

Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

A transmettre avant le 10 Juin 2024, en PDF, à l'adresse sfr-tersys@univ-avignon.fr avec l'intitulé suivant : ACRONYME_Nomporteurs_Unités_AAP2026TERSYS.pdf

Responsable(s) du projet	Alan Kergunteuil
Liste des laboratoires de la SFR impliqués et des plateformes	UR PSH (INRAE), UE A2M (INRAE) UR GAFL (INRAE) PF Métaboscope (Avignon Université)
Laboratoire gestionnaire du financement ¹	UMR 1115 PSH
Coordonnées du/de la gestionnaire de laboratoire	Nom : Allies ✉ : nathalie.allies@inrae.fr ☎ : 04 32 72 24 00
Titre du projet	APOPPITUS: Agroecological Potential Of Plant-Plant Information Transfer Under Stress

1. Contexte scientifique du projet (10-15 lignes max)

Le développement de systèmes horticoles sobres en insecticides est un défi majeur de l'agroécologie. Face à cet enjeu, l'**identification de variétés exprimant des défenses contre les insectes herbivores** est une démarche intéressante pour faciliter les régulations naturelles dans des systèmes agroécologiques. Dans ce contexte, la compréhension des rôles défensifs du métabolisme végétal offre des pistes d'innovations basées sur le fonctionnement des interactions plante-insecte. Récemment, la **découverte des mécanismes d'amorçage défensif (« priming ») régulés par les communications plante-plante a suscité un intérêt croissant**. Dans la nature, de nombreux exemples indiquent que les signaux volatils émis par une plante infestée peuvent être utilisés par une plante voisine pour activer ses propres défenses avant d'être infestée à son tour. L'objectif du projet APOPPITUS est de tester le potentiel de ces mécanismes pour renforcer l'immunité des couverts en début d'infestation.

Le modèle biologique utilisé est le pathosystème **tomate – mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)**. Jusqu'à aujourd'hui, quelques études ont permis la validation du concept de communication plante-plante chez la tomate. Cependant, alors que relativement peu de variétés ont été comparées depuis les travaux pionniers de Sugimoto et al. (2014), les travaux récents prennent rarement en compte la

¹ Le financement complet de chaque projet TERSYS sera de préférence géré par un seul laboratoire afin de faciliter et d'accélérer le démarrage des projets en 2026.

Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

dynamique temporelle et les phases de mémorisation de ces communications (e.g. Pérez-Hedo et al., 2021). Respectivement, ces deux questions sont importantes pour tester **l'effet de la domestication dans l'amorçage défensif** (i.e. comparaison entre espèces sauvages et cultivées) ou **lever des ambiguïtés entre induction** (élicitation immédiate des défenses) **et amorçage défensif** (élicitation des défenses après une période de latence).

2. Résultats Préliminaires obtenus

Le démarrage du projet a été l'occasion pour moi de me **familiariser avec mon nouvel environnement de travail**. A partir de Janvier 2025, j'ai d'abord commencé à travailler avec **K. Quinzoni** à l'insectarium de PSH. Sur la base des conseils de collègues d'ISA (AV. Lavori), nous avons acquis les **compétences entomologiques** nécessaires au projet APOPPITUS (e.g. mise en place d'élevage, manipulation des larves mineuses, contrôle des stades de développement et des infestations de plante). En parallèle, nous avons travaillé avec les collègues d'A2M pour organiser **la production de plante à St Maurice**. A partir de Mars, quand les conditions ont été propices pour la culture des plantes, nous avons caractérisé le développement des différentes variétés de tomates sélectionnées en première intention dans APOPPITUS. Cette étape nous a permis de fixer l'âge des plantes testées dans le projet. L'objectif était de travailler sur des stades végétatifs (la floraison impacte fortement l'émission des composés volatils) présentant des biomasses comparables (les variétés domestiquées croissent plus rapidement que les tomates sauvages).

Pour l'espèce cultivée (*Solanum lycopersicum* ; variété 'Rose de Berne'), ces expériences préliminaires nous ont permis d'identifier que les communications plante-plante seront testées avec des **tomates âgées de 4 à 6 semaines**. Pour l'espèce sauvage (*S. habrochaites*), nous avons rapidement

été confronté à la difficulté de faire germer et d'acclimater les 2 variétés 'PI24' et 'LA3863'. **Malgré un bon développement dans les serres d'A2M, nous avons constaté l'apparition d'intumescences au moment d'étudier les plantes en mésocosme** (cf. photo 1). Les échanges avec B. Caromel nous ont permis de confirmer que cette espèce est très sensible à des stress abiotiques aboutissant à ce type de symptôme lorsque les plantes sont placées en conditions contrôlées (e.g., humidité, lumière artificielle). Bien que plusieurs tentatives expérimentales aient été mis en place pour résoudre ce problème (e.g. débit d'air dans le système expérimental, gestion de l'humidité) nous ne sommes pas parvenus à travailler sur des plantes de *S. habrochaites* sans intumescences.

Dans ce contexte, il nous a paru risqué de vouloir relier l'analyse des profils de composés volatils émis par les tomates sauvages à un stress d'herbivorie sans pouvoir prendre en compte de probables interactions avec les intumescences. Cette situation nous a conduit à repenser les expériences telles qu'elles avaient été conçues initialement dans le projet APOPPITUS. **Il a fallu reconnaître notre incapacité actuelle à tester l'effet de la domestication sur l'amorçage défensif en comparant *S. lycopersicum* avec *S. habrochaites***. A l'automne 2025, nous prévoyons de faire des tests complémentaires pour évaluer la possibilité de travailler avec cette espèce sauvage dans une chambre phytotronique reçue récemment



Photo 1. Capture de composés volatils chez *S. habrochaites* présentant des intumescences.

Renouvellement Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

à PSH (contrôle précis des longueurs d'ondes, de l'intensité lumineuse et de l'humidité ambiante). En attendant, G. Costagliola, C. Castella et moi-même avons estimé plus raisonnable de nous **concentrer en première année sur la variété cultivée 'Rose de Berne'** afin de répondre à une question importante dans le potentiel agroécologique des communications plante-plante : la **dynamique temporelle de l'amorçage défensif**. J'ai ensuite rapidement informé les collègues du GAFL (B. Caromel) et d'Avignon Université (R. Lughan) de cette adaptation pour vérifier avec eux l'intérêt scientifique du projet.

Malgré la prise de risque de ne travailler plus qu'avec une seule espèce, trois éléments ont éclairé notre choix. Premièrement, dans la mesure où 'Rose de Berne' est **une variété de tomate ancienne**, il est probable que l'effet de la domestication reste modéré et que les communications plante-plante aient été relativement peu contre-sélectionnées par rapport à des variétés hybrides modernes. Deuxièmement, les premières analyses de composés volatils réalisés au printemps 2025 avec **G. Costagliola et C. Castella** confirment **une modification des profils de composés volatils lors de l'infestation de 'Rose de Berne' par *T. absoluta***. Bien que nos résultats restent précoce, la figure 1.b pointe une augmentation de 2 monoterpènes (α -terpinène et β -phellandrène) et une réduction de limonène lorsque les larves se développent sur 'Rose de Berne'. Ces modifications de profils de composés volatils laissent envisager de possibles changements d'information entre plantes émettrices infestées et plantes réceptrices saines. Enfin, après avoir confirmé ces modifications de signaux volatils, le choix de tester la dynamique temporelle des communications plante-plante répond à une étape clé dans notre compréhension des interactions entre plantes. Les premiers auteurs qui ont travaillé sur les cadres conceptuels des communications plante-plante ont mis en avant l'importance de la phase de mémorisation entre la réception d'un signal et l'amorçage défensif pour différencier l'amorçage au sens

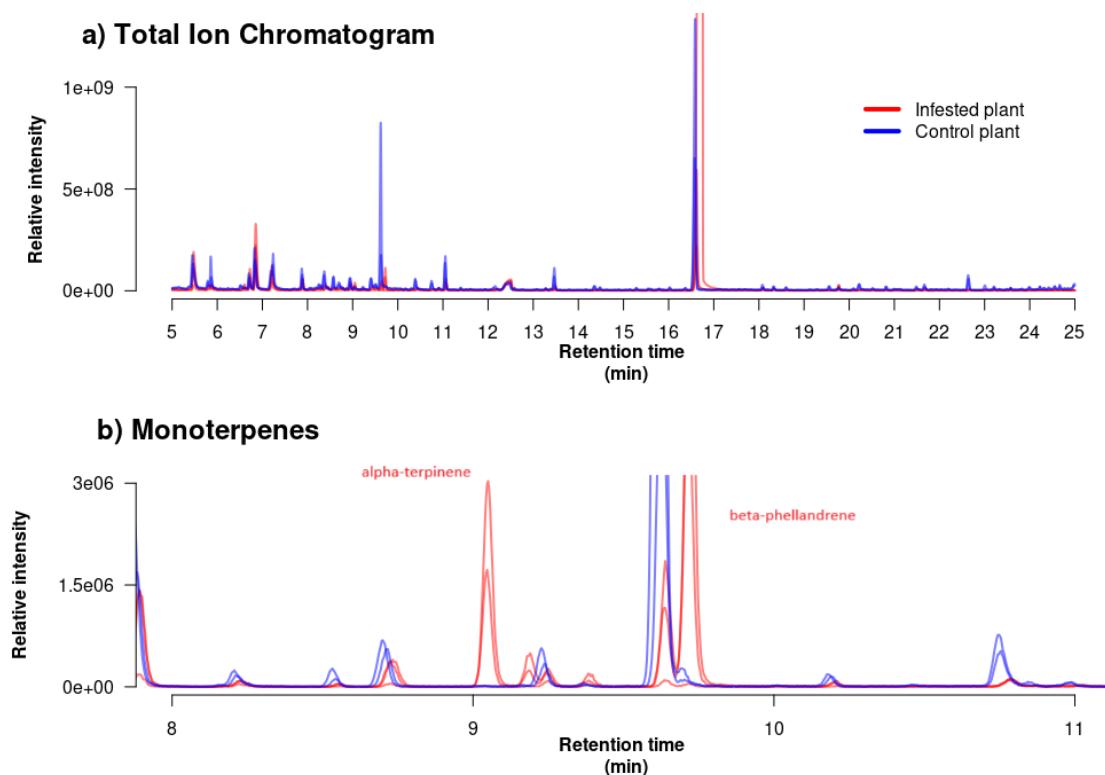


Figure 1. Chromatogrammes des composés volatils émis par 'Rose de Berne' a) chromatogramme complet b) chromatogramme ciblant les monoterpènes ($m/z=93$)

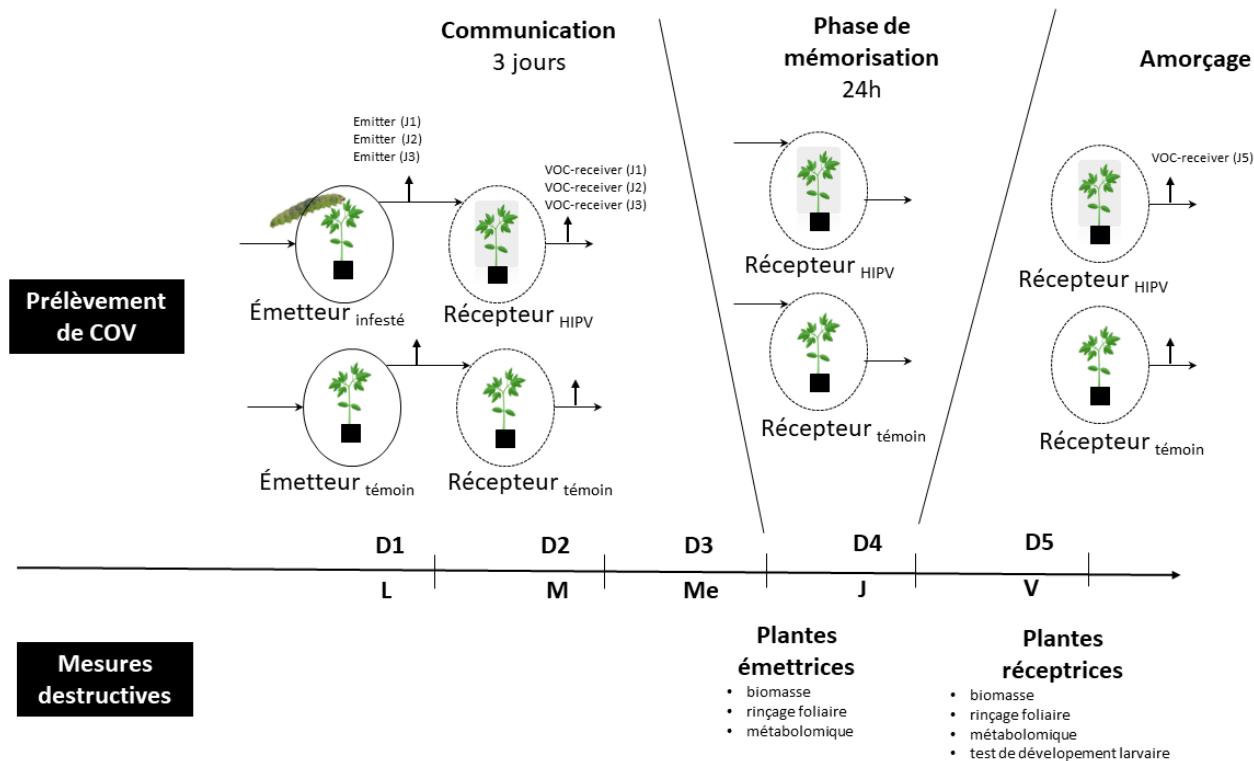
Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

strict de l'induction défensive (i.e., processus ayant lieu immédiatement suite à la réception d'un signal ; Martinez-medina et al., 2016). Dans une récente revue de la littérature, Hönig et al. (2023) ont montré que cette phase de mémorisation est souvent étudiée dans une gamme de quelques heures à 7 voire 21 jours en ce qui concerne des pathogènes. Beaucoup de travaux ont été mené en pathologie végétale par rapport à des application en protection des cultures. **En comparaison, l'écologie des interactions plante-insecte accuse un retard considérable dans l'étude de cette phase de mémorisation.** Afin d'acquérir des premiers éléments de réponse sur la pathosystème tomate-*T. absoluta*, nous avons choisi de travailler avec une phase de mémorisation de 24 heures. Concrètement, après exposition à des composés volatils émis par une plante infestée pendant 72h, les plantes réceptrices seront isolées pendant 24h avant de vérifier si elles peuvent encore amorcer leurs défenses suite à cette phase de mémorisation. Cette période est non seulement cohérente avec la dynamique temporelle issue des travaux en pathologie (Hönig et al., 2023) mais aussi avec quelques études ayant étudié la régulation transcriptionnelle de gènes de défenses chez l'arabette (Arimura and Uemura, 2025) ou le soja (Sukegawa et al., 2018) exposé au préalable à des composés volatils.

Suite aux modifications du plan d'expérience, nous avons établi un nouveau protocole nous permettant de tester la phase de mémorisation impliquée dans les communications plante-plante chez la variété 'Rose de Berne' (cf. Figure 2). Bien que la question de recherche derrière ce protocole ait été construit sur les trois arguments rationnels mentionnés dans le paragraphe ci-dessus, nous ne pouvons exclure le risque que les communications plante-plante soient restreintes chez la tomate cultivée *S. lycopersicum*. Cependant nous pensons que cette prise de risque scientifique reste acceptable face aux avancées qui pourraient s'ouvrir si nous confirmions l'amorçage défensif après une période de mémorisation. **En parallèle, dans l'hypothèse que cette phase de mémorisation ne soit pas validée, le nouveau protocole que nous proposons offre plusieurs garanties pour s'assurer de**



Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

l'intérêt scientifique du projet APOPPITUS. Dans tous les cas de figures nous pourrons mieux comprendre comment les signaux émis par des plantes émettrices infestées varient sur plusieurs jours. Chez le coton, Grandi et al. (2024) ont montré que cette information est essentielle pour comprendre les délais de réponse impliqués dans l'induction immédiate des défenses chez des plantes réceptrices exposées à des composés volatils émis par des plantes infestées. De plus, en couplant l'expertise respective de PSH et du Métaboscope sur les analyses de composés volatils le métabolome contenus dans les feuilles nous serons en mesure de répondre à plusieurs questions qui restent en suspens sur le rôle global de la biochimie défensive des plantes (e.g., liens entre précurseurs foliaires et composés émis dans l'atmosphère, rôle des composés volatils comme marqueurs extérieurs de la santé des plantes, délais entre élicitation des défenses par antibiose et antixénose).

3. Justification scientifique de la prolongation

La prolongation du projet APOPPITUS en seconde année est importante dans la **construction d'une ligne de recherches à Avignon autour des communications plante-plante** chez la tomate. A la suite des essais préliminaires du printemps 2025, la mise en place des expériences entre juin et juillet 2025 devrait permettre d'obtenir rapidement des jeux de données solides nous renseignant sur les émissions de composés volatils susceptibles d'être impliqués dans les interactions entre plantes. **Nous espérons pouvoir démarrer les analyses métabolomiques sur la plateforme du Métaboscope cet automne.** Jusqu'à maintenant quelques projets connexes nous ont déjà permis d'identifier des méthodes de travail entre PSH et Avignon Université. **Localement, cette collaboration est importante pour asseoir la complémentarité des analyses de COVs à PSH avec les appareils de métabolomique ciblée et non-ciblées au Métaboscope.** La deuxième année du projet est nécessaire pour approfondir certaines de ces analyses biochimiques afin de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents aux communications. Les discussions entre collègues ont permis d'identifier des analyses intéressantes pour lever des verrous de connaissances (e.g. rinçage foliaire et adsorption des composés volatils à la surface des feuilles). Sur la base des échanges que j'ai déjà pu avoir au Métaboscope, je souhaite mettre à profit ces analyses en deuxième année du projet pour participer à la construction de base de données spectrales qui puissent être utiles à plusieurs utilisateurs de la plateforme au sein de la SFR TerSys.

D'un point de vue disciplinaire, alors qu'en première année nous avons ré-orienter le projet sur la question de la phase de mémorisation des communications plante-plante, **le prolongement du financement servira également à trouver des solutions pour étudier *S. habrochaites* de manière à répondre à la question des effets de la domestication sur les interactions entre plantes.** Malgré le problème des intumescences chez *S. habrochaites* (cf. section 2), les premières analyses de composés volatils suggèrent un fort potentiel de cette espèce sauvage dans l'émission de salicylate de méthyle et d'homoterpène de défense (e.g. TMTT). En conclusion, la prolongation du financement du projet en deuxième année permettra non seulement d'élargir les analyses de la première année du projet mais également de tester dans de bonnes conditions un réservoir taxonomique intéressant de composés volatils. Ces travaux permettront ainsi d'accroître nos connaissances écologiques autour de modèles d'études chers au GAFL.

Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

4. Budget

- Justification des dépenses réalisées

Matériel	Fournisseur	Prix
Cartouches pour capture de composés volatils	Cofalab	4500
Pompes pour circuit d'air entre cloches	VWR	1163.31
Petit équipement pour montage du circuit d'air (tuyaux, verrerie, ...)	UGAP	309
		5972.31

Sur le budget versé par la SFR TerSys, la somme restante permettra de couvrir en priorité les frais de culture d'A2M. La prolongation du budget en deuxième année est importante pour prendre en charge les frais analytiques à PSH et au Métaboscope.

5.

- Justification des besoins supplémentaires

Arimura, G., Uemura, T., 2025. Cracking the plant VOC sensing code and its practical applications. Trends in Plant Science 30, 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2024.09.005>

Grandi, L., Ye, W., Clancy, M.V., Vallat, A., Glauser, G., Abdala-Roberts, L., Brevault, T., Benrey, B., Turlings, T.C.J., Bustos-Segura, C., 2024. Plant-to-plant defence induction in cotton is mediated by delayed release of volatiles upon herbivory. New Phytologist 244, 2505–2517. <https://doi.org/10.1111/nph.20202>

Hönig, M., Roeber, V.M., Schmülling, T., Cortleven, A., 2023. Chemical priming of plant defense responses to pathogen attacks. Front. Plant Sci. 14, 1146577. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1146577>

Martinez-medina, A., Flors, V., Heil, M., Mauch-mani, B., Pieterse, C.M.J., Pozo, M.J., Ton, J., Dam, N.M.V., Conrath, U., 2016. Recognizing Plant Defense Priming. Trends in Plant Science 21, 818–822. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.07.009>

Renouvellement

Appel à projets pour 2026

Dossier de proposition de Projets Collaboratifs et de Manifestations Scientifiques

Pérez-Hedo, M., Alonso-Valiente, M., Vacas, S., Gallego, C., Rambla, J.L., Navarro-Llopis, V., Granell, A., Urbaneja, A., 2021. Eliciting tomato plant defenses by exposure to herbivore induced plant volatiles. *Entomologia Generalis* 41, 209–218. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2021/1196>

Sugimoto, K., Matsui, K., Iijima, Y., Akakabe, Y., Muramoto, S., Ozawa, R., Uefune, M., Sasaki, R., Alamgir, K.M., Akitake, S., Nobuke, T., Galis, I., Aoki, K., Shibata, D., Takabayashi, J., 2014. Intake and transformation to a glycoside of (Z)-3-hexenol from infested neighbors reveals a mode of plant odor reception and defense. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111, 7144–7149. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320660111>

Sukegawa, S., Shiojiri, K., Higami, T., Suzuki, S., Arimura, G., 2018. Pest management using mint volatiles to elicit resistance in soy: mechanism and application potential. *The Plant Journal* 96, 910–920. <https://doi.org/10.1111/tpj.14077>