un prétest, une génération de vocabulaire et une dégustation ont été réalisés. 20 descripteurs générés par le vocabulaire ont servi à quantifier (de 0 à 10) les votes d'un panel semi-professionnel (N=12) envers 5 *Longas* et un *Caesia*. Les descripteurs ont été les suivants:

- Céil :** Couleur (De blanc à Orange en passant par jaune pour les *Longas*, Bleu pour le *Caesia*)
- Nez :** Végétal/herbes fraîches ; Fruité (pêche, pomme, agrumes) ; Terreux/Champignon ; Epicé (safran) ; Floral ; Mentholé/Camphré ; Plantes aromatiques (romarin, persil)
- Bouche :** Intensité aromatique ; Complexité aromatique ; Mentholé/Camphré/Fraîcheur ; Sucrosité/Douceur ; Sec à Juteux ; Mou à Croquant ; Gras/Huileux ; Piquant/Epicé ; Amertume ; Fibreux ; Persistance aromatique

#### Résultats

Voir Figure 3 et 4

#### Discussion

On se rend compte qu'il existe des différences significatives entre les différents *Longas* (Jeune Pousse [JP], rhizome mère [R], 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> année [Y1 & 2], commercial [COM]).

Il existe de grosses différences entre le *Longa* et le *Caesia* (Voir Figure 5). Ces descripteurs et ces profils indiquent quelques pistes quand à l'impact des facteurs culturaux sur le développement aromatique. Il est à espérer que la prochaine analyse sensorielle puisse contenir du *Amada*.

Carte des produits issue de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui regroupe les produits selon leur similarité et sont donc dans le même groupe de même couleur. Les termes en italique avec un «+» caractérisent positivement chaque groupe au seuil de 10%. Les termes en italique avec un «-» sont peu intenses pour chaque groupe au seuil de 10%. Les dimensions représentent la part de variance totale.

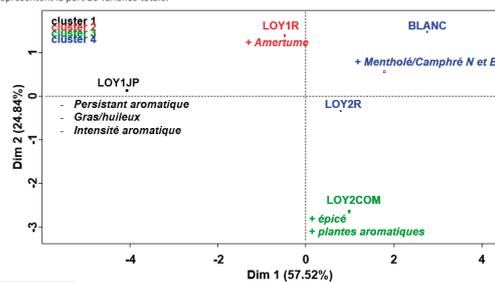


Figure 3 - Carte des clusters entre Longas issue d'une ACP (Rèbénague P.)

Comparaison visuelle de descripteurs organoleptiques entre plusieurs Curcumas Longa

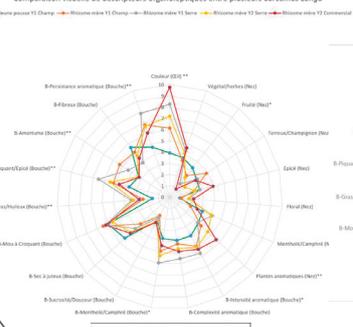


Figure 4 – Comparaison visuelle des descripteurs organoleptiques entre plusieurs Curcumas Longa

Comparaison visuelle des descripteurs organoleptiques entre Caesia et Longa

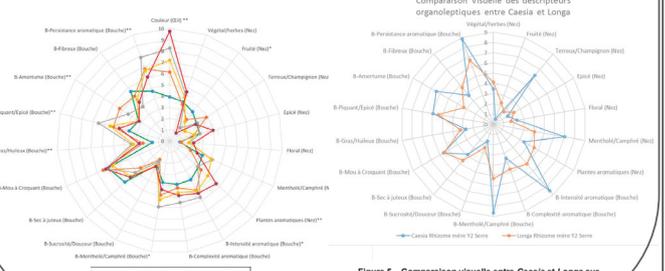


Figure 5 – Comparaison visuelle entre Caesia et Longa sur les descripteurs organoleptiques

### Conclusion

Certains facteurs climatiques semblent jouer un rôle important envers la culture en extérieur (ralentissement à cause de plein soleil, vent). Il est cependant possible de faire pousser en extérieur. La culture du Curcuma semble s'étaler sur plusieurs années et des améliorations agronomiques sont largement possibles (pH, substrat, levée précoce, moment de l'apport d'engrais) à tester et mettre en place.

Pour la chromatographie, il devrait être possible d'associer la CCM avec une spectrométrie (fluorescence) afin de connaître les taux précis de curcumines et de pouvoir générer des plaques en semi-quantitatif et à bas coût.

Enfin, les profils organoleptiques laissent des indices quand à une valorisation de *Curcumas* locaux produits de manière biologique car certains des individus de l'exploitation présentent bien plus de complexité aromatique que le Longa commercial. Du *C.Amada* serait le bienvenu.

L'avenir est à créer

Nicolas Delabays – Responsable TB HEPIA  
Niels Rodin – Superviseur – Producteur

Laissez libre la bande – à supprimer avant impression

Laissez libre la bande – à supprimer avant impression



TRAVAIL DE BACHELOR 2020 – Schneeberger Lucien Diplômant-e

## Mesurer le stock de carbone dans le sol d'une parcelle agricole : test d'un protocole simplifié

### Contexte

La limitation de l'ampleur du changement climatique est parmi les principaux défis auxquels notre société doit faire face actuellement. La séquestration du carbone atmosphérique dans les sols agricoles est une des meilleures solutions qu'il nous est possible de mettre en place rapidement et à grande échelle. Mais pour cela il faut que les collectivités publiques encouragent les changements de pratiques faits par les agriculteurs. Dès lors, ces dernières auraient besoin d'une méthode précise et peu coûteuse permettant de mesurer les stocks de carbone dans les sols des parcelles agricoles. Ce travail évalue donc une des méthodes qui semble les plus prometteuses à ce jour.

### Comment évaluer une méthode de mesure ?

La qualité d'une méthode de mesure se décline en deux facteurs :

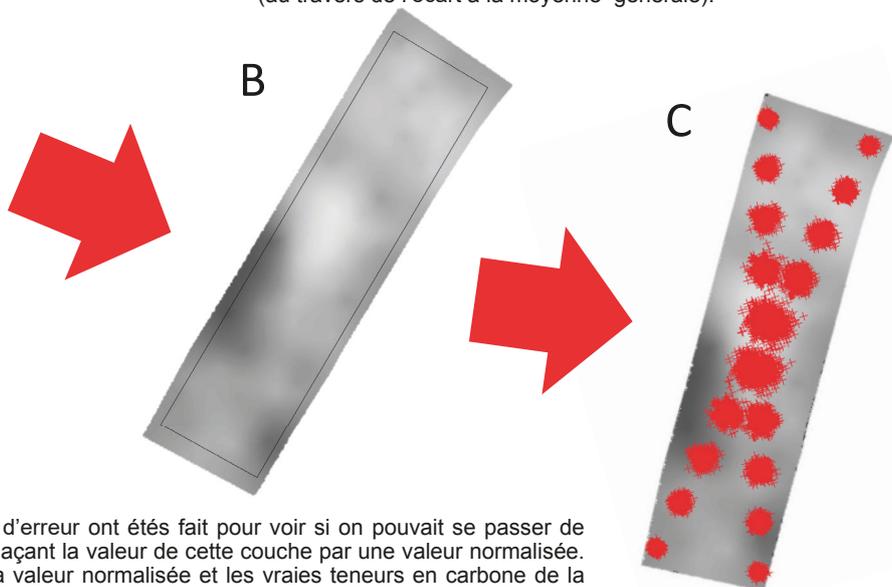
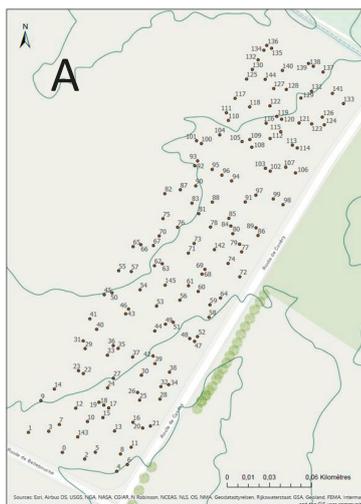
- La justesse : c'est-à-dire la capacité de la méthode à donner un résultat **moyen** proche de la réalité.  
et
- L'exactitude : c'est-à-dire la capacité de la méthode à donner des résultats individuels proches de leurs moyennes

### Méthode :

La méthode à évaluer a été comparée avec une méthode « de référence » plus coûteuse mais qui a déjà fait ses preuves. Pour cela des parcelles ont été échantillonnées densément avec les deux méthodes (**A**) les résultats des stocks mesurés avec chaque méthode ont ensuite été comparés (cela permet d'évaluer la justesse).

Ensuite, à partir d'un modèle mathématique (semi-variogramme) deux cartes (une pour la masse de sol et une pour la teneur en Corg) ont été faites (**B**) et sur ces cartes des centaines d'échantillonnages ont été simulés (**C**)

À partir de ces simulations l'exactitude a pu être mesurée au travers de deux valeurs : le MDC (qui mesure la capacité de la méthode à détecter des changements statistiquement significatifs) et la représentativité de l'ensemble de la parcelle (au travers de l'écart à la moyenne générale).



### Les calculs d'estimation d'erreur :

En plus de ces simulations des calculs d'erreur ont été fait pour voir si on pouvait se passer de l'échantillonnage d'une couche en remplaçant la valeur de cette couche par une valeur normalisée. Pour ces calculs les différences entre la valeur normalisée et les vraies teneurs en carbone de la couche à remplacer a été quantifié puis les variation d'épaisseur (ce qui impliquait plus ou moins d'utilisation de la couche à remplacer) ont été calculées à partir de données de la littérature. La combinaison des variations d'épaisseur et des différences entre les valeurs nous ont donné l'erreur ajoutée par l'utilisation du facteur de correction

### Résultats :

Le protocole simplifié a présenté des MDC proche des 570 grammes de carbone par mètre carré et une erreur qui ne devrait pas dépasser 230 grammes pour 95% cas. Il a donc une **exactitude moyenne**. Il a aussi montré des résultats surestimant les stocks (+ 6 à 13%) par rapport à la méthode de référence. Il présente donc un grand **problème de Justesse**. La cause de cette erreur : l'outil se déforme trop. La suite proposée à ce travail sera donc la recherche d'un outil plus résistant ou la création d'un méthode permettant de connaître ces déformations.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève



## Évaluation de diverses méthodes de lutte agroécologique contre les principaux ravageurs du chou-fleur

### Contexte

Les systèmes agricoles actuels ne sont plus viables à long terme et sont destructeurs pour l'environnement. Une des alternatives possible se trouve dans des modèles agroécologique. Un des défis de ces derniers est de trouver des alternatives aux techniques de lutte phytosanitaire conventionnelles. L'objectif de cette étude est d'en tester certaines scientifiquement. Il s'agit ici de deux associations de culture ainsi qu'un champignon entomopathogène.

### Matériel et méthode



Figure 1. Chou-fleur 'Neckarperle' (source: [https://www.sativa.bio/fr\\_ch](https://www.sativa.bio/fr_ch))

Trois traitements ont été testés à Zurich sur une culture de chou-fleur de la variété 'Neckarperle' (figure 1). Les traitements 1 et 2 étaient des associations de culture avec des plantes aromatiques. (T1= *Mentha spicata*, T2 = *Salvia officinalis* 'Grower's Friend'). Le traitement 3 a consisté en 3 applications à intervalle régulier d'un champignon entomopathogène (T3 = souche UASWS1457 28.2 de *Paecilomyces fumosoroseus*) afin d'évaluer son efficacité préventive.

L'essai a été réalisé en blocs aléatoires complets sur 3 plates-bandes côte à côte. Chacune contenant 2 blocs, le nombre de répétitions s'élevait donc à 6 par traitement.

Pour évaluer ces différents traitements, des relevés hebdomadaires ont été effectués sur la parcelle selon trois critères : la somme de mortalité, le pourcentage de dégâts d'altises ainsi que celui de limaces. Finalement un relevé du poids moyen des choux-fleurs a été réalisé en fin d'expérience.

Les 3 traitements ont été comparés entre eux ainsi qu'à un témoin non traité (TM).

### Résultats et discussion

On ne constate aucune différence significative sur l'ensemble des critères évalués durant tout l'essai. Excepté de très légères différences pour les altises avec plus de dégâts sur T3 que T2 lors des derniers relevés (plus précis que les précédents) (figure 2).

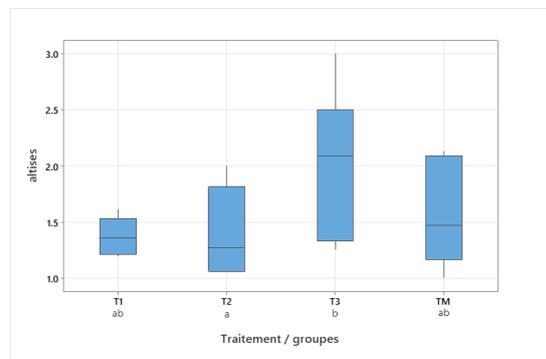


Figure 2. Boîte à moustaches du relevé 9 des dégâts d'altises par traitement avec les groupes des comparaisons multiples à 95%. (les groupes qui ne portent pas la même lettre sont différents)

Cela laisse penser que le système d'évaluation des dégâts manque de précision. Il semble que T3 soit le moins efficace de tous contre les altises (figure 3). On peut tout de même observer d'autres différences. T3 a plus de dégâts d'altises que TM.

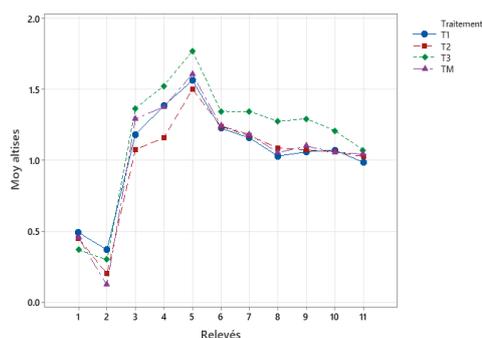


Figure 3. Evolution des dégâts d'altise par UE et par traitement sur les 11 relevés effectués.

### Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative sur l'ensemble des critères évalués excepté de manière très faible pour les dégâts d'altises avec des dégâts plus importants pour le traitement champignon. La mise en place d'une nouvelle étude plus ciblée avec des méthodes de mesure plus précises, l'observation de plus de ravageurs, une densité de plantation des associations plus grande ainsi qu'un plus grand nombre de parcelles expérimentales pourrait apporter un témoignage plus fiable quant à l'efficacité de ces types de traitements.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

## Elaboration d'un protocole de culture *in vitro* de *Zantedeschia aethiopica* 'Colombe de la Paix'

L'objectif de ce travail est d'élaborer un protocole de culture *in vitro* de *Zantedeschia aethiopica* 'Colombe de la Paix'. Aujourd'hui, cette plante est cultivée pour la production de fleurs coupées par Monsieur Charles Millo, horticulteur sur le canton de Genève. Ce dernier ne peut malheureusement plus se fournir en pieds-mères et sa culture est atteinte par plusieurs maladies, dont des virus, limitant ainsi la multiplication par division de tubercules. Plusieurs essais ont été menés pour la conception du protocole de culture *in vitro* et les principaux résultats obtenus sont présentés ici.

### ❖ Matériels & méthodes

#### • Etablissement de la culture

Le matériel végétal utilisé pour les expérimentations provient de la production de M. Millo. L'établissement de cultures *in vitro* a été réalisé à partir de fragments de tubercules d'environ 1cm<sup>2</sup> contenant un méristème (Figure 1).



Figure 1: Tubercule avant la préparation pour la désinfection (à gauche) et fragment de tubercule d'environ 1 cm<sup>2</sup> prêt pour la désinfection (à droite)

Un premier essai de mise en culture de 23 fragments de tubercules a été effectué afin d'évaluer 3 temps de désinfection avec de l'hypochlorite de sodium à 2,6% (Tableau 1). Une seconde expérimentation avec 40 explants a ensuite été réalisée selon le même schéma mais en augmentant le temps de désinfection à 45 ou 60 minutes.

Protocole	Pré-désinfection Acide L-ascorbique [100 mg/L]	Désinfection		Rinçages		
		Eau de Javel à 2,6% + 1-2 gouttes Tween 20		Eau distillée stérile + 100 mg/L acide L-ascorbique		
A	Temps indéfini	20 minutes	3 minutes	5 minutes	5 minutes	
B		30 minutes				
C		40 minutes				

Tableau 1: Protocoles de désinfection réalisés pour l'établissement de la culture

#### • Multiplication de pousses

Un essai d'évaluation de différents substrats de prolifération a été mené pendant 4 semaines sur 125 explants issus de subcultures sur un milieu MS additionné de 30 g/L de sucrose, 3 mg/L de BAP et 8 g/L d'agar. 3 substrats contenant en plus 1 mg/L d'AIA, AIB ou d'ANA ont ainsi été comparés aux milieux utilisés pour les premières subcultures (Témoin).

#### • Enracinement de pousses

Les explants produits lors des différentes subcultures de multiplication de pousses ont ensuite été repiqués sur un milieu MS contenant 30 g/L de sucrose, 0,1 mg/L d'AIB et 8 g/L d'agar.

#### • Acclimatation des plantes

Les plantes ayant développé un système racinaire ont été rempotées dans des pots de 1,45 L et contenant 1 g/pot de Hêlés®. L'acclimatation a été réalisée pendant 2 semaines en diminuant progressivement l'humidité relative de 95-99% à 55-60%.

### ❖ Résultats

#### • Etablissement de la culture

Après 5 semaines de culture, jusqu'à 75% d'explants contaminés ont été observés pour le premier essai de désinfection et le pourcentage moyen de plants sains s'élève à environ 35% (Tableau 2).

Protocole	Nombre d'explants désinfectés	Nombre d'explants sains	Pourcentage d'explants sains
A	7	3	42,86%
B	8	3	37,50%
C	8	2	25,00%

Tableau 2: Pourcentages d'explants sains obtenus lors du 1<sup>er</sup> essai de désinfection pour chaque protocole

Tous les fragments de tubercules de la seconde expérience n'ont pas supporté la désinfection (déformations des pousses) ou étaient contaminés par une bactérie endophyte.

#### • Multiplication de pousses

Aucune différence statistiquement significative entre les milieux n'a été relevée ni pour la différence de poids frais ni pour le nombre de prolifération produites par explant selon le test de Kruskal-Wallis (Tableau 3).

Milieu	Δ poids frais moyen	Nombre moyen de pousses axillaires par explant
AIA	0,894 a	1,007 a
AIB	0,977 a	0,874 a
ANA	1,748 a	1,131 a
Témoin	1,065 a	1,371 a

Tableau 3: Résultats de l'essai d'évaluation des différents milieux de prolifération. Les lettres identiques indiquent une différence non statistiquement significative

#### • Enracinement de pousses

Un nombre limité d'explants a effectivement produits un système racinaire. De nombreuses racines ramifiées ont été observées et leur longueur peut atteindre une dizaine de centimètres (Figure 2).



Figure 2: Explants bien enracinés après 4 semaines de culture

#### • Acclimatation des plantes

Après 14 jours d'acclimatation, les plantes sont parfaitement acclimatées et peuvent être transférées en serre de culture. De nouvelles feuilles commencent déjà à se former et les premières racines sortent des pots.

### ❖ Conclusion

Les résultats obtenus montrent qu'il est possible de cultiver et produire des plantes *in vitro* assainies de *Zantedeschia aethiopica* 'Colombe de la Paix'. Lors de la désinfection des fragments, de tubercules, le temps de désinfection dans l'hypochlorite de sodium à 2,6% ne devrait pas excéder 30 minutes. Pour finir, de plus amples recherches devraient être effectuées sur la désinfection des explants, ainsi que sur les milieux de prolifération et d'enracinement.

L'avenir est à créer

## Micropropagation et biotechnologie végétale appliquées sur *Cannabis sativa* L.

Cette étude a pour objectif la mise en place d'un protocole fonctionnel de micropropagation sur le genre *Cannabis*. Avec l'évolution des législations sur la production de cannabis à des fins médicales et récréatives autour du globe, la demande en matériel végétal sélectionné, sain et homogène explose. La production de plants *in vitro* se présente comme une solution adaptée pour répondre à la demande du marché sans cesse en évolution. Plusieurs essais dans son but ont été menés et les principaux résultats obtenus sont présentés ici.

### Matériels & Méthodes

#### Provenance du matériel

La génétique des plants de *C. sativa* L. est issue de graines à haute valeur de CBD et faible teneur en tétrahydrocannabinol (THC) (< 1%). La variété utilisée est la « Strawberry », une génétique d'origine Suisse.

#### Milieu de culture utilisé

Plusieurs milieux contenant divers sucres, type de milieu et couple d'hormones ont été testés au cours de l'expérimentation selon le type de réponse recherché sur l'explant (Tableau 1). Tous les milieux ont été formulés avec une concentration en sucre de 30 g/L et 8 g/L d'agar.

Milieu	Usage du milieu	Type de sucre	Type de milieu	Mt (mg/L)	AIA (mg/L)	AIB (mg/L)	ANA (mg/L)	2,4-D (mg/L)	BAP (mg/L)
MRGH1	Rhizogénèse	Glucose	MS ajusté		0,05	0,1			
MRGH2	Rhizogénèse	Glucose	MS ajusté	0,5					
MRGH3	Rhizogénèse	Glucose	MS ajusté						
MRGH4	Rhizogénèse	Glucose	MS ajusté			0,1	0,05		
MREG1	Régénération	Glucose	MS ajusté		0,1				0,4
MCALG1	Callogénèse	Glucose	MS		0,01				1,0
MCALG2	Callogénèse	Glucose	MS			0,01			1,0
MCALG3	Callogénèse	Glucose	MS					2,0	
MCALS1	Callogénèse	Sucrose	MS		0,01				1,0
MCALS2	Callogénèse	Sucrose	MS			0,01			1,0
MSFREEE		Sucrose	MS						
MSFREEG		Glucose	MS						

Tableau 1 : Liste des milieux de cultures utilisés

#### Désinfection du matériel végétal

Un protocole de désinfection fonctionnel, permettant la culture d'explants sains, viables et présentant des tissus exempts de dégâts, a été mis en place après le test de plusieurs méthodes. C'est la numéro 8 qui a été retenue.

	Javel 2,6 %	Javel 2 %	Rinçage à l'eau 1	Rinçage à l'eau 2	Rinçage à l'eau 3
Méthode 1		15 minutes	5 minutes	3 minutes	3 minutes
Méthode 2	3 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 3	4 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 4	5 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 5	6 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 6	7 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 7	8 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 8	9 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes
Méthode 9	10 minutes		3 minutes	5 minutes	5 minutes

Tableau 2 : Liste des méthodes de désinfection

### Résultats

#### Enracinement des explants

Trois types de milieu différents ont permis l'obtention de rhizogénèse avec à chaque fois un nombre limité d'explant qui ont produit un système racinaire ramifié.

Milieu	Total explant	% Rhizogénèse
MRGH2	24	25
MSFREEG	12	50
MSFREEG + Jus de feuille	4	25

Tableau 3 : Pourcentage de la rhizogénèse obtenus pour chaque milieu fonctionnelle



Figure 1 : Explant sain et viable bien enraciné après 6 semaines de culture

La culture du cannabis en laboratoire s'avère possible avec des méthodes de culture *in vitro* classique. Même si les essais mis en place n'ont pas permis d'obtenir un protocole fort permettant l'enracinement de plantules à plus de 90%, ils posent les bases pour la suite des recherches en ce sens. Une application intéressante serait la suite de l'amélioration de ces protocoles serait la possibilité de régénérer des plantes à partir d'inflorescence mature de cannabis.

Encadrement : Dr. François LEFORT – Responsable TB Hepia  
Bastien COCHARD – Superviseur

L'avenir est à créer