



LBEM
UMR CNRS 6116



**EMISSION DE COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS AU SEIN DES
FORMATIONS ARBUSTIVES MEDITERRANEENNES ET RELATION AVEC LES
POTENTIALITES D'INFLAMMATION**

RAPPORT INTERMEDIAIRE 1 AN
CONVENTION N°61.45.80.03/02

Novembre 2003



SOMMAIRE

1.	ETAT DES CONNAISSANCES	3
2.	PROJET DE RECHERCHE.....	3
2.1.	Objectifs de l'étude	3
2.2.	Protocole expérimental.....	4
3.	Mise en place de l'expérimentation en serre	4
3.1.	Acquisition du matériel	4
3.2.	Récolte des sols	5
3.3.	Combinaisons testées	5
3.4.	Les COV émis par les végétaux.....	5
3.5.	Les composés organiques contenus dans les végétaux	6
4.	expérimentation IN SITU.....	6
4.1.	Sites d'étude.....	6
4.2.	Inflammabilité	6
5.	resultats et discussion.....	9
5.1.	Taux de mortalité en serre	9
5.2.	COV et métabolites secondaires contenus dans les végétaux cultivés	9
5.3.	Inflammabilité	9
6.	BIBLIOGRAPHIE A MODIFIER.....	10

1. ETAT DES CONNAISSANCES

Les plantes émettent une grande variété de composés organiques e.g. éthylène, isoprène, mono et sesquiterpenes, alcanes. L'émission de ces **Composés Organiques Volatils** par les végétaux a attiré l'attention de la communauté scientifique depuis plusieurs années en raison, notamment, de leur implication dans le budget global du carbone et de la photochimie troposphérique (Lerdau *et al.*, 1997 ; He *et al.*, 2000).

La composition quantitative de ces émissions est influencée par les divers **facteurs du milieu**. Le rôle des facteurs environnementaux sur les émissions biogéniques a fait l'objet d'un grand nombre de recherches. Ces recherches, réalisées généralement en conditions contrôlées, se sont essentiellement focalisées sur l'impact des facteurs abiotiques tels que : température, intensité lumineuse, humidité, CO₂, apport en eau... et beaucoup plus rarement sur les facteurs biotiques (Peñuelas & Llusà 1998). **Il ressort clairement de ces études que l'action des facteurs environnementaux dépend de l'espèce considérée et parfois même du composé émis, ce qui justifie la poursuite de ces études sur des végétaux n'ayant pas encore été étudiés selon cette problématique.** Par ailleurs, tous ces facteurs environnementaux peuvent présenter des inter-relations et agir en synergie ou de manière antagoniste ce qui n'a pas fait l'objet d'études approfondies.

En **milieu naturel**, des mesures de COV dans l'air ambiant ont été réalisées sur des formations végétales variées localisées dans différentes zones géographiques (Peters *et al.*, 1994 ; Isebrands *et al.*, 1999 ; Isidorov *et al.*, 1999 ; Isidorov & Povarov, 2000). **Ces mesures sont toujours effectuées dans une problématique liée à la chimie de l'atmosphère** et consistent notamment à **comparer l'importance des flux de COV émis par la végétation aux émissions anthropiques**. Les COV sont généralement des **composés présentant un point flash très bas**, surtout l'isoprène et les monoterpènes, et constituent donc des **molécules très hautement inflammables**.

Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur leurs implications dans la formation et la propagation des incendies de forêts.

2. PROJET DE RECHERCHE

2.1. Objectifs de l'étude

Les objectifs de notre recherche sont :

- ✍ Une part l'étude des facteurs du milieu (biotiques et abiotiques) qui, dans le contexte méditerranéen, favorisent l'émission de composés volatils par ces végétaux et modifient leurs paramètres d'inflammabilité. Cette étude sera réalisée en milieu contrôlé (serre) afin de s'affranchir des contraintes du milieu naturel.
- ✍ Autre part, l'étude en milieu naturel de l'existence de nappes de gaz, de leur importance relative dans des formations végétales architecturalement différentes (milieux fermé et ouvert)

2.2. Protocole expérimental

Initialement, nous avons choisi trois végétaux arbustifs méditerranéens pour modèles dans cette étude:

?? *Rosmarinus officinalis* L.

?? *Quercus coccifera* L.

?? *Cistus albidus* L.

Ces trois végétaux sont représentatifs des trois groupes fonctionnels de plantes émettant des COV décrits dans la littérature

Le choix de ces trois végétaux se justifie également par le fait qu'ils occupent une surface très importante en Provence calcaire.

A ces trois végétaux, nous avons choisi de rajouter une 4^{me} espèce (arborescente) en raison de sa très forte distribution en région méditerranéenne : *Pinus halepensis*.

Cette recherche développe deux aspects complémentaires :

?? Des expérimentations en milieu contrôlé afin de comprendre quels sont les facteurs du milieu (biotiques et abiotiques) qui favorisent l'émission de composés volatils par ces végétaux et modifient leurs paramètres d'inflammabilité.

?? Des mesures de composés volatils *in situ* afin de mieux caractériser la présence éventuelle d'une nappe en comparant deux types de milieux : fermé et ouvert.

3. MISE EN PLACE DE L'EXPERIMENTATION EN SERRE

3.1. Acquisition du matériel

Au terme de cette année après notification de la convention, nous avons acheté divers équipements et matériel:

- serre 3m09 x 6m04
- 250 individus de *Cistus albidus*, 300 individus de *Quercus coccifera*, 250 individus de *Rosmarinus officinalis*. Par ailleurs, nous avons choisi de prendre en compte un végétal supplémentaire en raison de sa très forte représentativité en Provence: *Pinus halepensis*. Nous avons donc acheté 200 pins d'Alep. Pour ce végétal, nous n'avons pas envisagé la compétition interspécifique avec *C. albidus* et *R. officinalis* puisque ces deux végétaux sont peu représentés sous pinède fermée.
- pots en terre (515)
- Standards terpéniques
- Tubes ténaux TA
- Fluides pour CPG

Afin de procéder aux relevés sur sites des conditions météorologiques, le CEREN s'est doté du matériel suivant :

~~LES~~ un pluviomètre

~~LES~~ un anémomètre

~~LES~~ un thermohygromètre

3.2. Récolte des sols

Les sols utilisés pour l'expérimentation en serre proviennent des sites d'étude de l'expérimentation *in situ*.

Ainsi, le sol calcaire a été collecté dans le massif de Valabre (près de Gardanne - Bouches du Rhône) en avril 2003. Le sol siliceux a été prélevé dans la forêt communale de Roquebrune Sur Argens en mai 2003. Dans les deux cas, plusieurs (25) fosses ont été réalisées dans des zones proches du site d'étude. La litière et les horizons A₀ ont été enlevés, seul l'horizon A₁ a été prélevé pour l'expérimentation puisqu'il correspond à la zone où l'on trouve les racines des végétaux étudiés.

3.3. Combinaisons testées

Pour évaluer les effets de la compétition inter et intraspécifique, nous avons mis en place diverses combinaisons

- ☞ 1 individu seul (par pot) de chacune des 4 espèces: cette combinaison correspond au témoin (pas de compétition)
- ☞ 2 individus de chacune des 4 espèces par pot : compétition intraspécifique
- ☞ 2 individus d'espèces différentes par pot avec les combinaisons suivantes: ciste+ romarin, ciste + kermès, romarin + kermès, kermès + pin. Ces combinaisons permettent de mesurer les effets de la compétition interspécifique.

Ces diverses combinaisons sont répétées 7 fois et sont envisagés sur 2 types de substrats (silice, calcaire) afin d'évaluer les effets de la teneur en nutriments dans le sol. Chaque série d'expérience est ensuite répétées 3 fois ce qui permettra d'évaluer les effets de 3 apports en eau différents.

3.4. Les COV émis par les végétaux

3.4.1. Prélèvement des COV

Les prélèvements ont été réalisés, au mois d'août, à l'aide d'une chambre d'enfermement d'un volume de 1 l environ dotée d'une arrivée d'air et d'un tube Ténax TA 20/35 (Chrompack[®]). Les prélèvements sont faits à l'aide d'une pompe Q-MAX Pump (SUPELCO[®]). Dans un premier temps, on fait circuler un courant continu d'air pendant 15 minutes afin de renouveler l'air de la chambre. Puis les prélèvements sont réalisés en pompant pendant 10 minutes (débit : environ 1 ml/min).

3.4.2. Identification des COV

L'identification des composés est réalisée à l'aide de deux appareils :

- un Chromatographe en Phase Gaseuse HP[®] 5890 série 2, équipé d'un thermodésorbeur CP4020 TCT Varian[®]. La désorption est effectuée à 250°C pendant 10 min par un flux d'hélium. La colonne utilisée est une colonne Ultra 2 HP[®] (50m x 0.2 mm x 0.33 µm). Le gaz vecteur est l'hélium (3ml/min). Le température du four est

programmée de 60°C à 220°C avec 3°C par min puis un isotherme de 5 min réalisé à 220°C,

- un groupe déléments comprenant un désorbeur thermique (*TurboMatrix ATD* de Perkin Elmer) et un ensemble spectro-chromatographe (*TurboMass Gold et AutoSystem XL* de Perkin Elmer). La colonne utilisée est une colonne apolaire (50m x 0.2mm x 0.33µm). Le gaz vecteur est l'hélium (18psi). La température du four est programmée de 50°C à 200°C avec un isotherme de 50°C pendant 8 min, puis une première rampe avec 2°C par min jusqu'à 94°C, une seconde rampe avec 4°C par jusqu'à 200°C et enfin un isotherme de 5 min à 200°C.

3.5. Les composés organiques contenus dans les végétaux

3.5.1. Prélèvement et extraction

3.5.2. Identification des métabolites secondaires

L'identification des composés est réalisée à l'aide de deux appareils :

- un Chromatographe en Phase Gaseuse HP⁷ 5890 série 2, équipé d'un thermodésorbeur CP4020 TCT Varian⁷. La désorption est effectuée à 250°C pendant 10 min par un flux d'hélium. La colonne utilisée est une colonne Ultra 2 HP⁷ (50m x 0.2 mm x 0.33 µm). Le gaz vecteur est l'hélium (3ml/min). La température du four est programmée de 60°C à 220°C avec 3°C par min puis un isotherme de 5 min réalisé à 220°C,
- un groupe déléments comprenant un désorbeur thermique (*TurboMatrix ATD* de Perkin Elmer) et un ensemble spectro-chromatographe (*TurboMass Gold et AutoSystem XL* de Perkin Elmer). La colonne utilisée est une colonne apolaire (50m x 0.2mm x 0.33µm). Le gaz vecteur est l'hélium (18psi). La température du four est programmée de 50°C à 200°C avec un isotherme de 50°C pendant 8 min, puis une première rampe avec 2°C par min jusqu'à 94°C, une seconde rampe avec 4°C par jusqu'à 200°C et enfin un isotherme de 5 min à 200°C.

4. EXPERIMENTATION IN SITU

4.1. Sites d'étude

A compléter

4.2. Inflammabilité

Pendant la saison estivale 2003, des mesures d'inflammabilités pour le *Rosmarinus officinalis* L. et le *Quercus coccifera* L. ont été réalisés. Les résultats de cet été exceptionnel sont les suivants :

- le *Rosmarinus officinalis* L. :

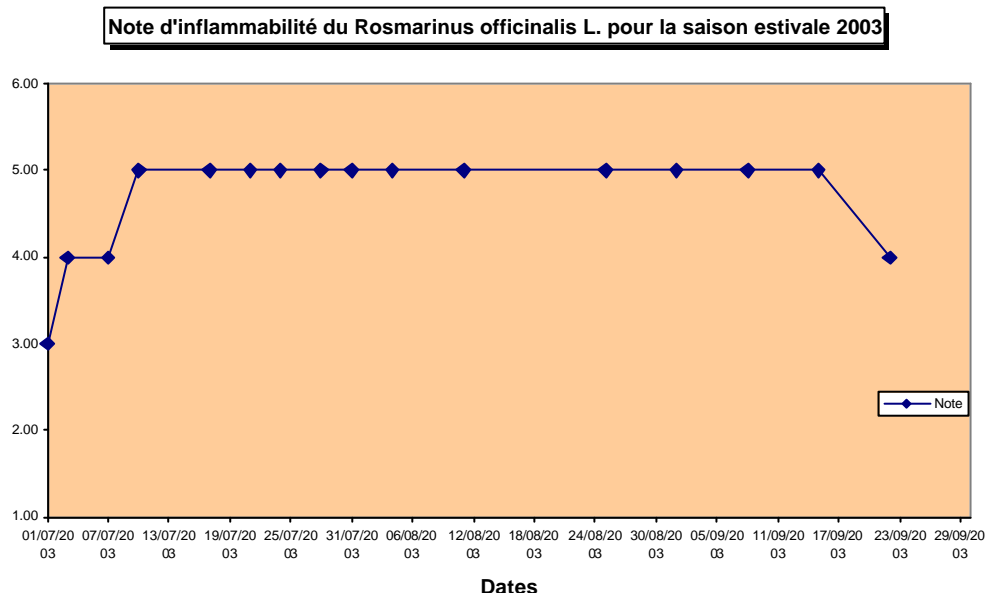
Les délais d'inflammation du *Rosmarinus officinalis* L de début juillet sont raisonnables. Par contre, la suite du mois voit la chute majeure des délais pour atteindre les 7 secondes. Le *Rosmarinus officinalis* L est très sensible aux conditions climatiques. La plupart des jeunes plants ont été « grillés » par la chaleur.

Durant le mois d'août, le délai d'inflammation a stagné de la même manière que pour le *Quercus coccifera* L.

L'épisode orageux du début septembre a permis d'entamer une nouvelle tendance vers une relative réhydratation du végétal.

D'une façon générale, les notes d'inflammabilité pour le *Rosmarinus officinalis* L et le chêne kermès ont toujours été à la note maximum (5) : le *Quercus coccifera* L. n'a été que deux fois « que » hautement inflammable (note 4). La note du *Rosmarinus officinalis* L a, elle, été de 5 du 10 juillet au 15 septembre.

NB : La note d'inflammabilité est la note calculée d'après le protocole de l'INRA (M.MORO)

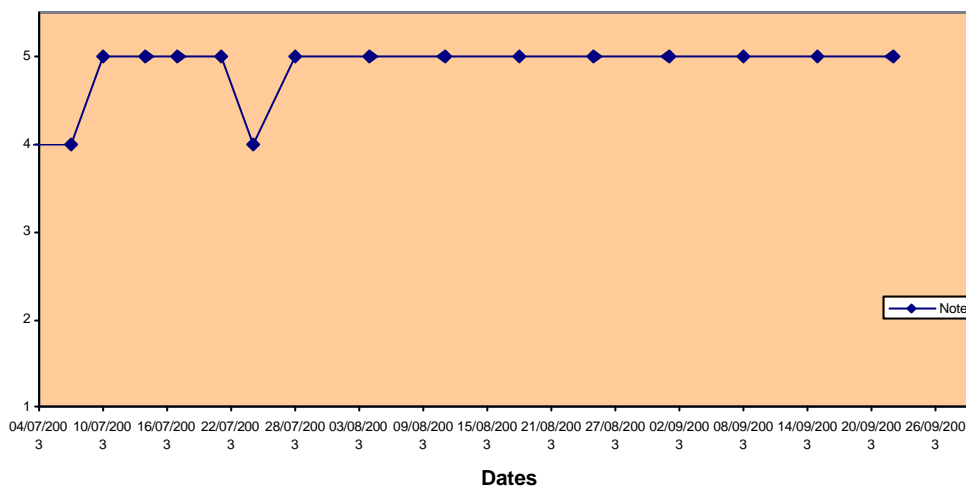


- le *Quercus coccifera* L.:

Le maximum du stress hydrique du chêne kermès a été mesuré fin juillet (37,5% de teneur en eau et 25 pour l'indice de sécheresse). Le mois d'août a vu stagner l'ensemble des valeurs. Mais pouvaient-elles descendre plus bas ?

Les délais d'inflammations sont très faibles et ce, depuis le premier juillet. Il est fort probable que la sécheresse de cet été a débuté bien avant, probablement début juin, voire fin mai.

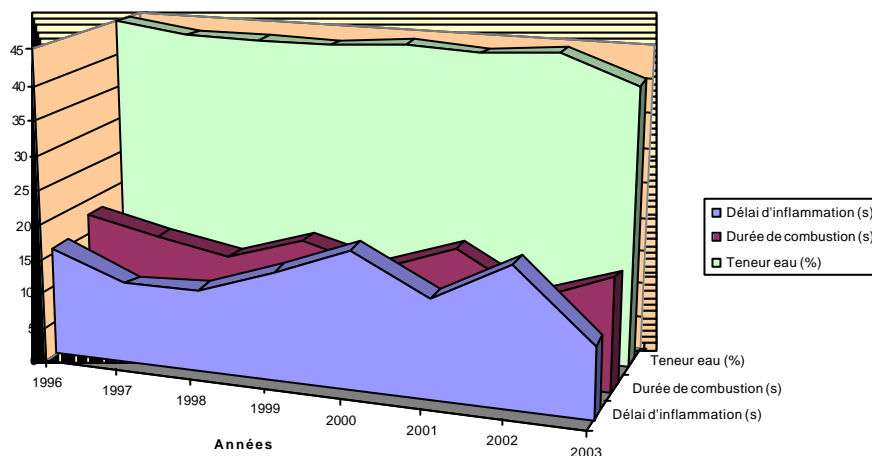
Note d'inflammabilité du *Quercus coccifera* L.



La comparaison des paramètres d'inflammabilité est faite sur sept ans, de 1996 à 2003. Nous comparons d'abord les valeurs obtenues pour le *Quercus coccifera* L. puis celles obtenues pour le *Rosmarinus officinalis* L.

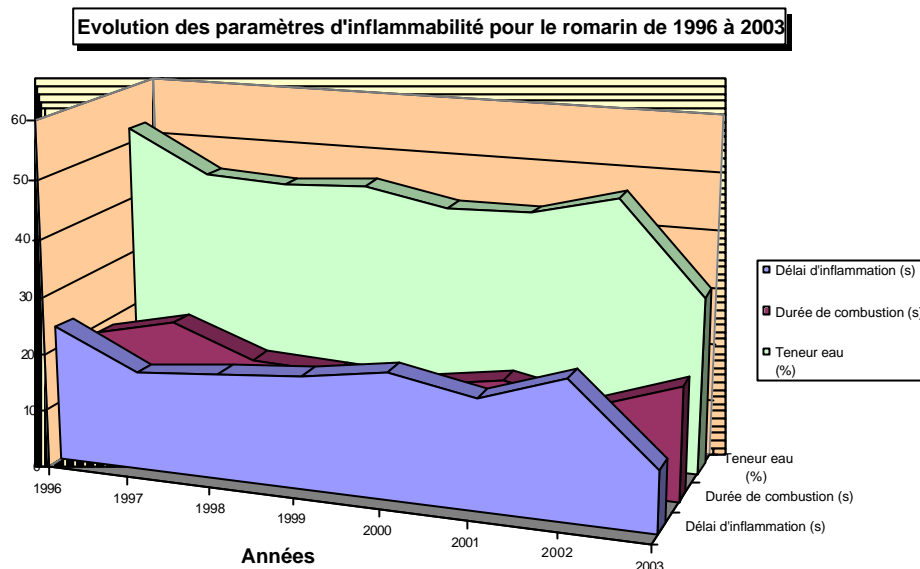
Le *Quercus coccifera* L.:

Evolution des paramètres d'inflammabilité du chêne kermès de 1996 à 2003



L'ensemble des valeurs de l'année 2003, que ce soit pour les délais d'inflammation, pour les durées de combustion ou encore pour les teneurs en eau, sont des données records jamais enregistrées jusqu'à présent. La saison 2003 est la nouvelle année de référence.

Le *Rosmarinus officinalis* L :



Les résultats obtenus pour le *Rosmarinus officinalis* L sont encore plus exceptionnels que ceux du *Quercus coccifera* L.. Les chutes des valeurs pour les teneurs en eau et pour les délais d'inflammations sont vertigineuses. Les chiffres des teneurs en eau indiquent qu'une grande partie des végétaux est morte.

En conclusion, nous noterons encore une fois le caractère exceptionnel des données enregistrées sur la saison estivale. Certes il a fait chaud, et ce n'est pas la première fois. Mais il a fait chaud très longtemps et sans précipitations (3mm sur trois mois).

Cette exceptionnelle durabilité de la chaleur associée à un déficit marquant des précipitations a induit un stress hydrique de la végétation jusque là jamais mesuré.

Les paramètres d'inflammabilité ont montré des valeurs largement plus critiques que les années précédentes. En effet, d'après nos résultats, cet été a présenté des risques extrêmes de comportement de la végétation au feu.

4.2.1. Prélèvement

...

4.2.2. Mesures

...

5. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1. Taux de mortalité en serre

5.2. COV et métabolites secondaires contenus dans les végétaux cultivés

5.3. Inflammabilité

Après 3 mois de stabilisation, les analyses montrent que le ciste blanc, émet peu de COV. En effet, les concentrations observées sont très faibles et correspondent à la limite des seuils de détection. Pour cela, les quantifications obtenues restent peu précises et ne permettent pas une analyse poussée. Néanmoins, les analyses qualitatives montrent une similitude du type de COV émis quelque soit la combinaison (Tableau I).

6. **BIBLIOGRAPHIE A MODIFIER**

CEREN, LBEM, 2000. Mécanismes d'émission dans l'air ambiant de molécules terpéniques par des végétaux méditerranéens. LBEM ed., 23 p.

Dardé-Filippi E., 2002. Rôle de la compétition inter et intra spécifique dans l'émission de composés organiques volatils (COV) chez *Cistus albidus* L. Rapp. D.E.A. Biosciences de l'environnement, Chime et santé. Univ. Aix-Marseille III. 35p.

He, C., Murray, F., Lyons, T. 2000. Monoterpene and isoprene emissions from 15 *Eucalyptus* species in Australia. Atmospheric environment, 34 : 645-655.

Isebrands, J. G., Guenther, A. B., Harley, P., Helmig, D., Klinger, L., Vierling, L., Zimmerman, P., Geron, C. 1999 – Volatile organic compound emission rates from mixed deciduous and coniferous forests in Northern Wisconsin, USA. Atmospheric Environment, 33 : 2527 – 2536.

Isidorov, V. A. and Povarov, V. G. 2000. Phytogetic volatile organic compounds emission by russian forests. Ecological Chemistry, 9 : 10-21.

Isidorov, V. A., Jaroszynska, J., Sacharewicz, T., Piroznikow, E. 1999. Natural VOC emissions from forests in Poland. Atmospheric environment, 33 : 4739-4744.

Lerdau, M., Guenther, A., Monson, R. 1997. Plant production and emission of volatile organic compounds : plant-produced hydrocarbons influence not only the plant itself but the atmosphere as well. Bioscience, 47 (6) : 373-383.

Llusià, J., Peñuelas, J. 1998 – Changes in terpene content and emission in potted Mediterranean woody plants under severe drought. Can. J. Bot., 76 : 1366-1373.

Llusià, J., Peñuelas, J. 1999 – *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* terpene emission as affected by temperature and humidity. *Biologia Plantarum*, 42 (2) : 317 – 320.

Peñuelas, J., Llusià, J. 1998 – Influence of intra- and inter-specific interference on terpene emission by *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* seedlings. *Biologia Plantarum*, 41 (2) : 139 – 143.

Peters, R. J. B., Renesse, J. A. D. V. V. Duivenbode, Duyzer, J. H., Verhagen. H. L. M 1994 - The determination of terpenes in forest air. Atmospheric Environment, 28 (15) : 2413-2419.