

Compte rendu technique du projet « Accélération du Biocontrôle et des Agroéquipements pour la Protection Intégrée des Cultures (ABA PIC) »

Caractérisation des Composés Organiques Volatils émis par différentes matrices

ITA concerné : ASTREDHOR, Astredhor Sud-Ouest

Auteurs : Emilie MAUGIN



Objectif du projet concerné : Développer et tester des outils de suivi des organismes et substances de biocontrôle dans l'agrosystème (Microorganismes et/ ou COV)

OBJECTIF(S) : Déterminer la méthodologie la plus appropriée pour suivre et caractériser les environnements olfactifs à partir des COV émis par différents types de produits (huiles essentielles, extraits de plantes).

L'objectif de ce travail est de capter et de caractériser les environnements olfactifs produits par l'utilisation de Composés Organiques Volatils (COVs). Différents types de produits utilisant des odeurs sont aujourd'hui à l'étude pour être utilisés en protection des cultures notamment pour modifier le comportement des insectes (phéromones, kairomones, huiles essentielles, extraits de plantes). Leur positionnement dans une stratégie de biocontrôle nécessite de mieux comprendre leur mécanisme et leur rayon d'action.

La finalité est de disposer d'une méthode d'évaluation pour suivre ces COVs applicable à l'échelle d'essais biologiques dans une culture et transposable à plusieurs matrices (huiles essentielles, plantes, extraits de plantes).

MATERIEL & METHODE

• CADRE THEORIQUE & CONCEPTION

Le projet FAM HEALTHI (2018-2020) a exploré l'impact de médiateurs chimiques pour orienter le comportement adulte du ravageur dans l'objectif de développer une stratégie de biocontrôle de type push-pull au moyen de substances attractives et répulsives. Au terme de ce projet, l'effet de la nébulisation à froid de l'HE de thym à thymol a montré un effet sur le bioagresseur mais aussi **un effet dose et distance de diffusion qu'il est difficile d'évaluer par les outils de mesure actuel** (Maugin *et al*, 2021). La discipline de l'écologie chimique, qui étudie les rôles des composés émis et les interactions occasionnées entre les êtres vivants, doit se doter d'outils permettant de mesurer les flux de ses composés dans l'environnement afin de mieux comprendre leur impact sur le monde du vivant, et qui font actuellement défaut. En 2020, un test de **cartographie de l'environnement olfactif par captation sur fibre SPME** a été réalisé en serre dans un système de culture de verveine. Les analyses ont été réalisées par INRAE PSH d'Avignon. Bien que les résultats soient encourageants, la méthode doit se standardiser pour être reproductible et permettre une quantification des composés d'intérêt.



Figure 1 : Plantes de services de romarin en culture de chrysanthème

Par ailleurs, cette équipe, qui travaille plutôt sur une matrice « Plantes de Service », a montré qu'en fonction de la variété de romarin utilisée, l'effet répulsif diffère sur *Myzus persicae* (Dardouri *et al*, 2019).

Dans le projet PICPUS (2020-2022), mené par Invenio et ASTREDHOR (Figure 1), sur l'utilisation des Plantes de Services (PdS) contre les pucerons en culture de fraise et de chrysanthème, de nombreuses interrogations ont été portées sur la caractérisation des plantes de services utilisées. Ceci dans l'objectif de pouvoir construire des systèmes de cultures cohérents avec les caractéristiques des plantes retenues.

Au sein du projet ABA PIC, nous avons donc travaillé deux approches :

- **Une approche « caractérisation environnement »** qui vise à prélever des COVs en serre à partir de fibre SPME lors d'une expérimentation sur plantes de services. Cette technique, évaluée depuis plusieurs années par l'INRAE d'Avignon, a donné lieu à plusieurs échanges avec le CTIFL (Alison Bertrand) qui évalue également l'utilisation des fibres SPME aux vergers avec l'utilisation d'une huile essentielle. Les analyses sont réalisées par le laboratoire d'analyses biochimiques de l'INRAE d'Avignon pour les deux essais.

- **Une approche de « caractérisation plante »** qui consiste à analyser des échantillons de 'plantes vivantes' au laboratoire selon une méthodologie développée par l'ITEIPMAI dans le cadre de ce projet. Suite à de plusieurs échanges avec Denis Bellenot du laboratoire de phytochimie de l'ITEIPMAI, et à la difficulté de mettre en lien la détection et la quantification des COVS dans l'air une série de test a été mené sur les Plantes de Services que nous utilisons dans le projet PICPUS.

Références bibliographiques :

.Tarek Dardouri, Laurent Gomez, Alexandra Schoeny, Guy Costagliola, Hélène Gautier. Behavioural response of green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer) to volatiles from different rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones. *Agricultural and Forest Entomology*, Wiley, 2019, 21 (3), pp.336-345.10.1111/afe.12336. hal-02267846

.MAUGIN Emilie, GIRAUD Marie , DEOGRATIAS Jean-Marc . 2021 Huiles essentielles : potentiel répulsif contre le thrips en serre *Phytoma* : la santé des végétaux, n° 744, mai 2021, p. 33-37.

• **MATERIEL**

A - **Caractérisation environnementale par fibre SPME en serre**

Cette expérimentation est réalisée en plusieurs phases :

- 1- Prélèvement en serre vide** qui caractérise le bruit de fonds de la serre
- 2- Prélèvement avec plantes de services de Romarin** qui permet de capter les Covs émis par les plantes (Figure 2).
- 3- Prélèvements avec Plantes de Services de Romarin et culture d'intérêt de chrysanthème** qui permet de capter l'environnement chimique en parcelle expérimentale sur une matrice plante
- 4- Prélèvements avec diffusion passive d'huile essentielle de Romarin et culture d'intérêt de chrysanthème** qui permet de capter l'environnement chimique en parcelle expérimentale sur une matrice huile essentielle.

Chaque point d'intérêt a été cartographié. Les plantes sont disposés 24h avant la prise de mesure. Chaque prélèvement est réalisé par 9 fibres SPME qui sont positionnées pendant 6h dans la serre à 35 cm de hauteur. Les fibres sont ensuite envoyées au laboratoire d'analyse de l'INRAE de PSH qui réalise les analyses par GC-MS. Les résultats sont obtenus en aire de pire corrigé par COV. Ils sont ensuite cartographiés par un logiciel adapté (QGIS, R ou Surfer).

En complément la signature chimique des plantes (romarin et chrysanthème) et de l'huile essentielle ont aussi été réalisées.

Fibres utilisées : Spme fiber assembly divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane dvb/car/pdms (SUPELCO)



Figure 2 : Illustration du dispositif expérimentale de prélèvement des COVs en phase 2 et d'une fibre SPME lors d'un prélèvement

B – Caractérisation des plantes

La méthodologie consiste uniquement à envoyer des échantillons de plantes 'vivantes, fraîches et entières' au laboratoire d'analyses phytochimiques de l'ITEIPMAI. Le laboratoire caractérise les échantillons selon différentes approches successives, selon une méthodologie développée dans ce projet :

1 – Une extraction à l'acétate d'éthyle des COVs puis HS de la partie entière de la plante aérienne qui permet d'avoir une image du **potentiel aromatique de la plante**.

2 – Une analyse par HS SPME* des COV émis dans une enceinte fermée (« cloche ») contenant la plante vivante maintenue à 24 °C pendant 2h qui permet de visualiser les **COVs produits par la plante à température ambiante** soit des conditions proches d'un système de production (Figure 3).

3- Une analyse par HS des différentes parties de plantes (fleurs, feuilles, tiges) à 60°C qui permet **d'identifier quels organes produits préférentiellement ces COVs** (Figure 3).

4-Un dosage par GC-FID qui permet un **vrai dosage des COVs** par comparaison à des étalons pour des molécules types (Beta-caryophyllène, Alpha-pinène, eucalyptol, verbenone, camphre). Cela permet une **quantification des COVs** et une détection la plus proche de la réalité

*Headspace (HS) et micro-extraction en phase solide (SPME). Les analyses ont été réalisées par GCMS sur colonne capillaire type DB5.



Figure 3 : Illustration du dispositif expérimentale en cloche de prélèvement des COVs et des échantillons de plantes pour le passage en HeadSpace

- **POPULATION A L'ETUDE**

A - Matériel végétal 'Caractérisation environnementale'

. **Plantes de Services** : *Rosmarinus officinalis* fleuri en pots de 3 L (40 cm haut x 40 cm de large) – 4 plantes

. **Culture d'intérêt** : *Chrysanthemum x morifolium* 'Zora jasmin' en pot de 14 – 46 pots

. **Huile essentielle** : HE de *Rosmarinus officinalis ct cineol* produite en AB. L'huile essentielle est diffusée passivement en positionnant 1 ml de produit pur dans un tube eppendorf en remplacement de la plante de service.

B- Matériel végétal 'Caractérisation plantes'

Les neuf plantes évaluées sont les suivantes :

- Œillet d'inde variété 1 : *Tagetes triploid* 'Endurance'
- Œillet d'inde variété 12 : *Tagetes patula nana* rouge et jaune
- Sauge violette *Salvia grahamii* 'Amethyst lipps'
- Basilic, *Ocimum basilicum* 'Grand Vert'
- Chrysanthème 'Yahou golden' petites fleurs
- Chrysanthème 'Sonora doré' grosses fleurs
- Romarin (*Rosmarinus officinalis*) : feuille

- **COLLECTE DE DONNEES & ANALYSE**

'Caractérisation environnementale' : Obtention de chromatogrammes en aires de pics corrigés et de données qu'il est possible de comparer entre elles en réalisant une cartographie spatiale. Pas de quantification des composés dans l'air. Uniquement sur des composés type (thymol, carvacrol, caryophyllène, gamma-terpinène, p-cymène)

'Caractérisation plantes' : Obtention de chromatogrammes de composition en COVs des plantes dans différentes conditions de température et de différents organes (fleurs, tiges, feuilles). L'analyse par GC-MS permet une identification des composés tandis que par GC-FID une quantification est possible. Comparaison possible avec des données bibliographiques d'autres essais menés (Dardouri 2017, Dardouri *et al.*, 2019).

LES RESULTATS

- **AXE METHODE**

- **Méthode de prélèvement par SPME**

Sur le principe la méthode est séduisante et assez simple à mettre en œuvre en serre. Elle permet de répondre à des questions de visualisation de répartition de COVs pour une molécule donnée et de distance de diffusion de cette dernière.

Néanmoins, les fibres SPME sont du matériel cher et sensible : compter 100 € de matériel + 40 € d'analyse par fibre soit environ 1300 € pour réaliser 1 carte de 9 points. Par ailleurs, le risque de pollution des fibres lors de la manipulation est forte et non visible ce qui peut rapidement faire échouer une série de mesure (saturation de la fibre par d'autres molécules que celles recherchées, pollution à la manipulation).

De plus, le laboratoire qui réalise ces analyses rencontre des difficultés pour l'étude des fibres car le processus n'est pas automatisé (introduction manuelle des fibres dans la colonne) ce qui rends les délais d'analyses très longs. Enfin, l'interprétation des résultats est complexe et tient plus du ressort de l'image à un instant T une fois cartographié par un logiciel approprié.

Nous avons réalisé deux répétitions (juin et septembre) de ce dispositif mais une partie de nos données n'ont pas pu être exploitées pour cause de défaut de mesure sur la machine d'analyse.

- **Analyses plantes au laboratoire**

Si la méthode est plus ‘standard’, elle permet néanmoins d’obtenir les éléments de caractérisation de bases des plantes de services mais aussi de diverses matrices étudiées.

L’extraction de COVs dans différentes conditions permet l’obtention d’informations plus nombreuses que dans le cadre de la SPME :

- Capacité des plantes à émettre des COV à température ambiante
- Profils en COVs des différents organes aériens des plantes
- Potentiel en COVs des plantes entières et comparaison de variété

Les résultats sont plus ‘standards’ et donc plus facilement comparables. Les nombreux échanges avec Denis Bellenot permettent de faire le lien entre les composés identifiés et leur importance potentiel dans la plante.

• RESULTATS DE L’ETUDE

. **‘Caractérisation environnementale’** par fibre SPME en serre : Les résultats seront disponibles le 18/11 uniquement puis devront être cartographiés.

Dans un premier temps, la plantes de services et l’huile essentielle évaluées sont analysées (prélèvement en cage par fibre SPME réalisée par INRAE) pour analyser sa signature chimique (Figure 4). On retrouve ainsi les principaux composés produits ici par le romarin utilisé : acétate de bornyle et bornéol, camphre, p-Cymene, Eucalyptol, α -pinene, limonene dont certains sont connus comme répulsif pour les pucerons comme le camphre, le bornyl acetate, le terpinene-4-ol ou encore le geranyl acetone (Dardouri et al, 2019). Ces chromatogrammes permettent de caractériser la plante de service et de choisir un composés ou deux pour faire la cartographie. Ces résultats ont été comparés aux cinq clones de romarin analysés dans la publication précédemment citée.

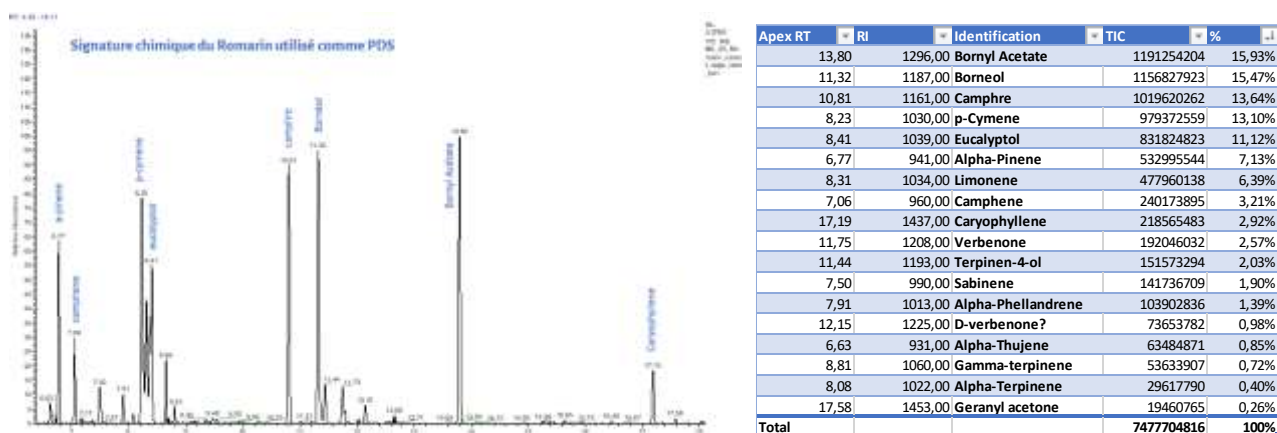


Figure 4 : Chromatogramme : pourcentage relatif de la composition en COV de la variété de romarin utilisée

La figure 5 illustre un exemple de résultat de prélèvement réalisé pour le projet HEALTHI en 2020 suite à la nébulisation à froid d’une huile essentielle de thym à thymol en serre : à gauche le résultat des analyses pour le thymol et à droite la visualisation des résultats sous forme de cartographie (Figure 4). La finalité serait de comparer pour une même molécule les différentes cartographies obtenues selon les matrices testées.

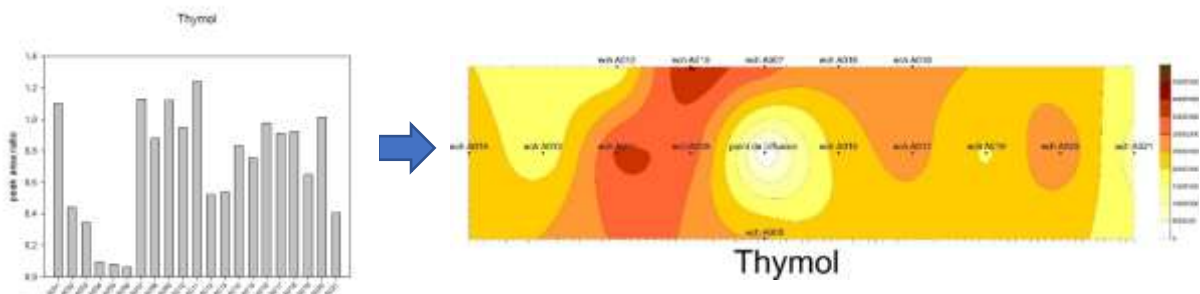


Figure 5 : Résultats prélèvements SPME obtenus par le laboratoire (aires de pics corrigés pour le thymol par fibre) et transformation en cartographie d'analyse.

Les résultats des fibres SPME sont cartographiés sous ArcGIS avec l'application Arc MAP. La méthode d'interpolation spatiale utilisée est la PID (Pondération Inverse à la distance) étant donné le faible nombre de points dont nous disposons pour chaque carte.

Essai de captation du D-limonène par fibre SPME

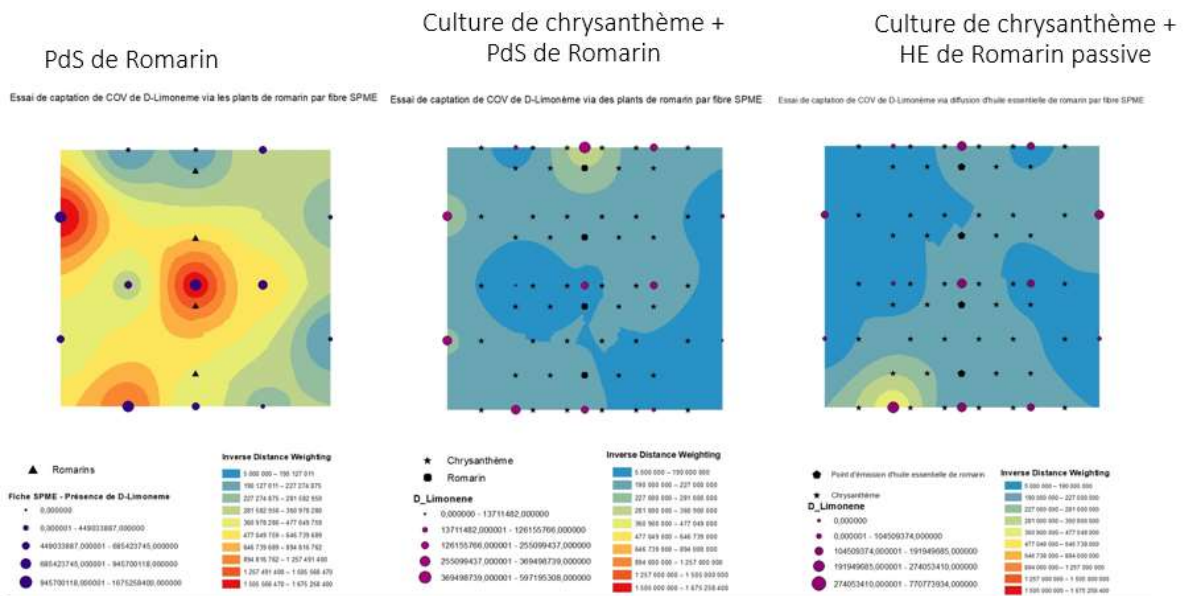


Figure 6 : Résultats prélèvements SPME obtenus par le laboratoire (aires de pics corrigés pour le D-limonène par fibre) et transformation en cartographie d'analyse.

Essai de captation de para-cymène par fibre SPME

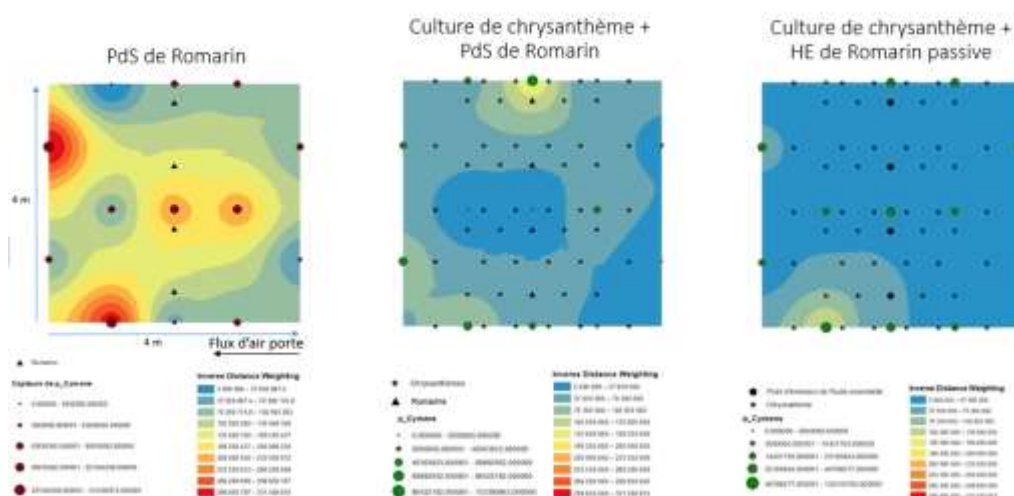


Figure 7 : Résultats prélèvements SPME obtenus par le laboratoire (aires de pics corrigés pour le p-cymène par fibre) et transformation en cartographie d'analyse.

Beaucoup de composés identifiés sont retrouvés dans les fibres du 'blanc de la serre' : les COVs sont partout (parfum, produit entretien, savon) et il est difficile de capter uniquement les odeurs d'intérêt. Quand les plants de romarin sont seuls, on détecte plus facilement les COVs. En présence des chrysanthèmes, les fibres détectent moins bien les COVs émis par les PdS de Romarin car ils émettent aussi des COVs en quantité qui peuvent saturer les fibres.

Une diffusion jusqu'à 2 m semble possible avec de fortes variations liées aux flux d'air, ici l'ouverture de la porte de la serre.

.'Caractérisation plantes'

L'analyse des plantes donnent des résultats différents et plus nombreux :

- **Les teneurs en COV** des différents échantillons sont de l'ordre de 1 à 14 ppm ramenées à 1 g de plante fraîche ou de 40 à 700 µg de COV par pied.
- **L'intensité aromatique**, mesurée par la somme des surfaces des pics ramenés à 1 gramme de plante fraîche peut être mesurée notamment pour comparer deux variétés. Ainsi sur les œillets d'inde analysés, les composés identifiés sont globalement les mêmes mais les proportions diffèrent. L'intensité aromatique de la variété *T. patula* nana rouge et or' est trois fois plus importante que la variété *T. triploid* 'Endurance'.
- **Comprendre la composition en COVs des Plantes** est complexe et l'interprétation des chromatogrammes obtenus nécessite une expertise. Ainsi, si on prend l'exemple des deux variétés de Tagetes analysées, leurs profils de COVs permettent d'identifier 28 molécules. Les principaux composés sont ici le D-Limonene, le Z-β-ocimene, le terpinolene, la piperitone, et le β-caryophyllene (Annexe 2). La 'variété nana' est plus concentrée en β-caryophyllene (9%) et en Terpinolene (6%), tandis que la variété Endurance est composée de 22% de piperitone. Il est ensuite possible d'analyser ses résultats à ceux de la littérature scientifique. Dardouri a ainsi montré dans sa thèse (Dardouri, 2019) qu'un certain nombre de ces composés ont une action répulsive sur le puceron *Myzus persicae* et que la réponse est le plus souvent dose dépendante d'où la nécessité de pouvoir quantifier les COVs émis. Ainsi la pipéritone et le β-caryophyllene ont une action répulsive à 1% sur ce puceron.
- L'analyse des différents fragments de la plante permet également **d'identifier la provenance des COVs**, par exemple pour savoir, par exemple, si la plante de services à besoin d'être fleurie pour

agir sur le ravageur. La figure 6 illustre les chromatogrammes obtenus pour la *Tagetes patula* 'Nana' par les différentes méthodes d'extraction. Les COVs émis par la plante entière sous cloche à température ambiante sont principalement dus aux feuilles. On retrouve l'ocimène dans toutes les parties de la plante, mais surtout dans les tiges. L'E- β -farnesene provient exclusivement des tiges, alors que le caryophyllène est retrouvé en abondance dans les fleurs et dans les tiges. Les molécules spécifiques comme les tagetones et les piperitones sont produites exclusivement dans les feuilles. Enfin, on retrouve dans les fleurs des molécules comme le BBT, composés soufrés dérivés de thiophène, responsable de l'activité anti-nématodes des tagetes et qui sont sécrétés par les racines dans le sol.

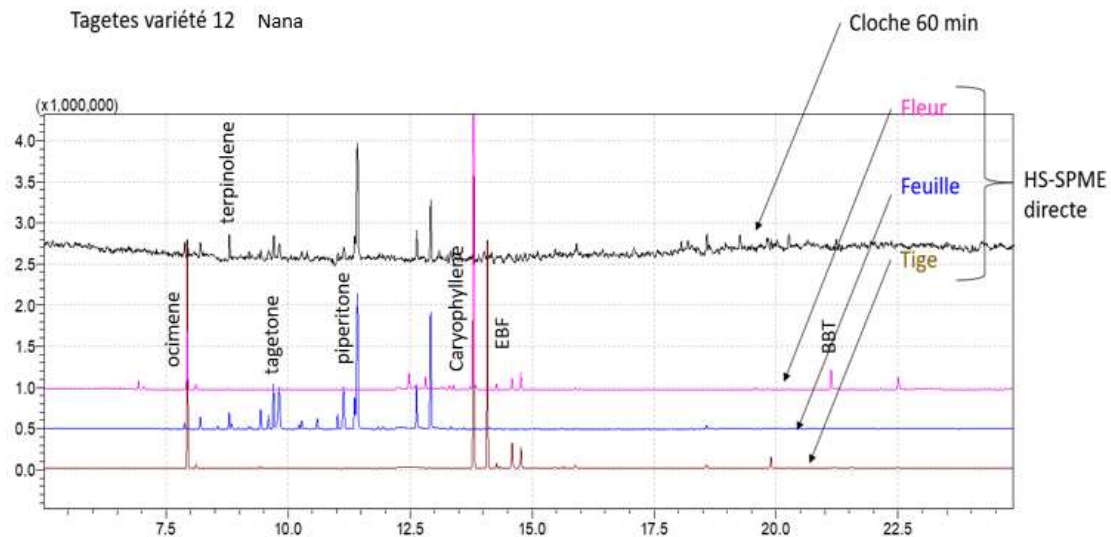


Figure 8 : Chromatogrammes des différents organes de la *Tagetes patula* 'nana' rouge et or

On ne retrouve pas forcément des résultats comparables dans la variété 'Endurance', où l'ocimène est retrouvé essentiellement dans les fleurs, et les piperitones aussi bien dans les tiges que dans les fleurs.

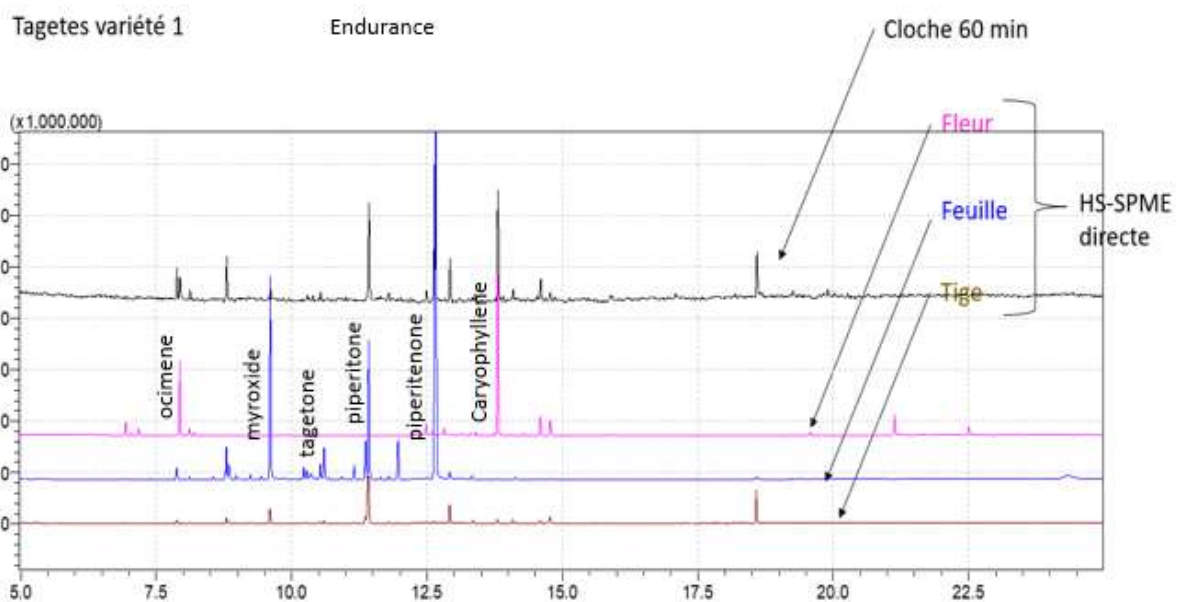



Figure 9 : Chromatogrammes des différents organes de la *Tagetes triplois* 'Endurance'

A la faveur de ces analyses, on pourra mieux choisir les plantes de services évaluées. Dans notre cas, la *Tagetes patula* 'nana' sera préférée car elle produit trois fois plus de COVs que la variété Endurance. Elle est également plus riche en dérivés soufrés, retrouvés eux plutôt dans les fleurs. Les COVs d'intérêt pour protéger la culture de chrysanthème des pucerons (piperitone, tagetone, ocimène) sont essentiellement produits par les feuilles et par les tiges ce qui ne nécessite pas que la plante soit fleurie pour produire son effet répulsif excepté si le β -caryophyllène joue un rôle majeur car il est essentiellement produit par les fleurs.



Plante	Cèillet d'inde 1	Cèillet d'inde 2	Basilic	Romarin	Saugue	Chrysanthème
Variété	<i>Tagetes triploid</i> 'Endurance'	<i>Tagetes patula nana</i>	<i>Ocimum basilicum</i> 'Grand vert'	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Salvia grahamii</i> 'Amethyst lipps'	<i>Chrysanthemum</i> x 'Yahou golden'
Teneur en COVs /plante (µg/g de plante fraîche)	0,87	2,67	0,85	6,53	9,25	6,80
Intensité aromatique (Σ surface/g PF)	378 451	1 159 314	371 244	2 838 667	4 020 129	2 956 606
COVs et organes émetteurs principaux T : tige F : Feuilles Fl : Fleur	<i>Piperitone</i> (F), <i>Tagetone</i> (F) <i>β-caryophyllène</i> (Fl) D-Limonène (F), Z- β -ocimène (T)	<i>β-caryophyllène</i> (Fl) <i>Terpinolène</i> (F), <i>Piperitone</i> (F), <i>Tagetone</i> (F), D-Limonène (F), Z- β -ocimène (T)	Eucalyptol (F), eugenol (F) <i>linalol</i> (F) EBF (T)	α -pinène (T), eucalyptol (F), <i>bornéol</i> , <i>camphre</i> (F), acétate de bornyle (T)	Eucalyptol (Fl,F), <i>camphre</i> (F), <i>β-caryophyllène</i>	NR

Figure 10 : Tableau récapitulatif des analyses de COVs réalisées par l'ITEIPMAI en fonction des plantes

DISCUSSION & PERSPECTIVES

• DISCUSSION METHODOLOGIQUE

Les deux techniques évaluées n'ont pas la même finalité dans la manière dont elles ont été utilisées mais reposent finalement sur de l'analyse de chromatogramme.

Aujourd'hui, identifier les COVs produits n'est pas un problème mais quantifier leur présence est plus complexe. Ce projet a permis d'échanger entre les différents partenaires (ITEIPAMI, CTIFL, ..) sur les difficultés rencontrées et comment chacun analyse les données.

	Cartographie fibre SPME	Analyses COVs plantes
Points positifs	Visualisation spatiale de répartition des COVs Mise en œuvre simple	Visualisation répartition des COVs par organe et pour différentes T°
Limites	Matériel très sensible et cher Analyses non automatisées	Expertise en phytochimie pour interpréter les résultats
Retour d'expérience	Permet d'évaluer la distance d'action d'une matrice (plantes, diffusion d'HE)	Permet de choisir une variété de plantes en fonction de son profil aromatique
Interprétation résultats	Convertir les résultats en données cartographiées	Nécessite de connaître les molécules d'intérêt pour interpréter les résultats

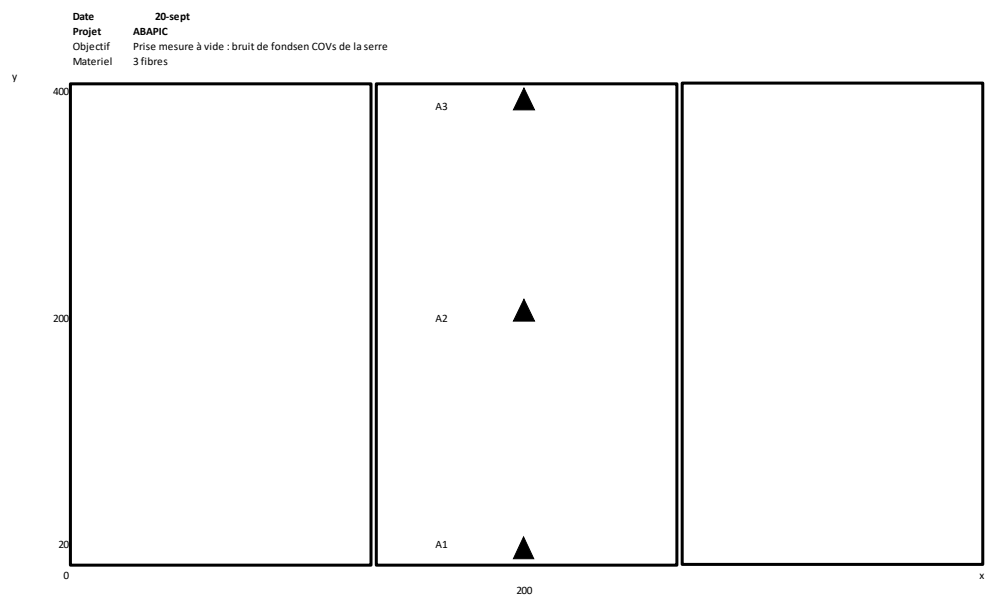
• PERSPECTIVES

Améliorer notre compréhension des Composés Organiques Volatils est essentielle pour travailler sur l'axe du biocontrôle basé sur les médiateurs chimiques. Ainsi les interactions plantes-insectes passent souvent par les odeurs. De nombreux travaux se déroulent actuellement sur les plantes de service mais

les plantes utilisées ne sont pas toujours bien caractérisées. Ainsi, plusieurs travaux utilisent les *Tagetes* pour lutter contre les pucerons mais avec des variétés différentes sans qu'on puisse en connaître l'impact sur le résultat.

ANNEXE 1 Protocoles détaillées expérimentations fibres SPME

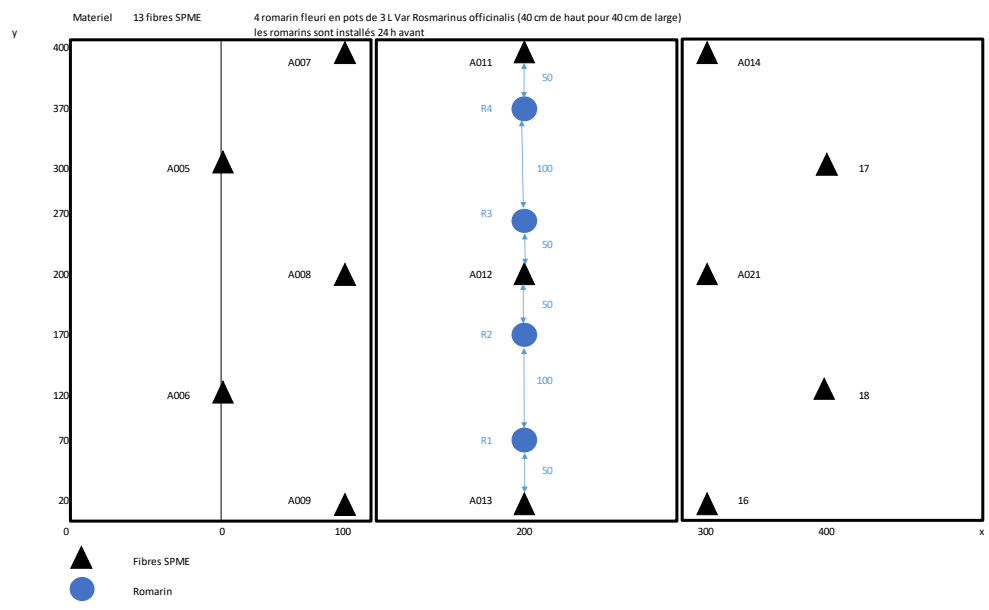
1- Dispositif de prélèvement en serre vide = bruit de fonds de la serre



Coordonnées

N° Fibre	x	y
A1	200	20
A2	200	200
A3	200	400

2- Dispositif de prélèvement avec plantes de services de Romarin = Covs émis par les plantes



Coordonnées

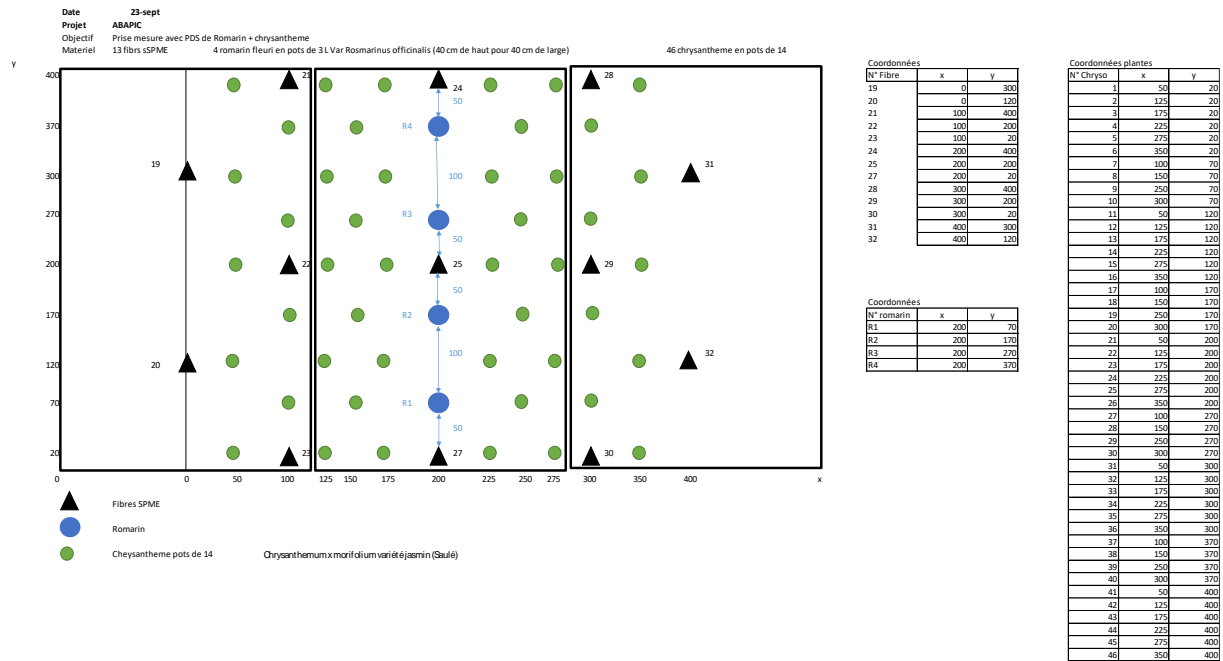
N° Fibre	x	y
A005	0	300
A006	0	120
A007	100	400
A008	100	200
A009	100	20
A010	200	400
A011	200	200
A012	200	200
A013	200	20
A014	300	400
A021	300	200
16	300	20
17	400	300
18	400	120

Coordonnées

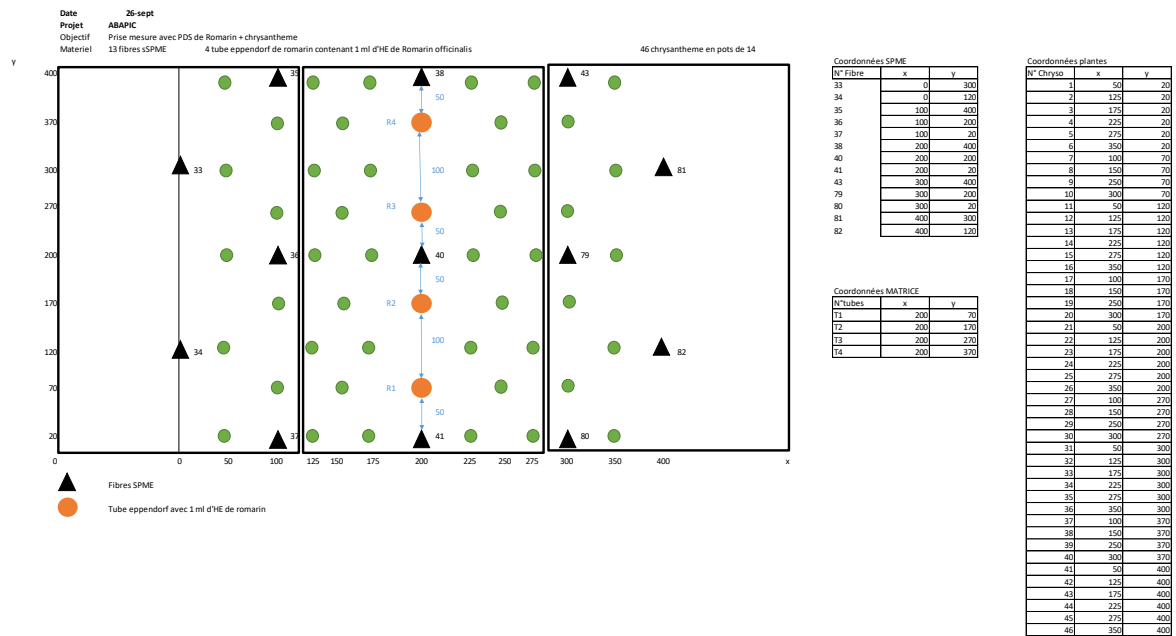
N° romarin	x	y
R1	200	70
R2	200	170
R3	200	270
R4	200	370

42

3- Dispositif de prélèvements avec Plantes de Services de Romarin et culture d'intérêt de chrysanthème =environnement chimique en parcelle expérimentale sur une matrice plante



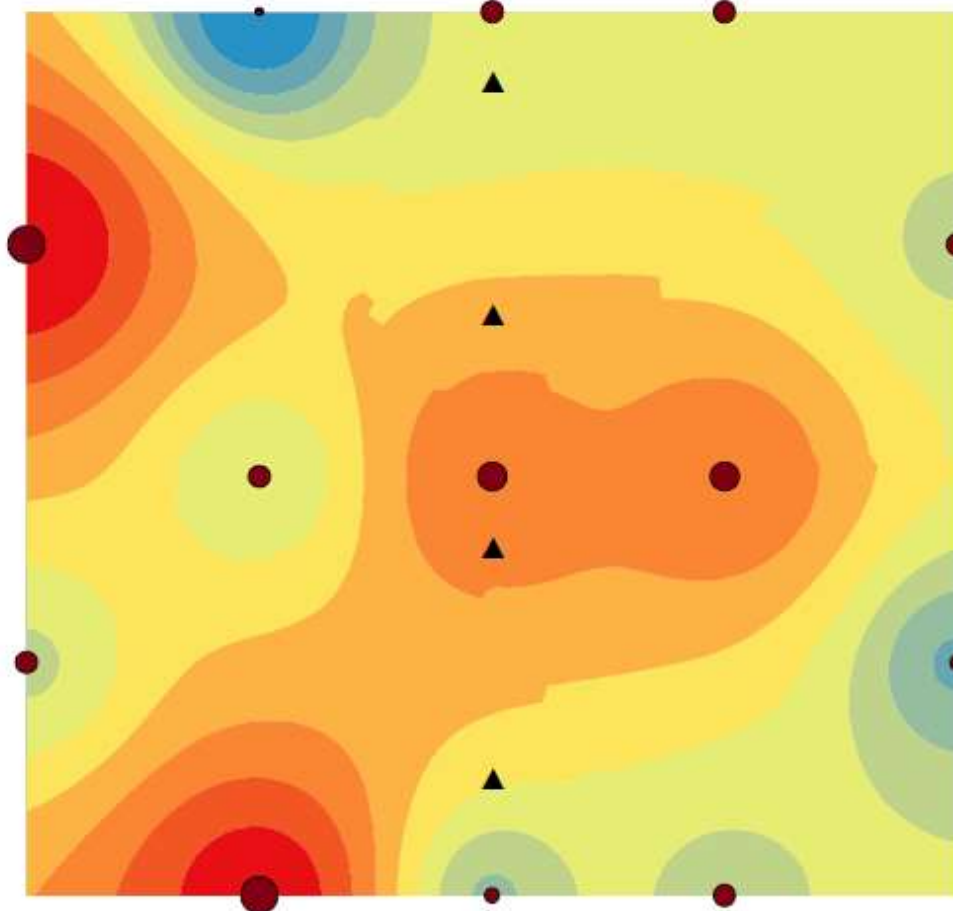
4- Dispositif de prélèvements avec diffusion passive d'huile essentielle de Romarin et culture d'intérêt de chrysanthème = capter l'environnement chimique en parcelle expérimentale sur une matrice huile essentielle.



Annexe 2 : Résultats d'analyses de l'extraction à l'acétate d'éthyl des COVS contenus dans les deux variétés de Tagetes

Temps de rétention	Composés	Indices de rétention	% surface VARIETE Endurance	% surface VARIETE Nana	Rôles des composés
6,515	2-Tetrahydrofurfuryl isothiocyanate ou Tetrahydrofurfurylalcohol ?	926	12,81	22,54	incertain
6,802	Alpha Pinene	935	0,38	1,27	
7,997	Sabinene	973	0,87	0,73	répulsif Myzus à 1%
8,556	Myrcene	991	0,31	0,19	répulsif Myzus à 1%
9,864	D-Limonene	1028	7,16	5,86	cp principale tagetes
10,136	(Z) beta Ocimene	1036	6,65	7,64	
10,417	Phenylacetaldehyde	1044	3,16	2,93	
10,493	Ocimene <(E)-, beta->	1046	1,38	0,99	répulsif Myzus à 1%
10,692	Dihydrotagetone	1051	7,21	1,08	
11,829	Terpinolene	1083	3,02	5,47	cp principale tagetes qui diffère selon variété
12,076	Epoxymyrcene<6,7->	1090	0,19	0,5	
13,483	Myroxide <(Z)->	1129	0,94	2,01	
13,836	Myroxide <(E)->	1138	1,25	1,49	
14,063	Tagetone <trans->	1144	3,32	1,81	
14,326	Tagetone <cis->	1152	3,58	1,09	
17,196	Ocimenone <cis->	1230	0,68	2,56	
17,48	Ocimenone <trans->	1238	0,98	4,88	
17,86	Piperitone epoxide<cis-> (epoxide vs. IPP)	1248	0,49	0,48	
17,988	Piperitone	1252	22,56	4,59	répulsif Myzus à 1%
19,469	Benzo-2,3-pyrrole	1292	0,77		
20,947	Piperitenone	1333	9,97	4,48	
21,724	Piperitenone oxide	1355	2,62	4,06	
23,625	beta Caryophyllene - MT	1409	2,53	9,01	répulsif Myzus à 1% ; cp principale tagetes
25,666	Germacrene D	1474	1,33	0,87	
26,134	Bicyclgermacrene - LITSEE	1489	0,98	0,85	
36,207	Neophytadiene	1831	0,9	1,2	
36,374	Phytone	1837	0,01	0,72	composés de la chlorophylle
39,567	acide palmitique	1959	0,48	0,85	acide gras
			28	27	

Essai de captation de COV de p-Cymène par fiche SPME



▲ Romarins

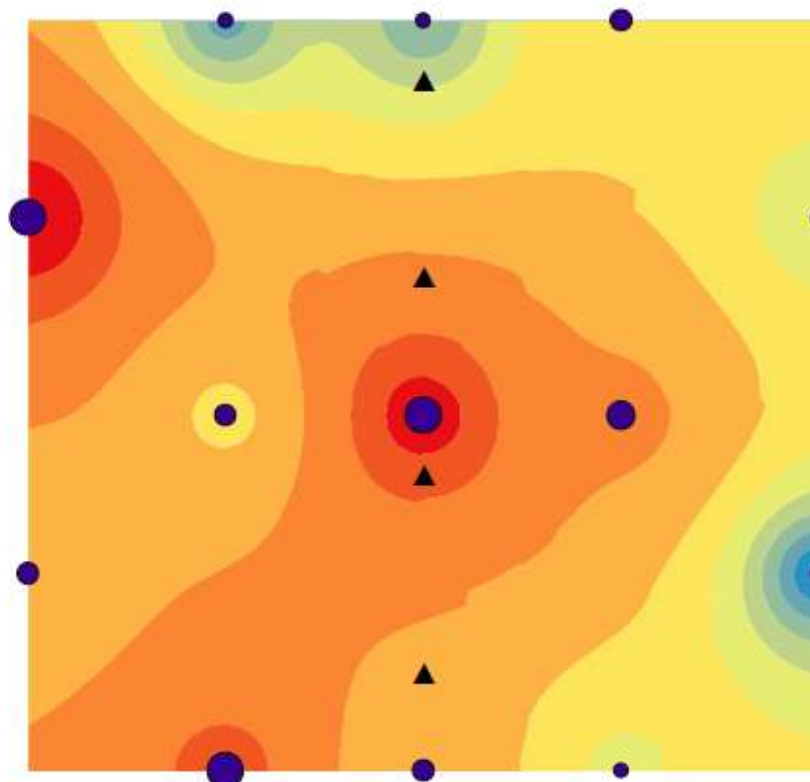
Capteurs de p_Cymene

- 0,000000 - 5000000,000000
- 5000000,000001 - 63658365,000000
- 63658365,000001 - 90816582,000000
- 90816582,000001 - 221546308,000000
- 221546308,000001 - 331500874,000000

Inverse Distance Weighting



Essai de captation de COV de D-Limoneme par fiche SPME



▲ Romarins

Fiche SPME - Présence de D-Limoneme

- 0,000000
- 0,000001 - 449033887,000000
- 449033887,000001 - 685423745,000000
- 685423745,000001 - 945700118,000000
- 945700118,000001 - 1675258400,000000

Inverse Distance Weighting

■	164 717 091 – 190 127 011
■	190 127 011 – 227 274 875
■	227 274 875 – 281 582 950
■	281 582 950 – 360 978 280
■	360 978 280 – 477 049 759
■	477 049 759 – 646 739 689
■	646 739 689 – 894 816 762
■	894 816 762 – 1 257 491 400
■	1 257 491 400 – 1 505 568 470
■	1 505 568 470 – 1 675 258 400