

# EXPLOITATION DES EXSUDATS ET GOUDRONS DE CONIFÈRE PENDANT L'ANTIQUITÉ ET LE MOYEN ÂGE : RÉFÉRENTIEL ET PREMIERS RÉSULTATS ARCHÉOLOGIQUES

Drieu L.<sup>a</sup>, Sacchetti F.<sup>b</sup>, Burri S.<sup>c</sup>, Rageot M.<sup>a</sup>, Mazuy A.<sup>a</sup>, Filippi J.J.<sup>d</sup>, Fernandez X.<sup>d</sup>, Regert M.<sup>a</sup>



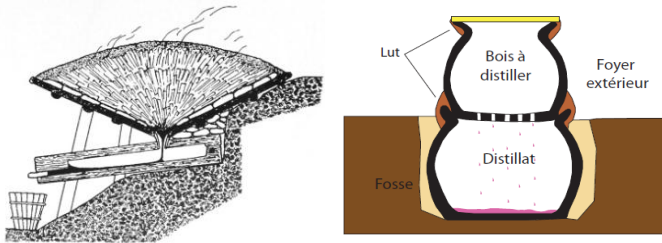
# Exsudats et goudrons végétaux

## Exsudats et goudrons végétaux

- Quelles ressources végétales exploitées ?



- Quels processus de fabrication ?



- Quelles propriétés ?
  - adhésives
  - imperméabilisantes
  - antiseptiques
- Quelles utilisations ?

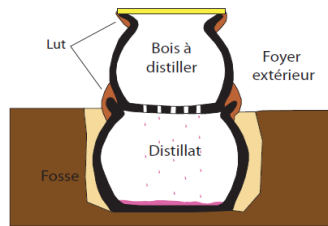
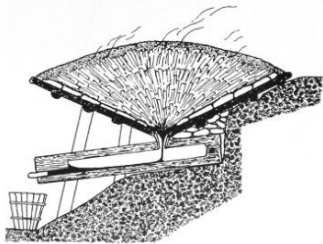


## Exsudats et goudrons végétaux

- Quelles ressources végétales exploitées ?



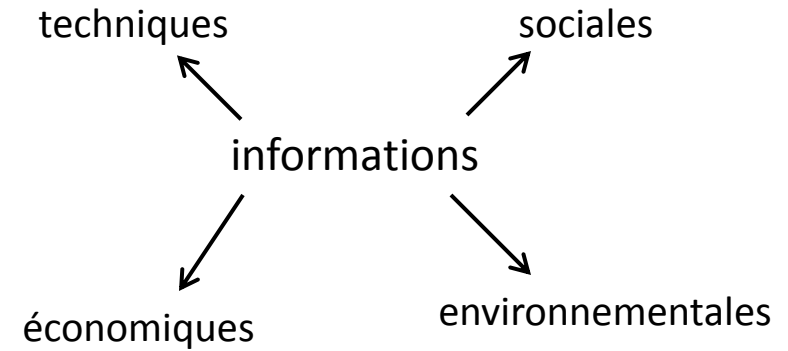
- Quels processus de fabrication ?



- Quelles propriétés ?

adhésives  
imperméabilisantes  
antiseptiques

- Quelles utilisations ?

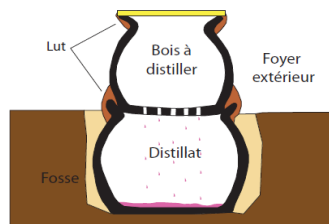
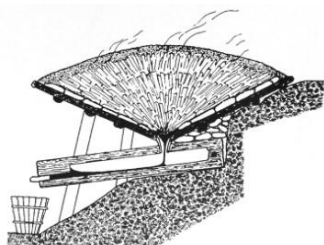


## Exsudats et goudrons végétaux

- Quelles ressources végétales exploitées ?



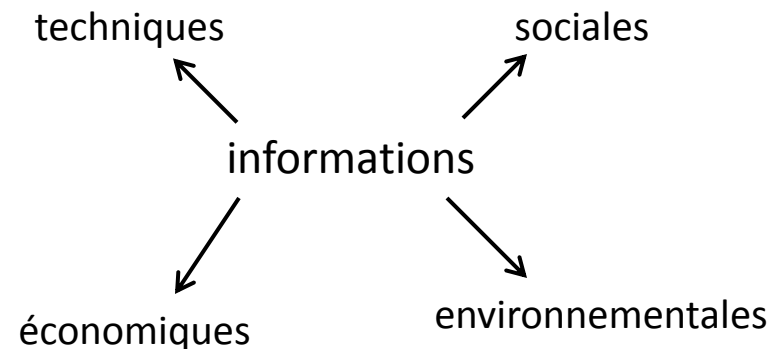
- Quels processus de fabrication ?



- Quelles propriétés ?

adhésives  
imperméabilisantes  
antiseptiques

- Quelles utilisations ?



### Support d'informations

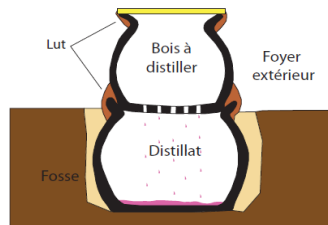
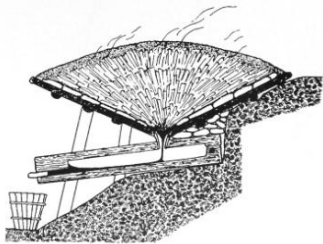
- Bio-restes végétaux (pollen, charbons...)
- Matériaux organiques amorphes
- Archives culturelles archéologiques et ethnoarchéologiques
- Données expérimentales
- Sources textuelles

## Exsudats et goudrons végétaux

- Quelles ressources végétales exploitées ?



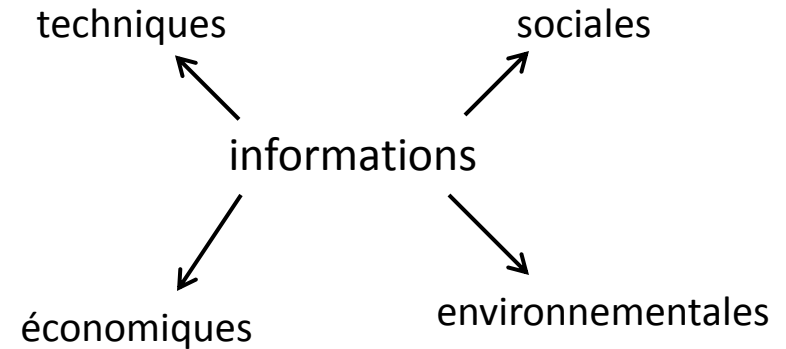
- Quels processus de fabrication ?



- Quelles propriétés ?

adhésives  
imperméabilisantes  
antiseptiques

- Quelles utilisations ?



### Support d'informations

- Bio-restes végétaux (pollen, charbons...)

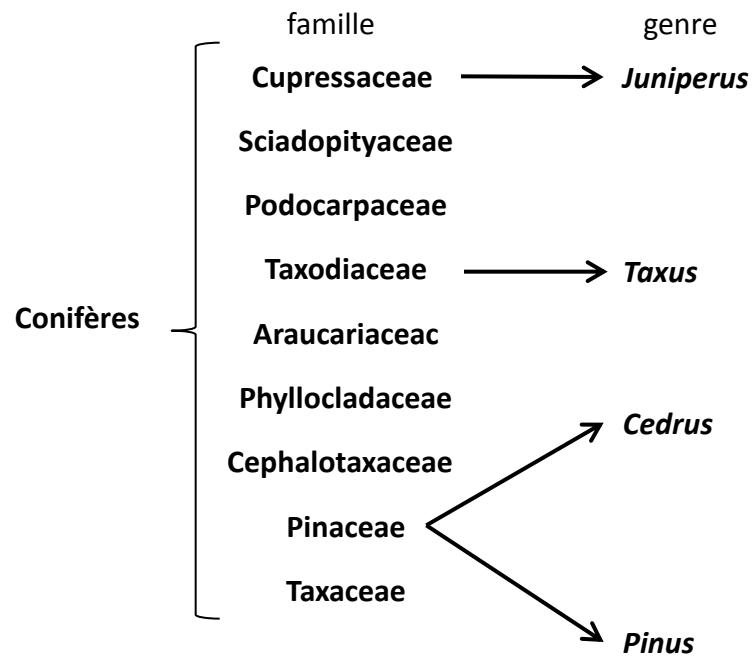
- **Matériaux organiques amorphes**

- Archives culturelles archéologiques et ethnoarchéologiques

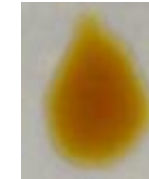
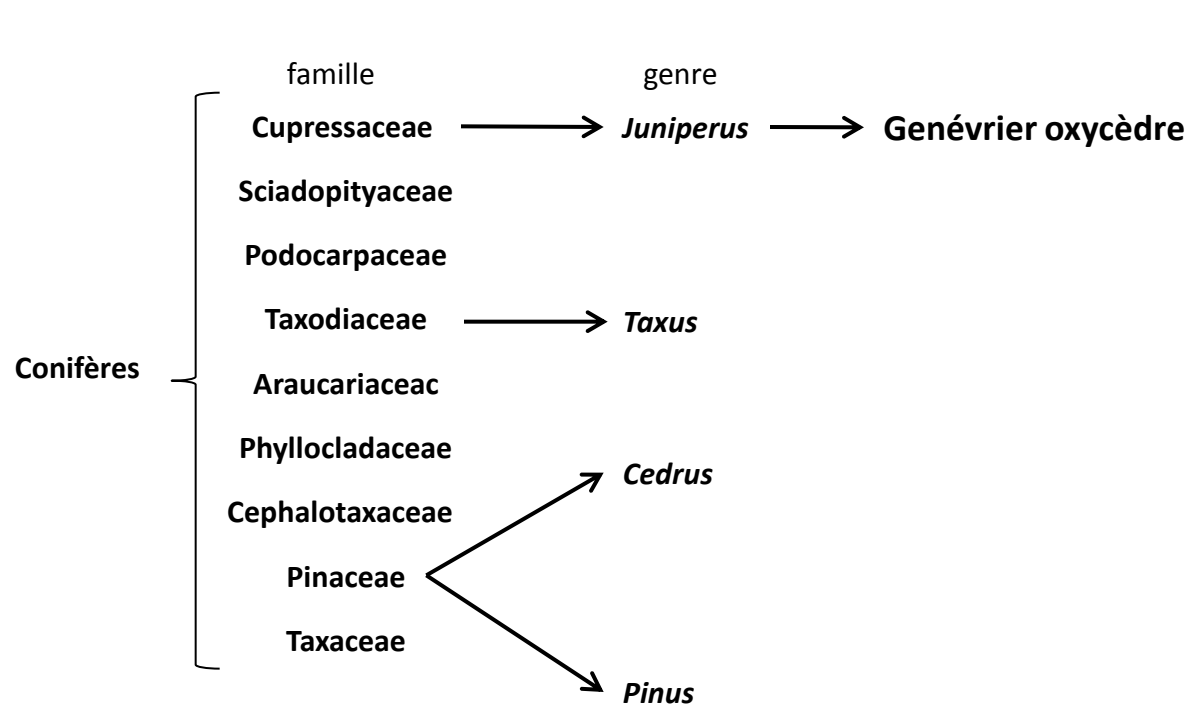
- Données expérimentales

- Sources textuelles

## Exsudats et goudrons de conifère

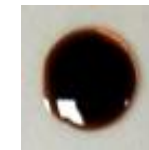
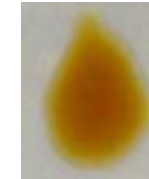
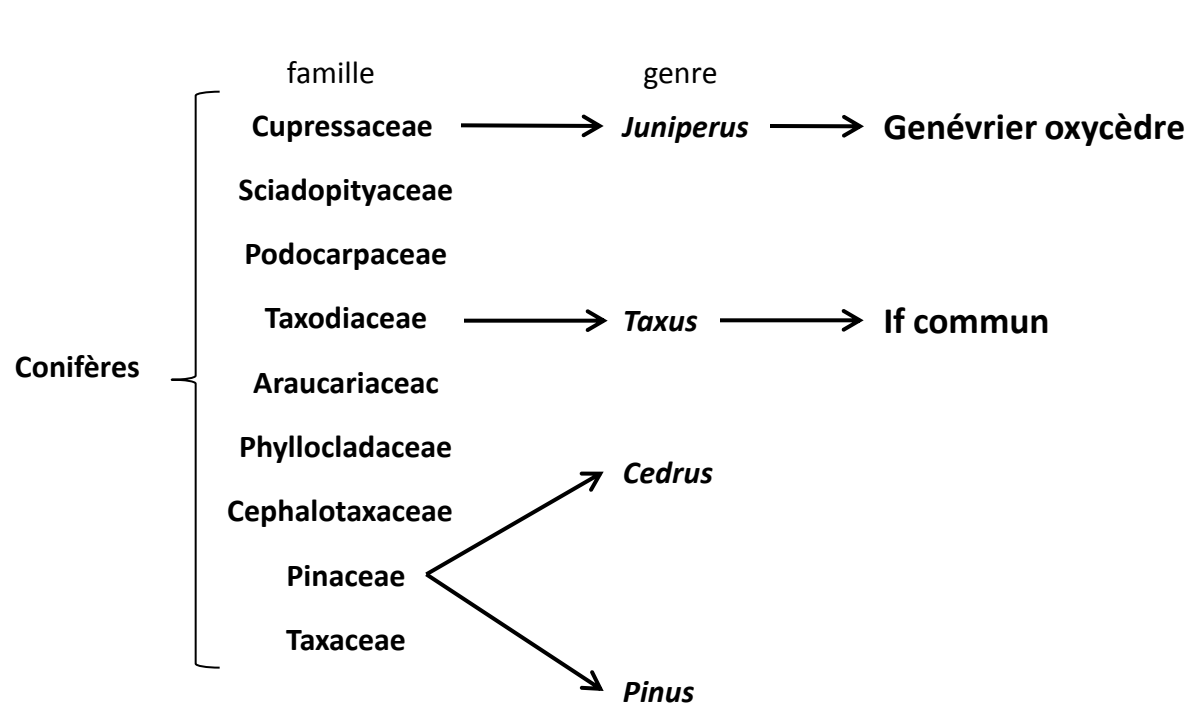


## Exsudats et goudrons de conifère

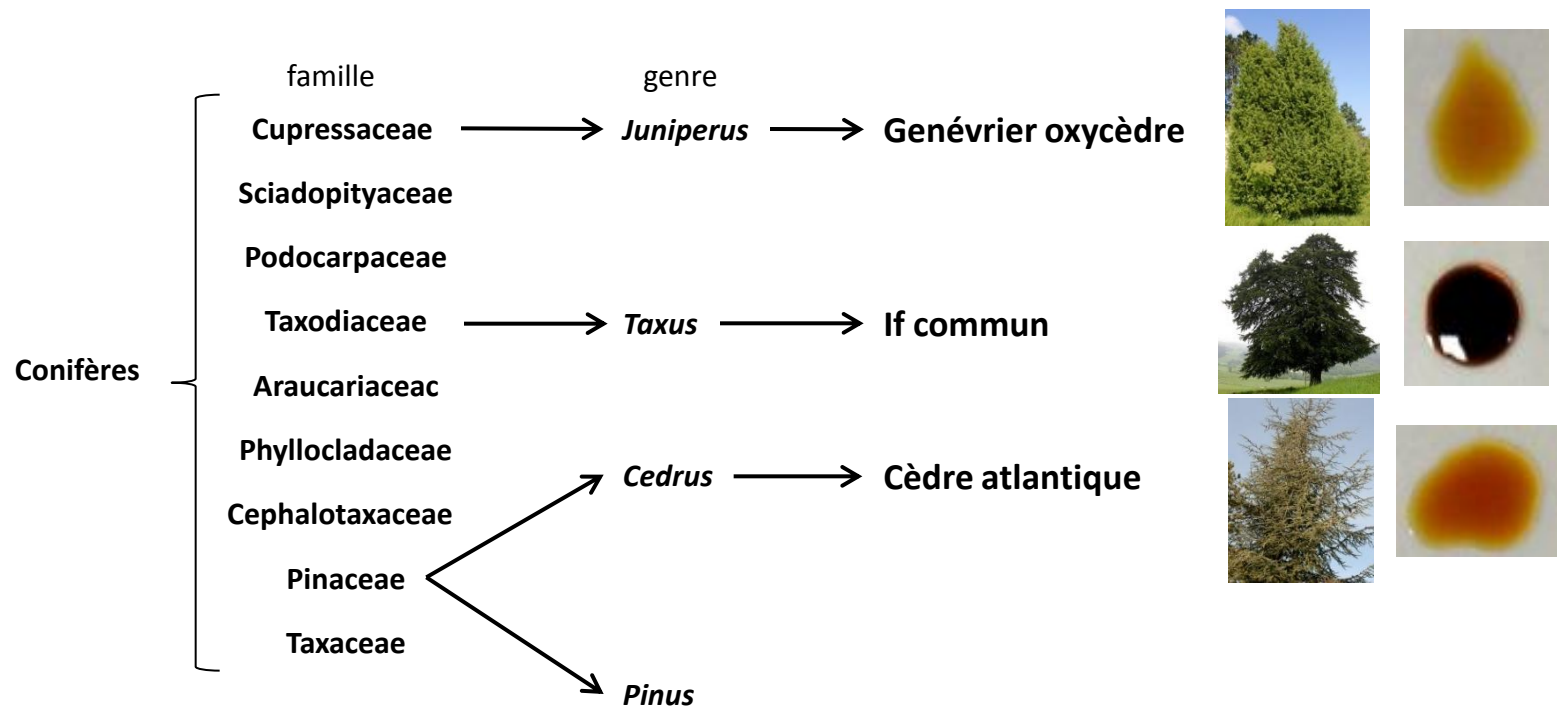




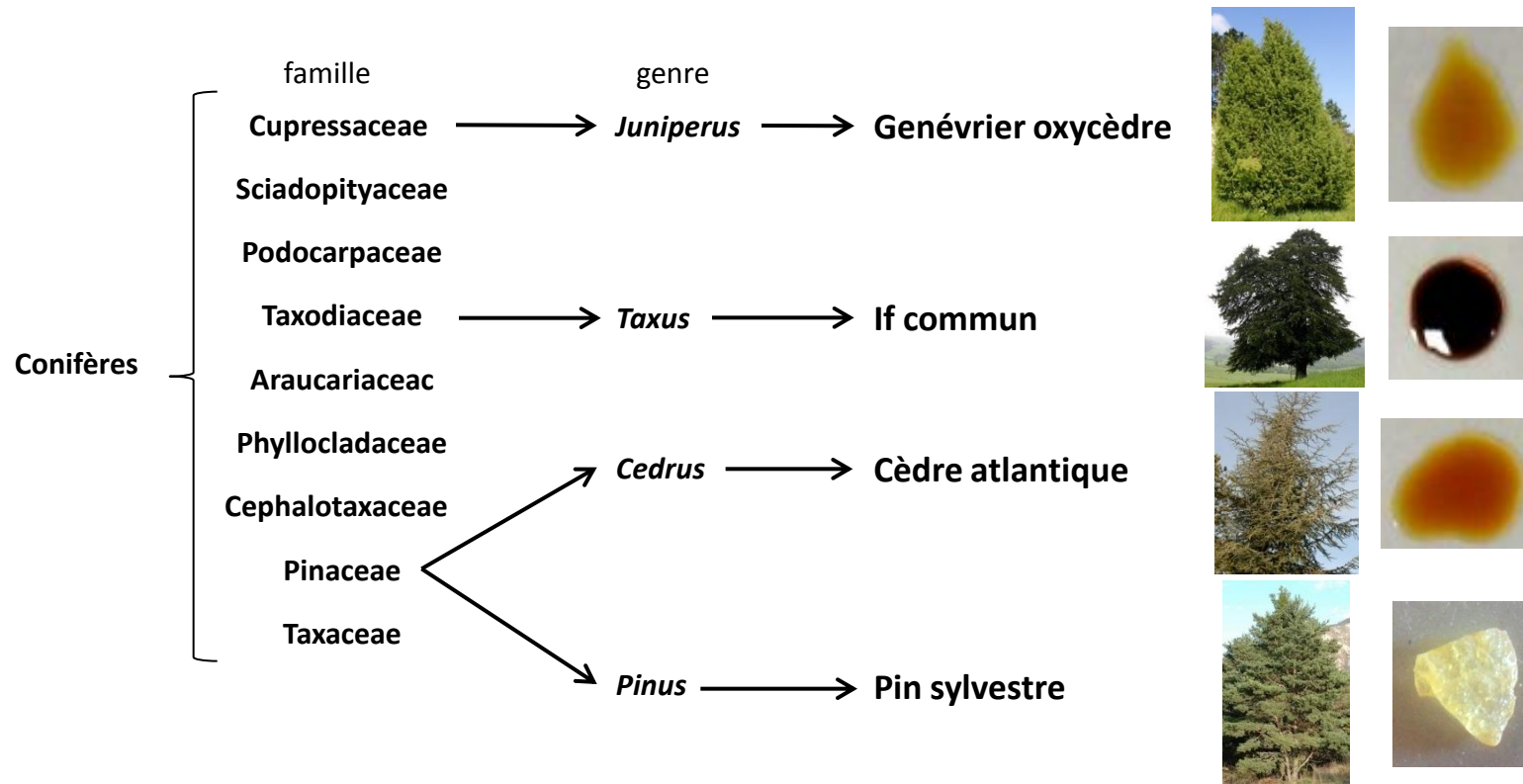
## Exsudats et goudrons de conifère



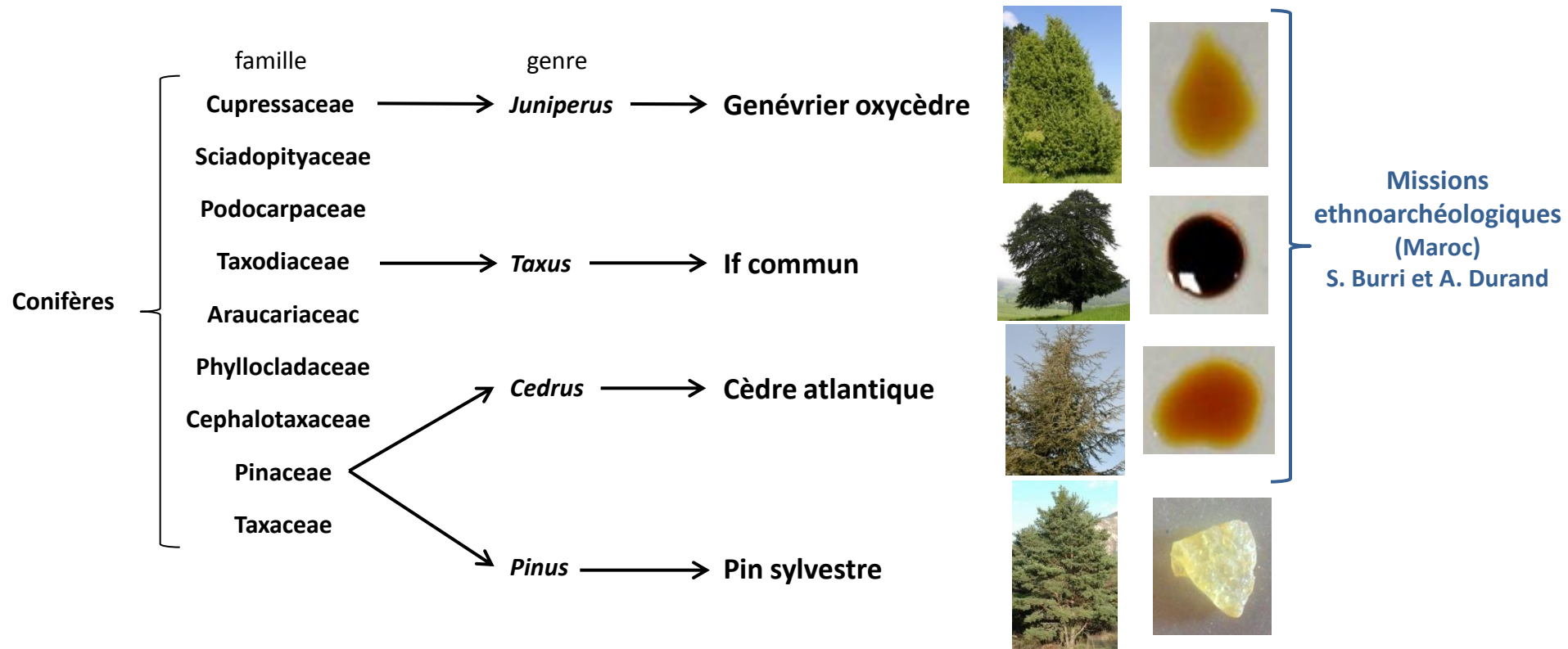
# Exsudats et goudrons de conifère



## Exsudats et goudrons de conifère



## Exsudats et goudrons de conifère

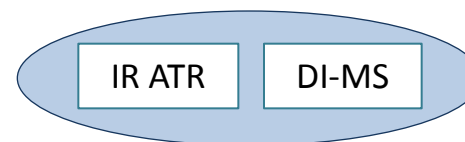


## Cadre méthodologique

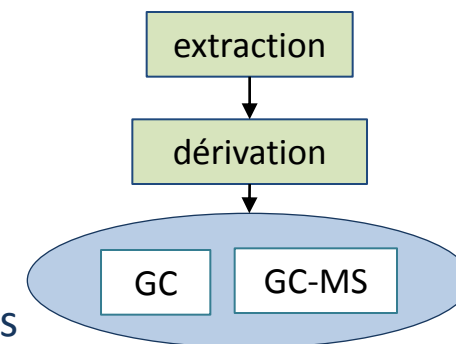
Exsudats de référence



Analyses  
globale



Analyses  
séparatives

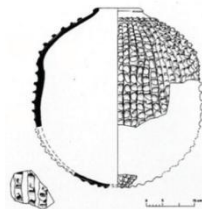
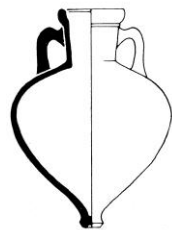
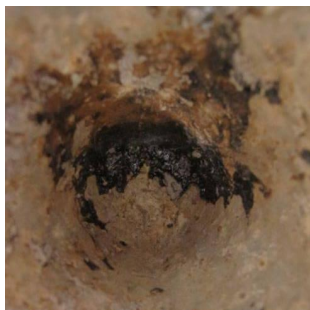


## Cadre méthodologique

### Exsudats de référence



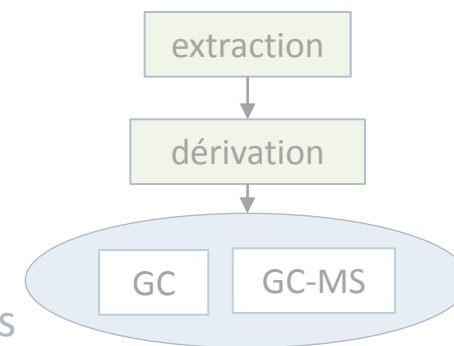
### Céramiques archéologiques



Analyses  
globale

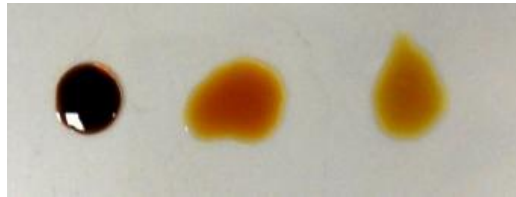


Analyses  
séparatives

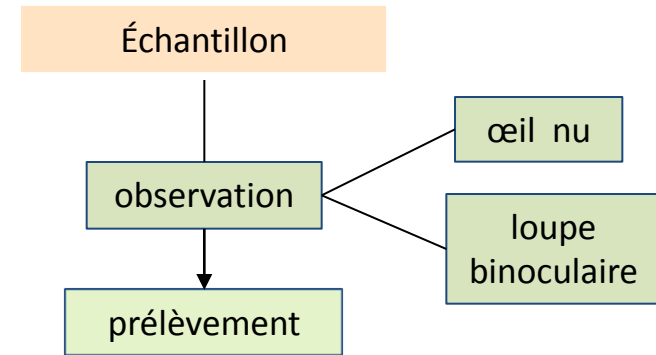
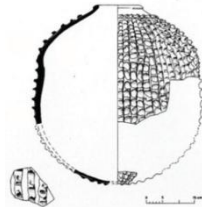
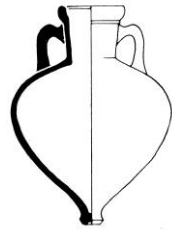
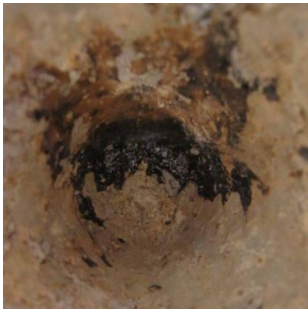


## Cadre méthodologique

Exsudats de référence



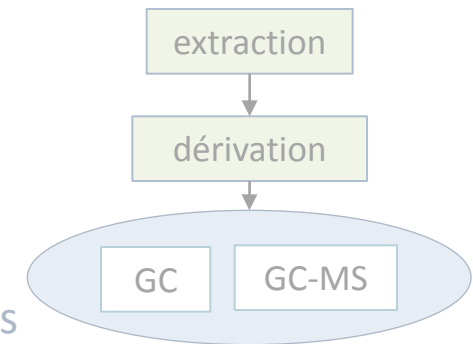
Céramiques archéologiques



Analyses globale



Analyses séparatives

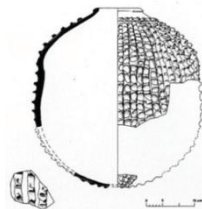
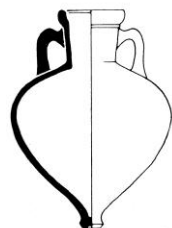


## Cadre méthodologique

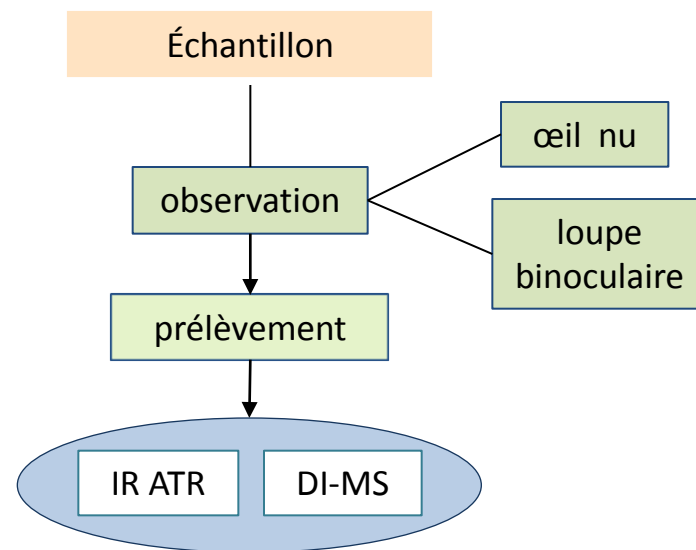
Exsudats de référence



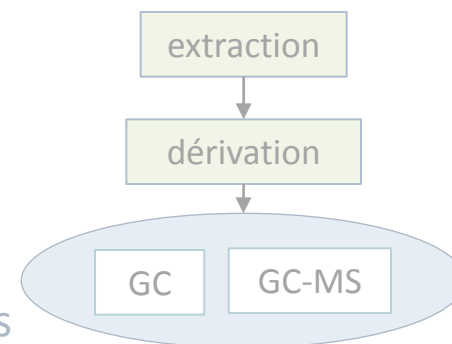
Céramiques archéologiques



Analyses globale



Analyses séparatives



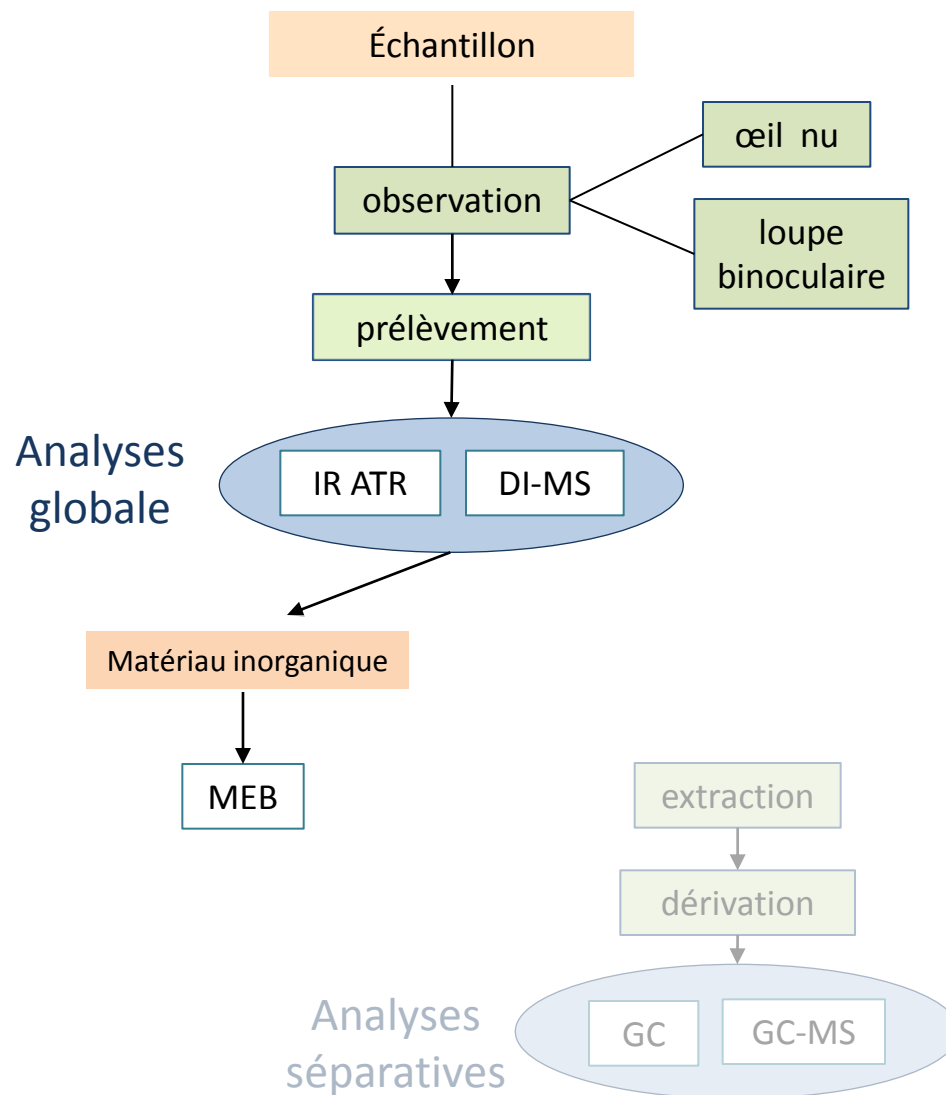
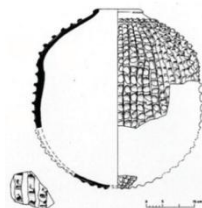
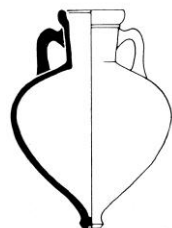


## Cadre méthodologique

Exsudats de référence



Céramiques archéologiques

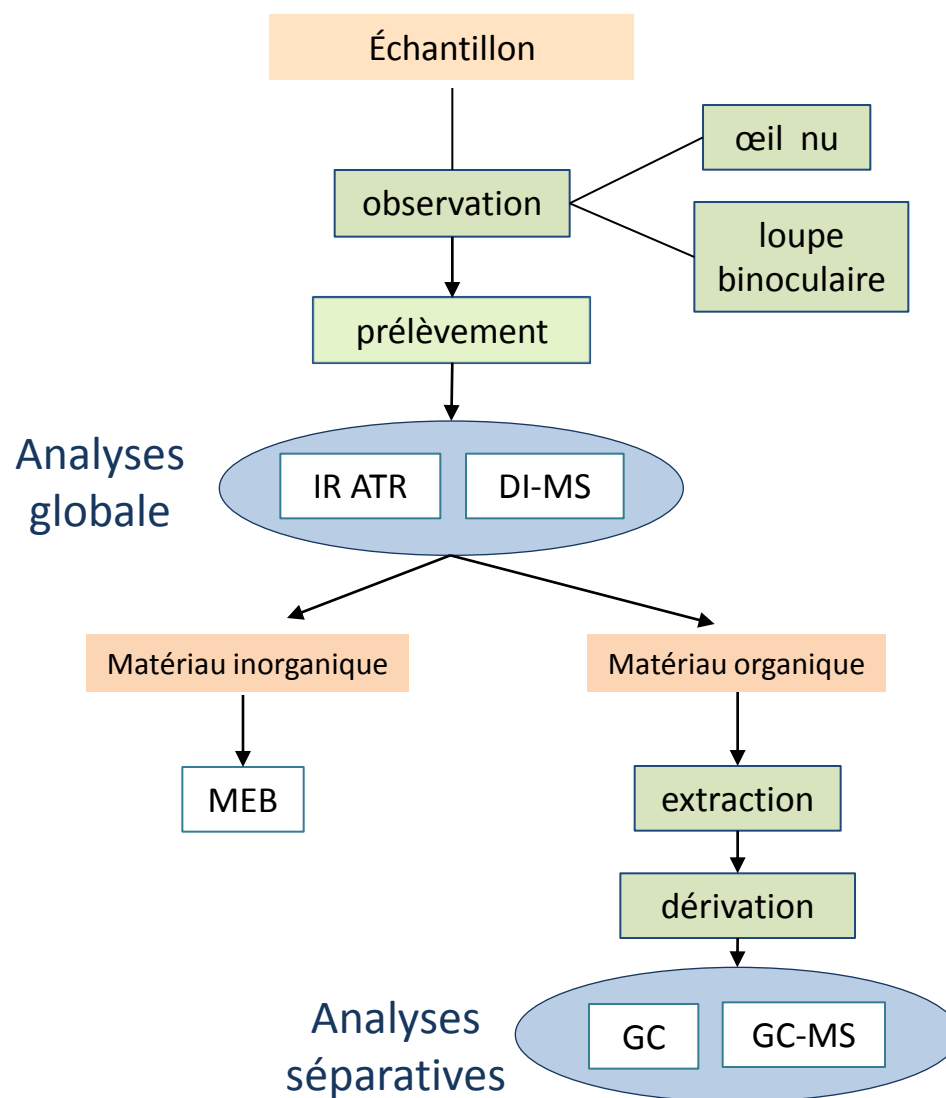
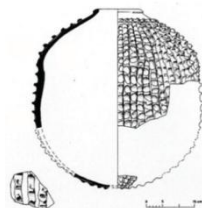
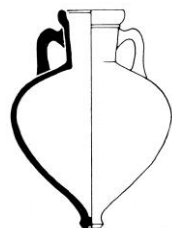


## Cadre méthodologique

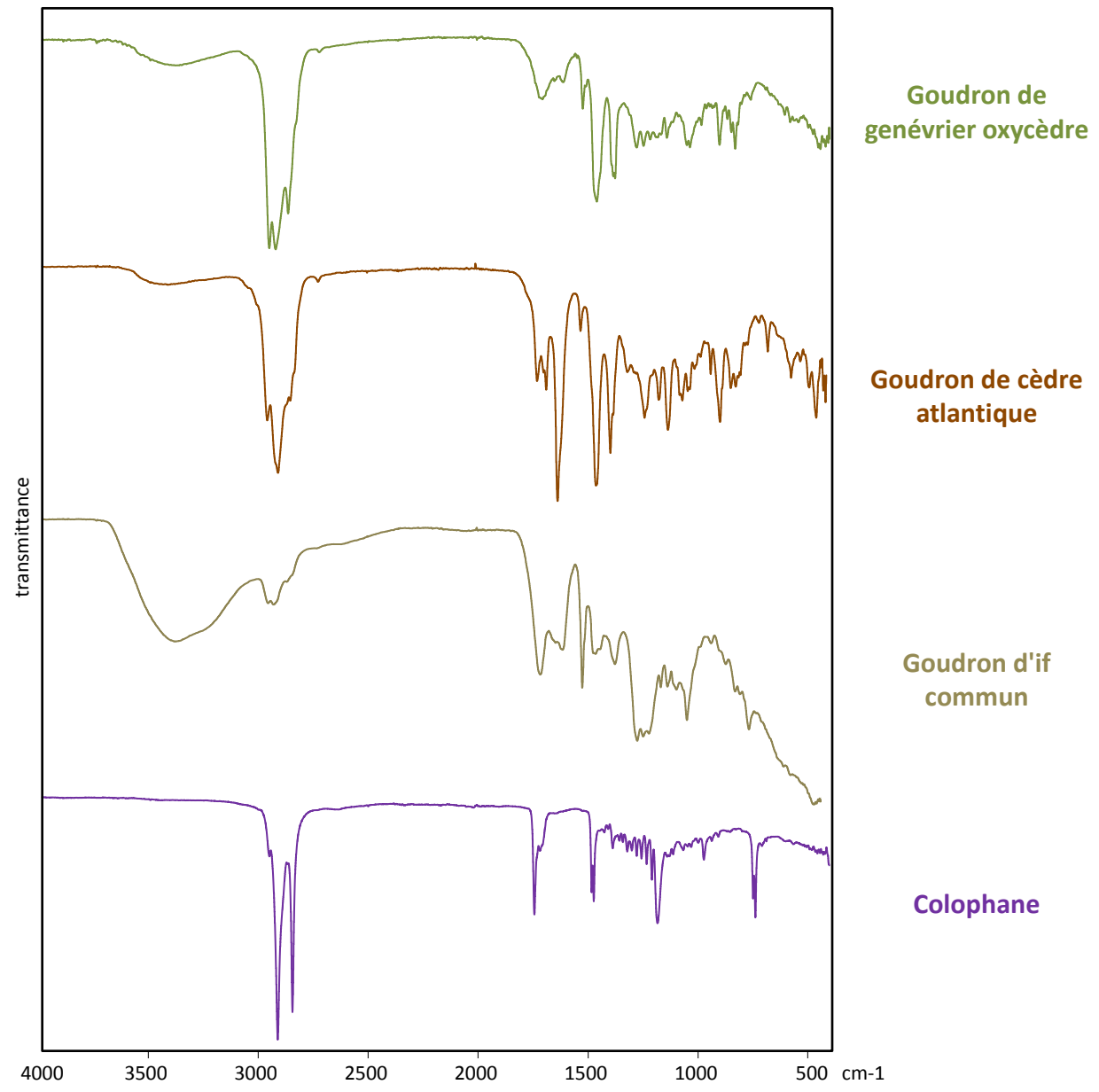
Exsudats de référence



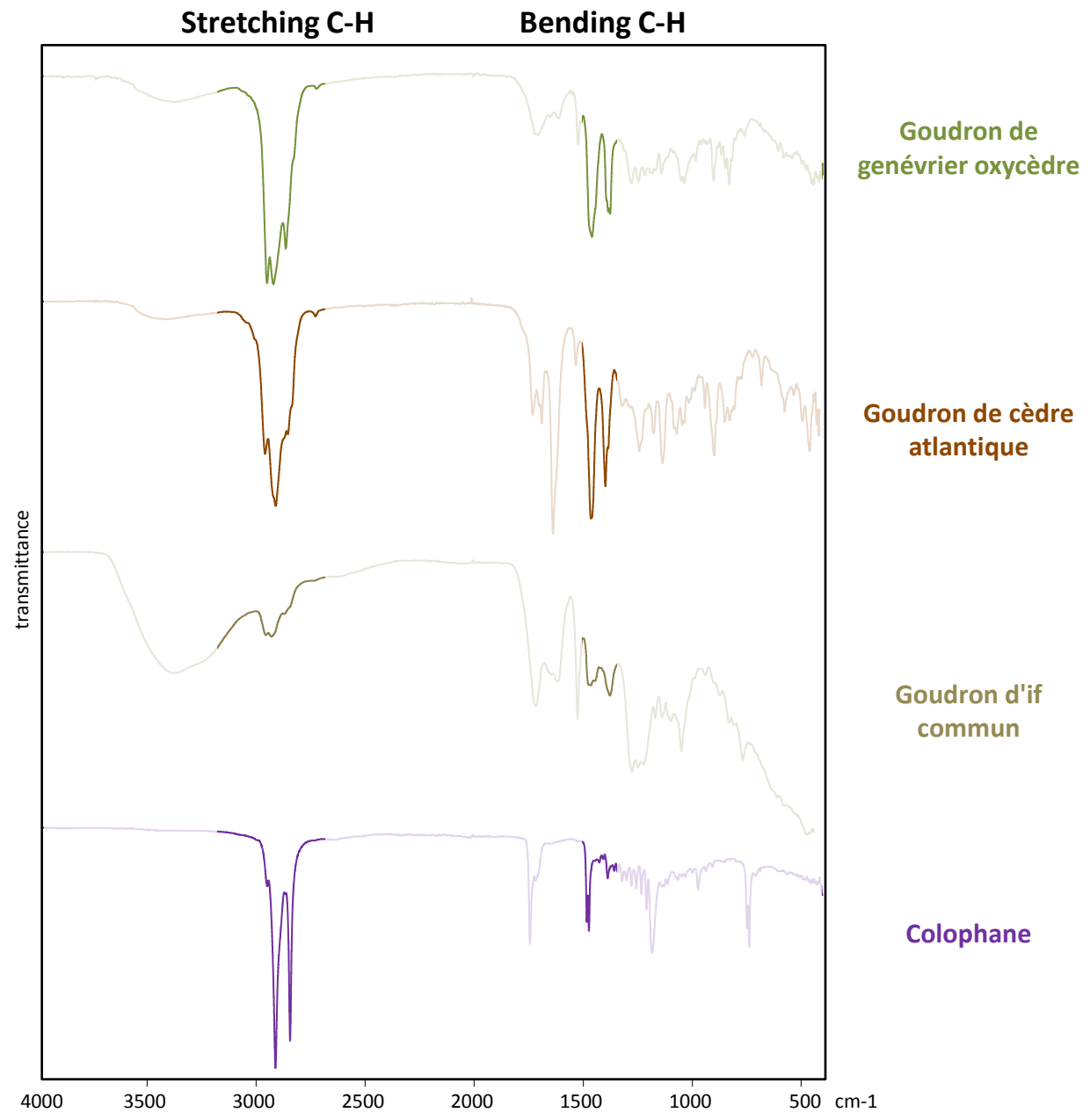
Céramiques archéologiques



# Analyses globales

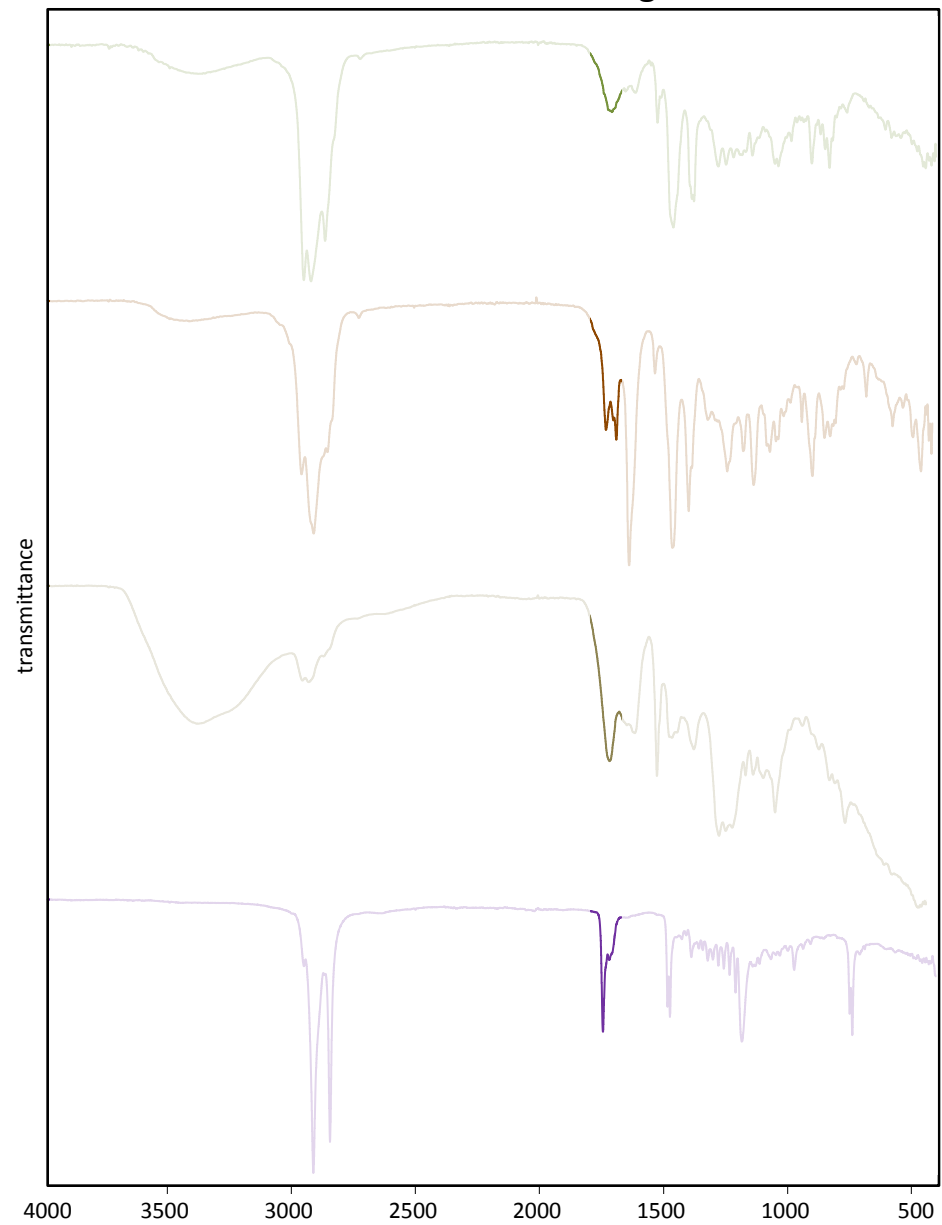


# Analyses globales



# Analyses globales

## Stretching C=O



Goudron de genévrier oxycèdre

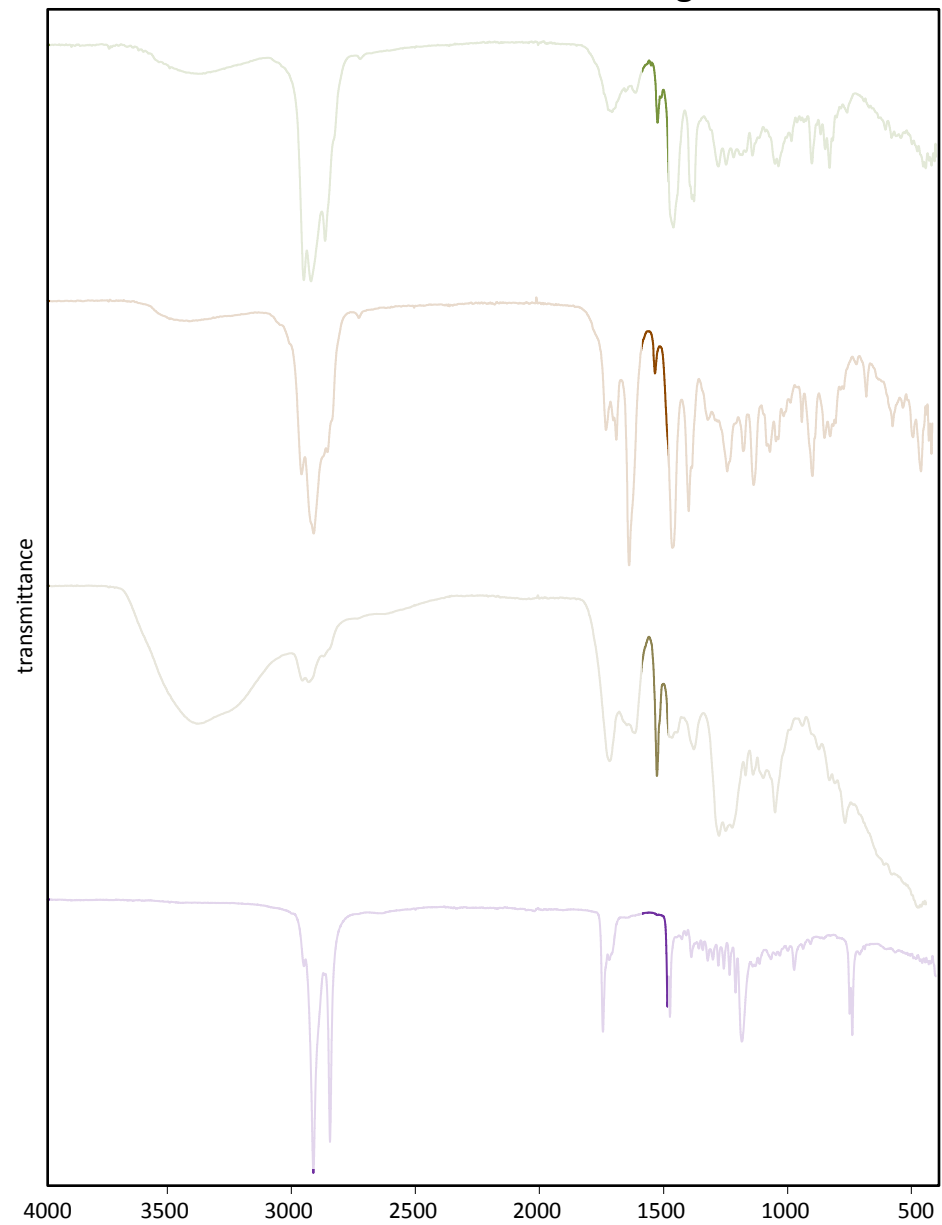
Goudron de cèdre atlantique

Goudron d'if commun

Colophane

# Analyses globales

## Stretching C=C



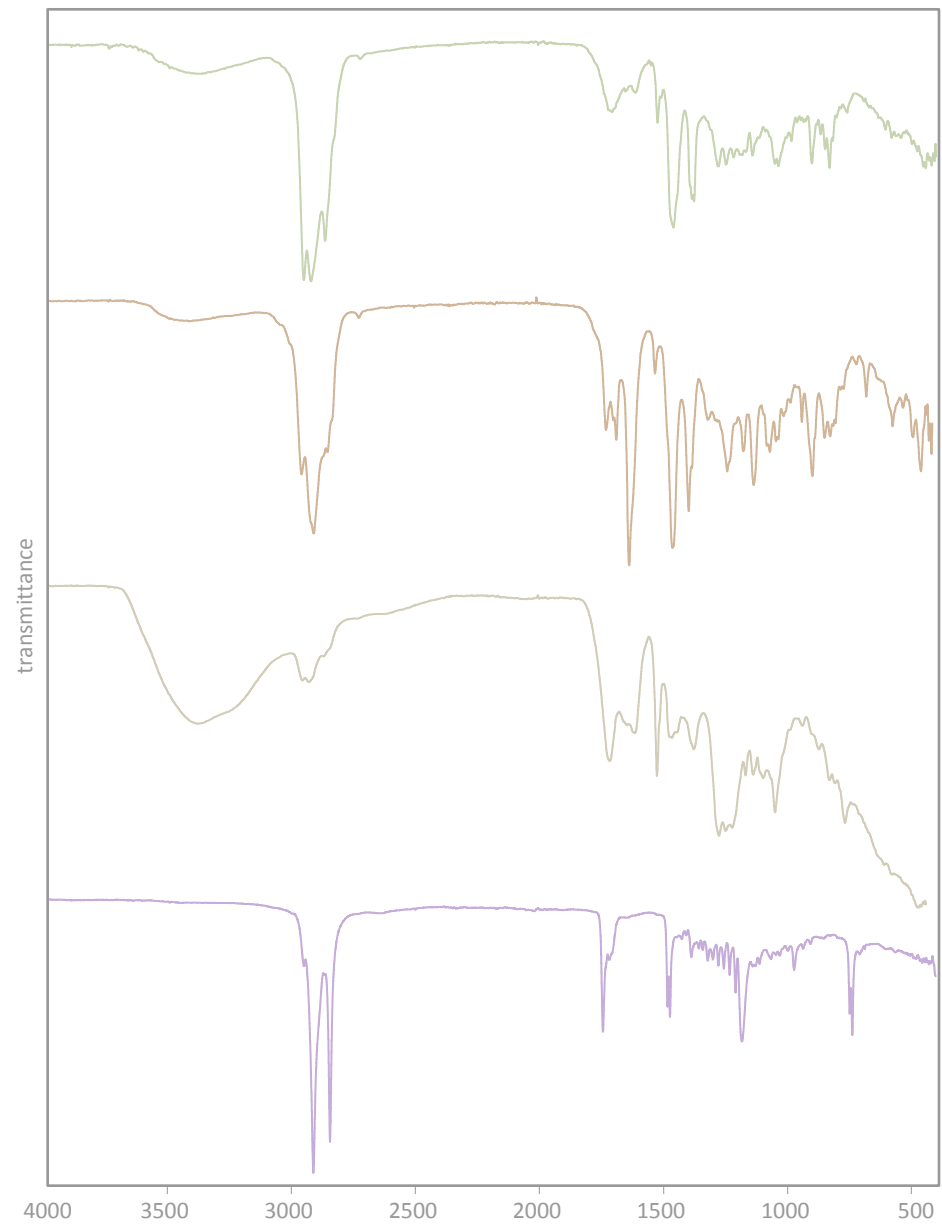
**Goudron de  
genévrier oxycèdre**

**Goudron de cèdre  
atlantique**

**Goudron d'if  
commun**

**Colophane**

# Analyses globales

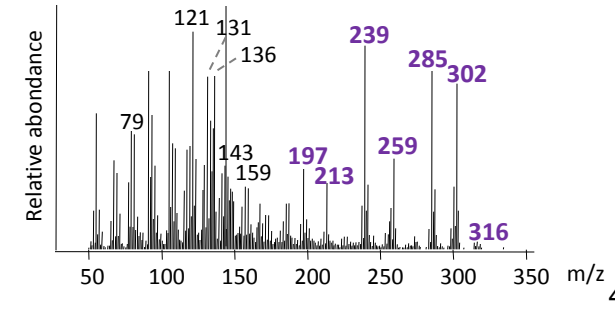
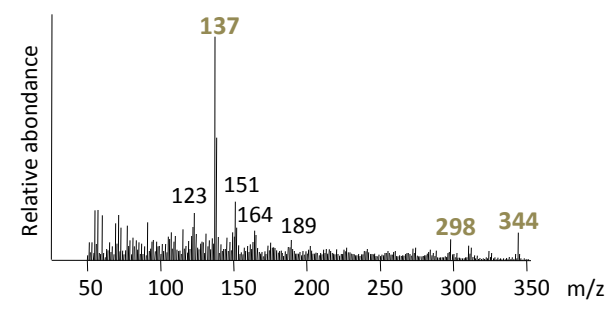
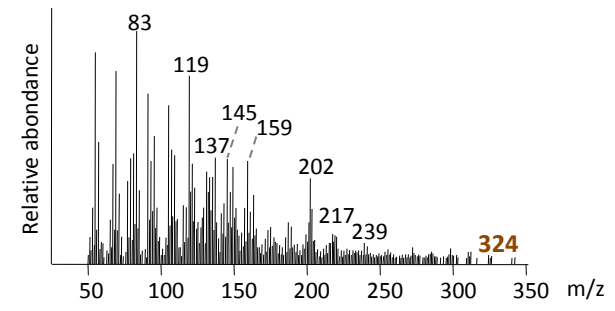
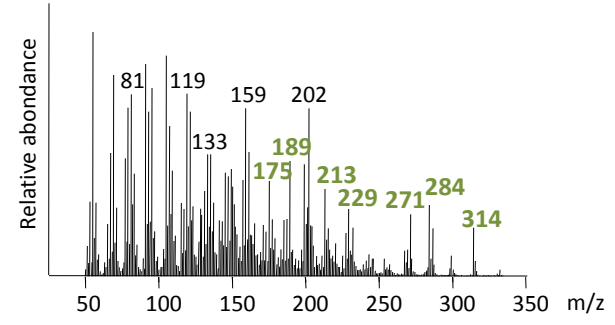


**Goudron de genévrier oxycèdre**

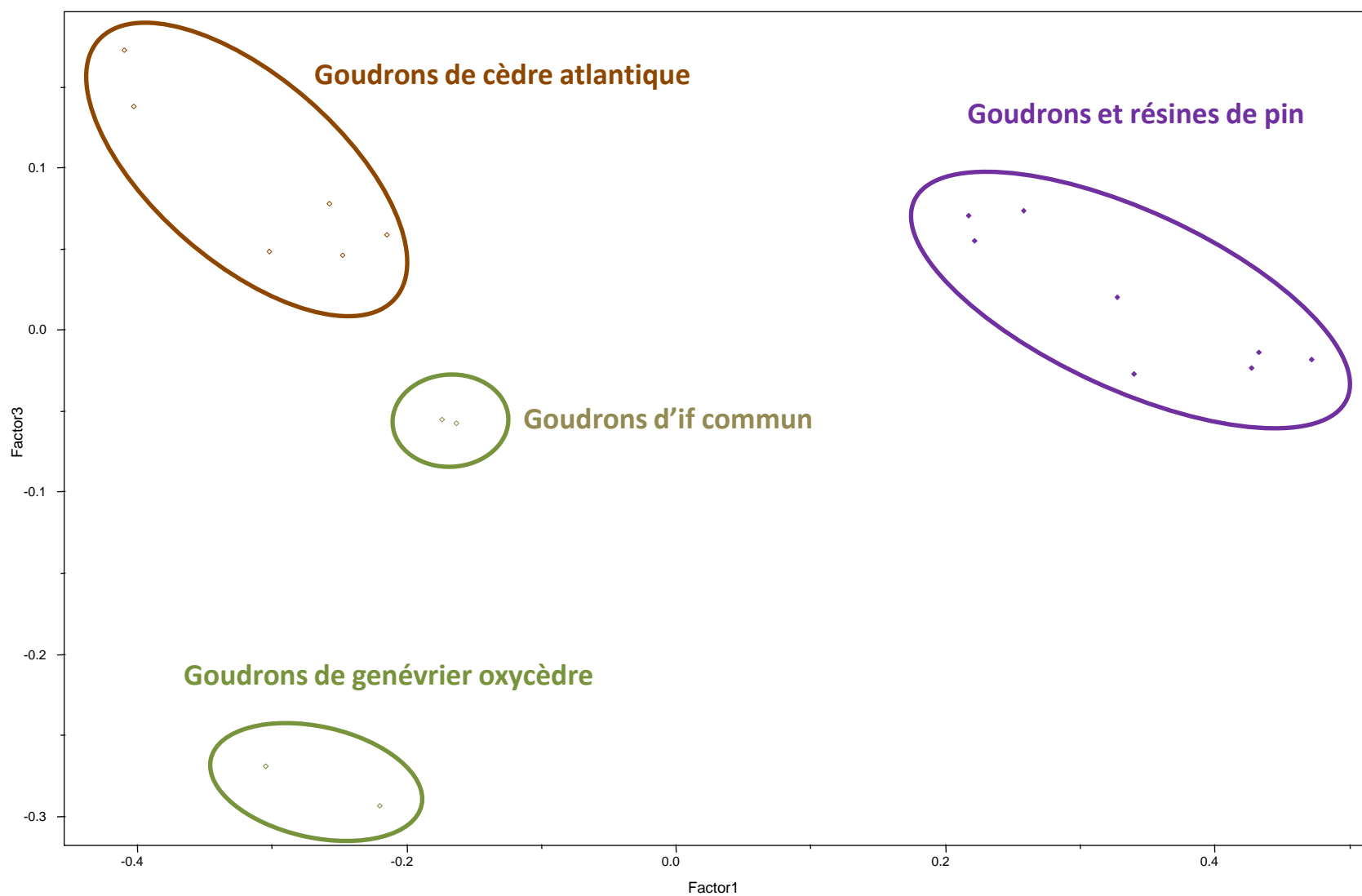
**Goudron de cèdre atlantique**

**Goudron d'if commun**

**Colophane**

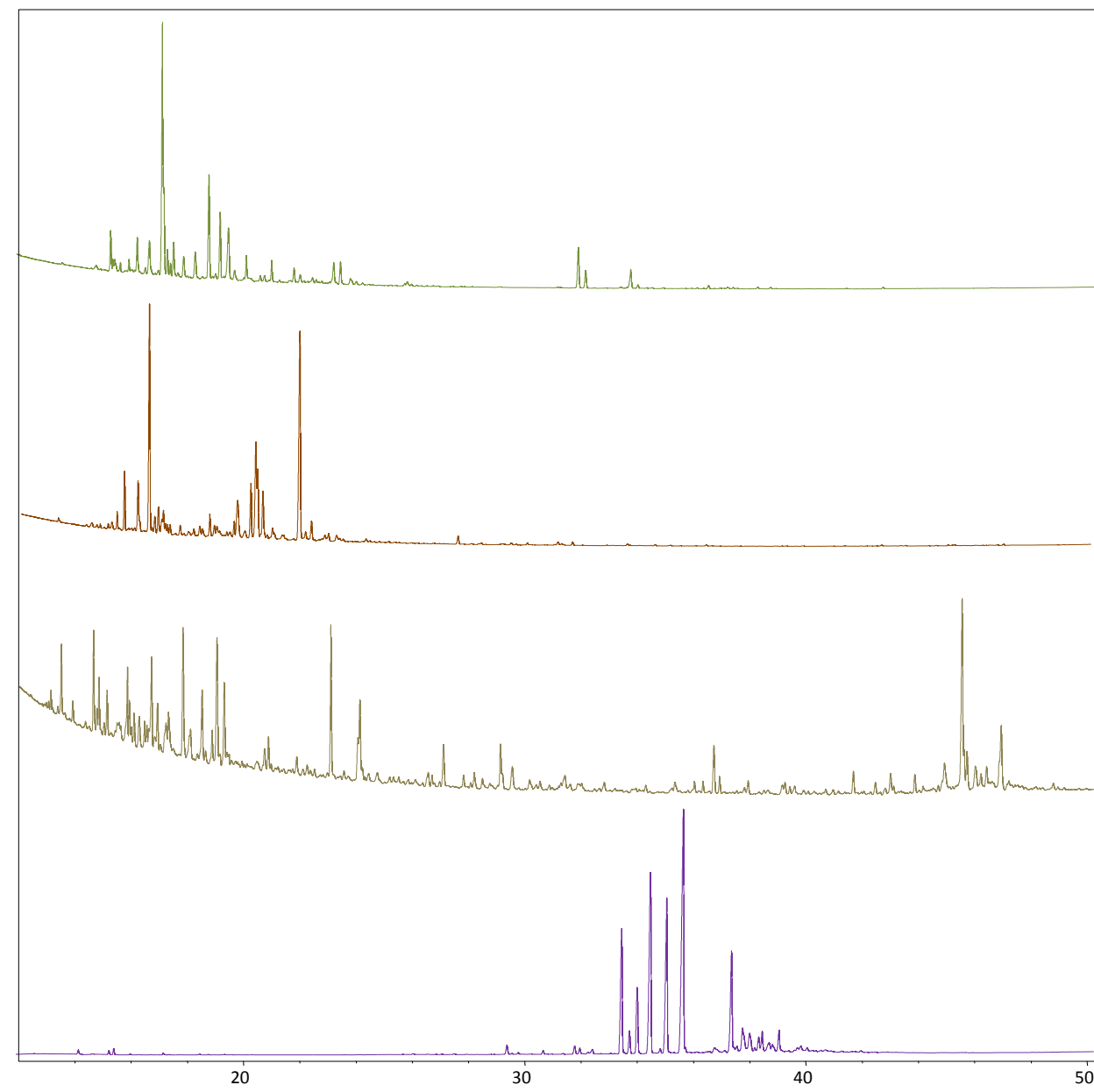


## Analyses globales





## Analyses séparatives



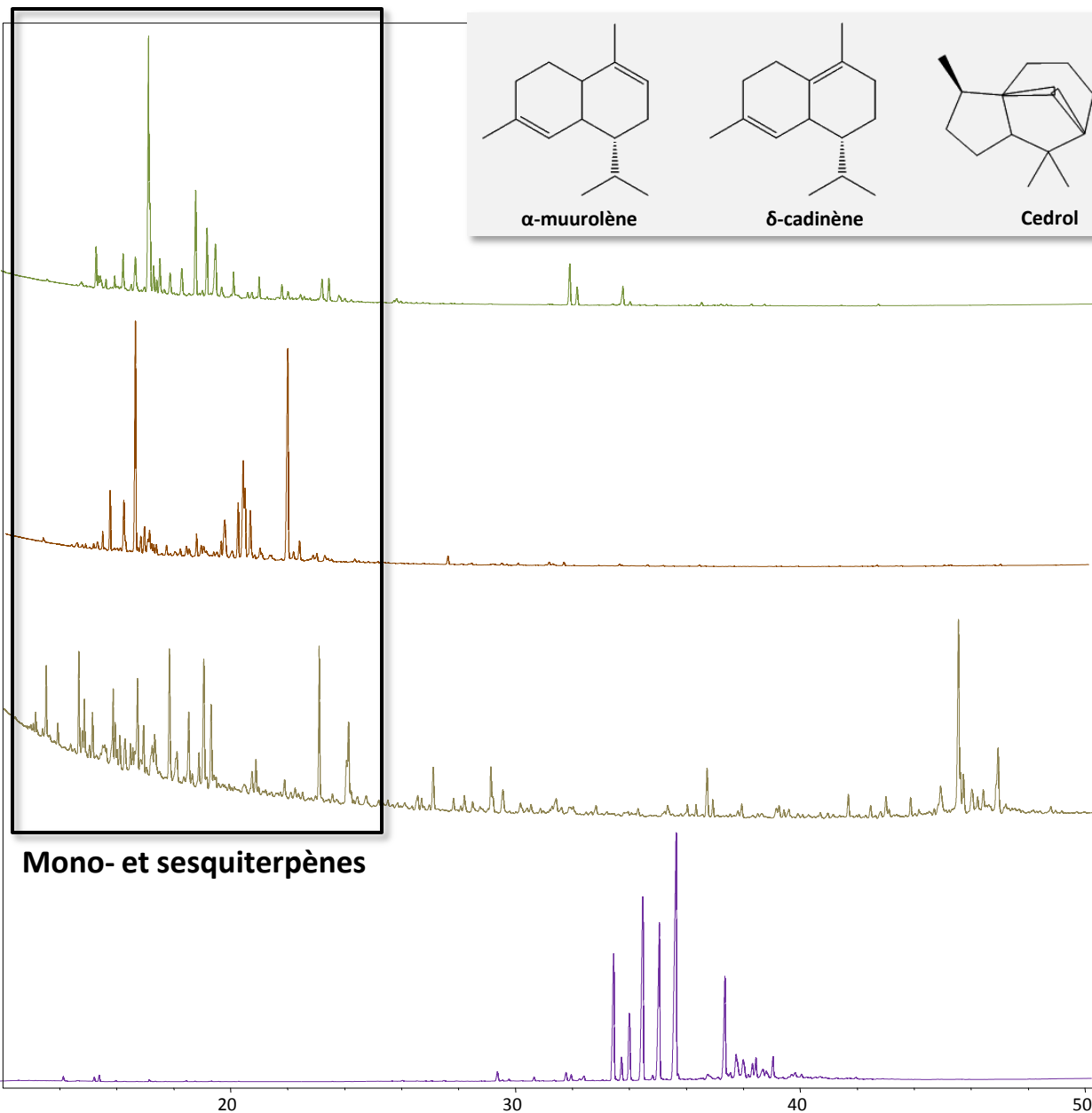
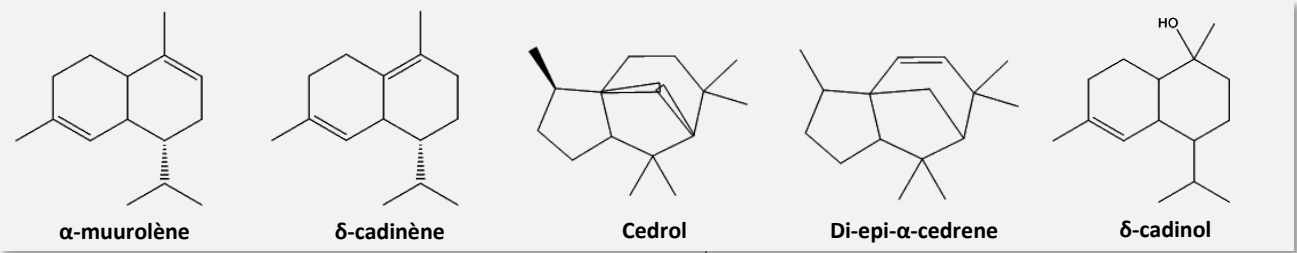
Goudron de genévrier oxycèdre

Goudron de cèdre atlantique

Goudron d'if commun

Colophane

## Analyses séparatives



Goudron de genévrier oxycèdre

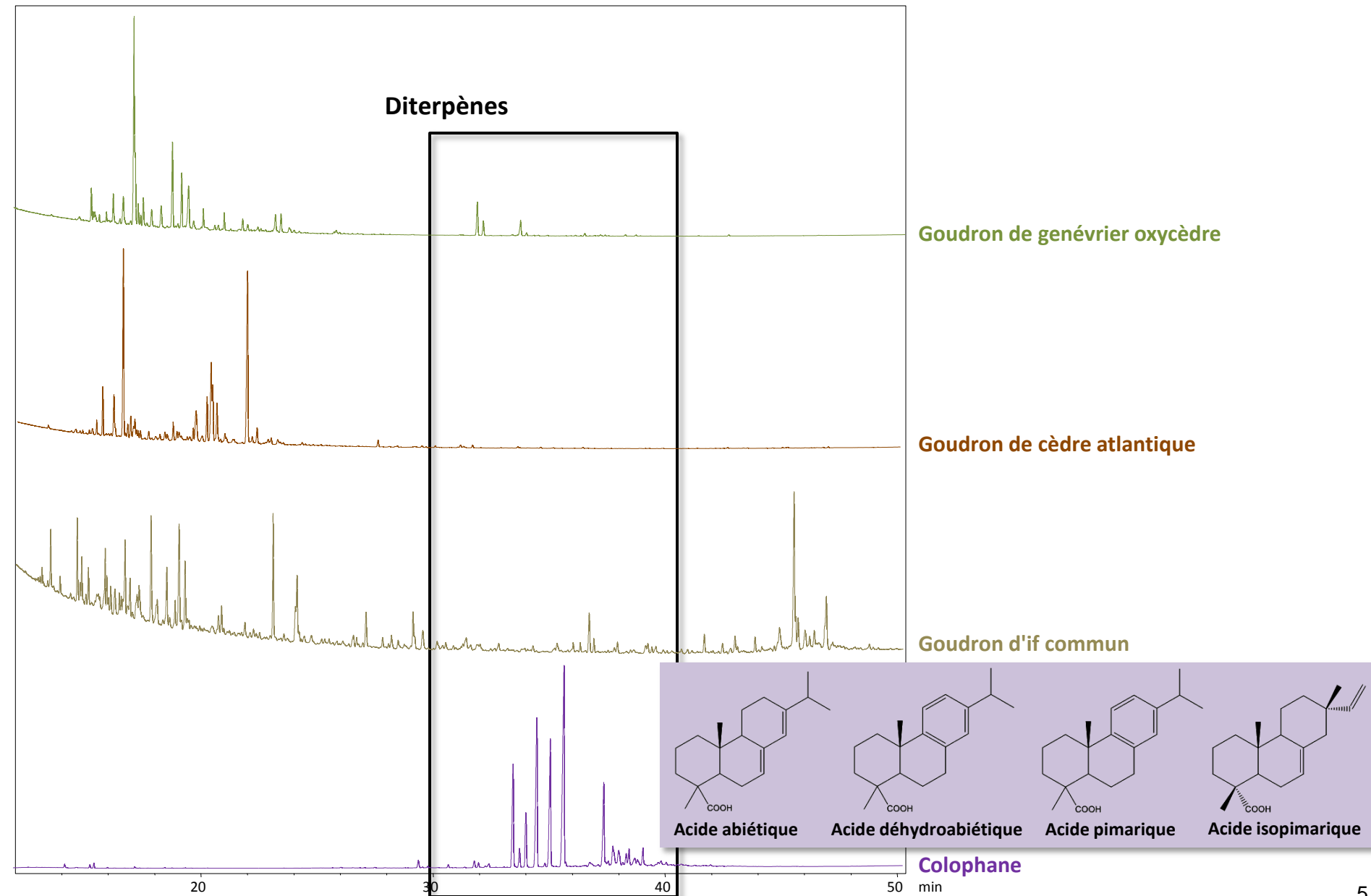
Goudron de cèdre atlantique

Goudron d'if commun

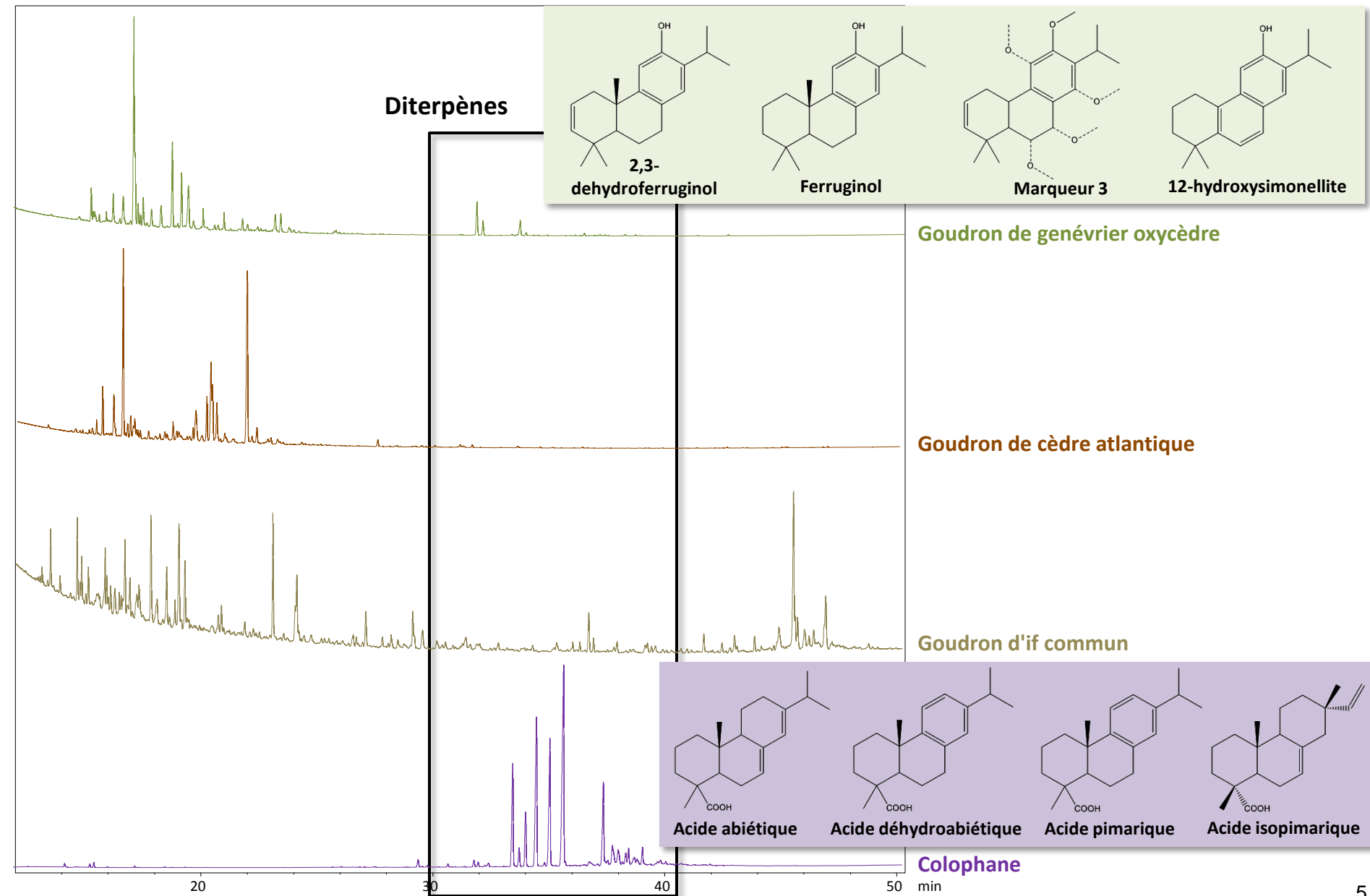
Colophane

**Mono- et sesquiterpènes**

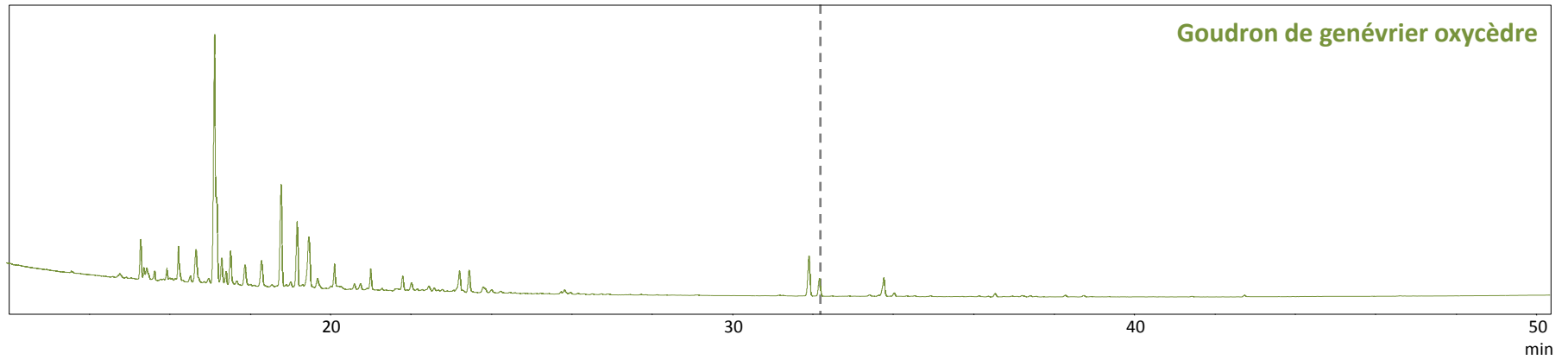
## Analyses séparatives



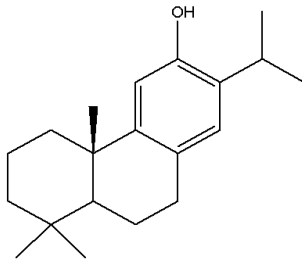
## Analyses séparatives



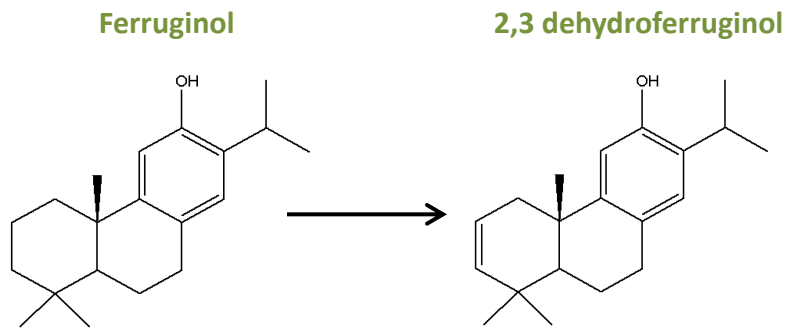
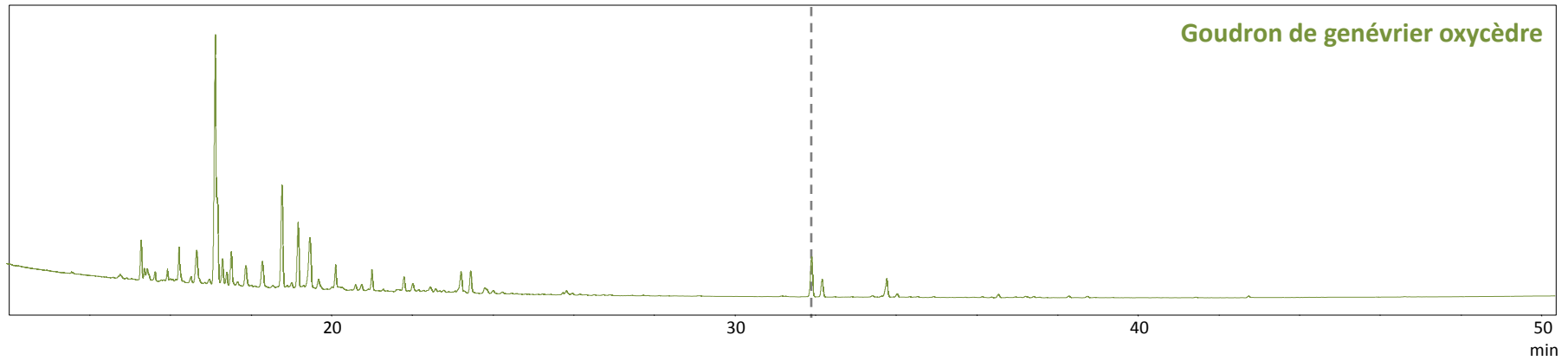
## Formation des marqueurs de dégradation



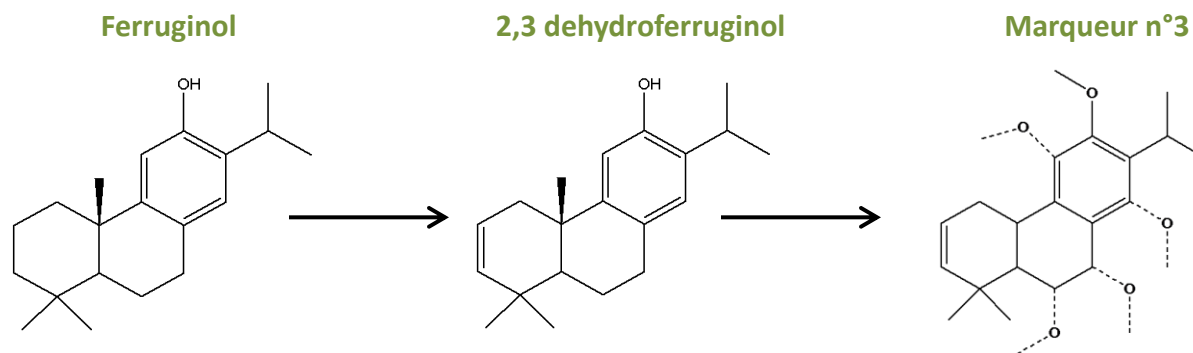
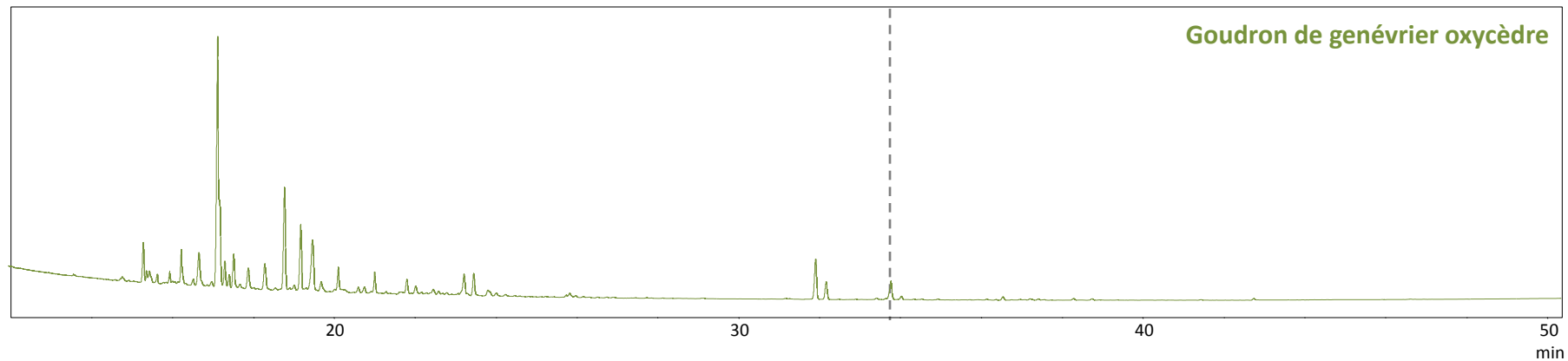
Ferruginol



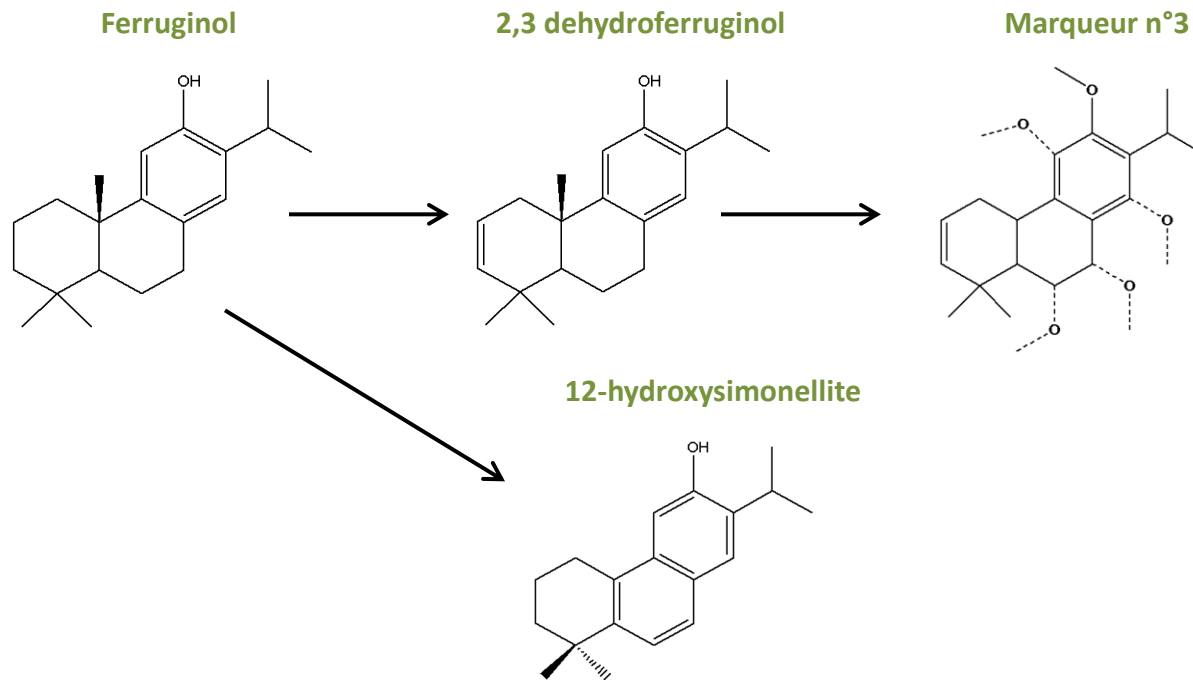
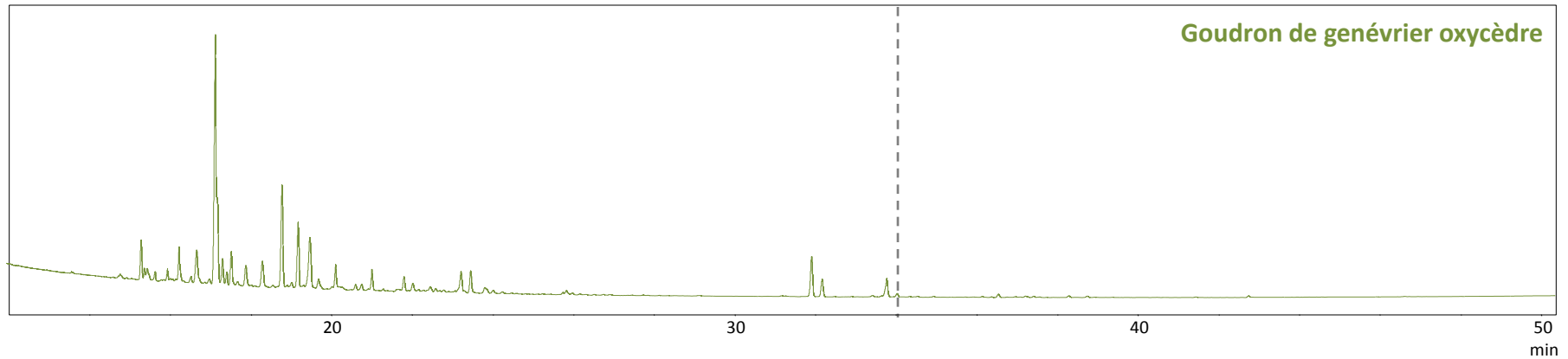
## Formation des marqueurs de dégradation



## Formation des marqueurs de dégradation

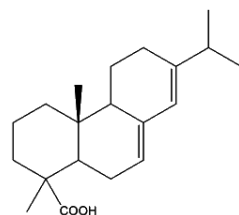


## Formation des marqueurs de dégradation

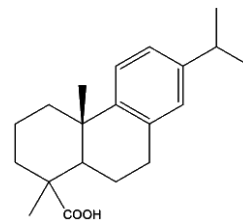




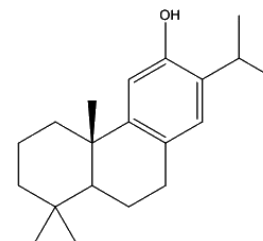
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre



Cèdre atlantique



If commun

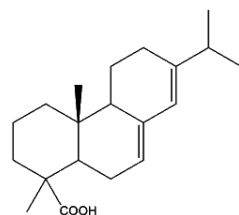


Pin sylvestre

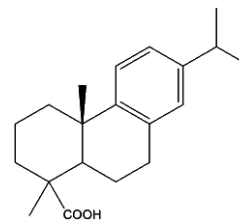
**molécules volatiles**

Faible probabilité  
d'identification en contexte  
archéologique

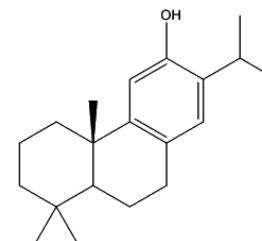
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre



Cèdre atlantique



If commun

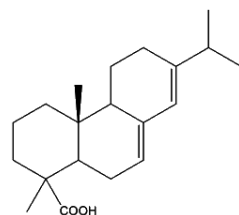


Pin sylvestre

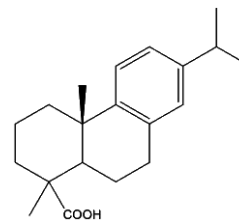
**dérivés phénoliques**

Non caractéristiques

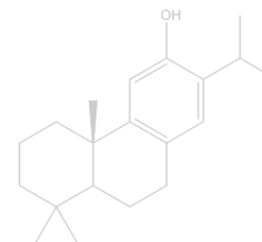
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre

✗

✗

✓

Cèdre atlantique

✗

✗

✗

If commun

✗

✗

✗

Pin sylvestre

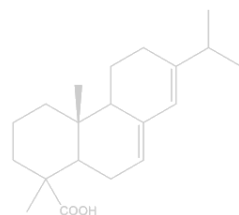
✓

✓

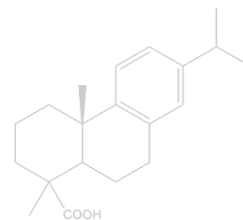
✗

~~conifère~~ → *Pinus*

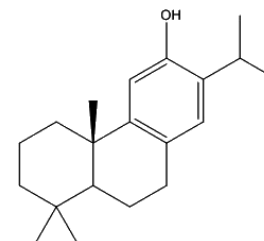
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre

*Cupressaceae*

Cèdre atlantique



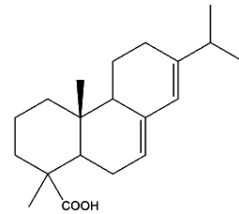
If commun



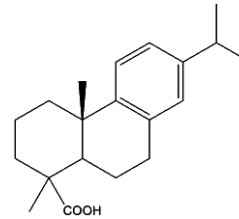
Pin sylvestre



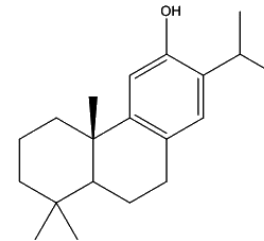
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre

✗

✗

✓

Cèdre atlantique

✗

✗

✗

If commun

✗

✗

✗

Pin sylvestre

✓

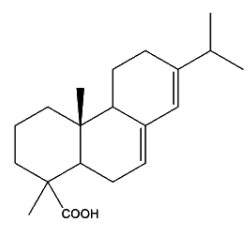
✓

✗

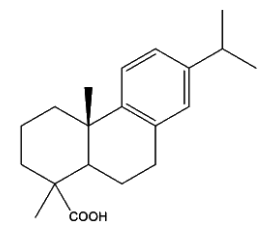
## Marqueurs anthropiques : traitement thermique



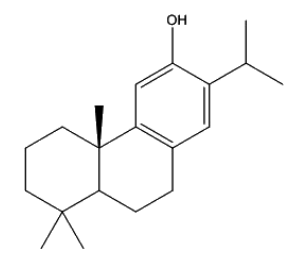
## Biomarqueurs



Acide abiétique



Acide pimarique



Ferruginol

Genévrier oxycèdre

✗

✗

✓

Cèdre atlantique

✗

✗

✗

If commun

✗

✗

✗

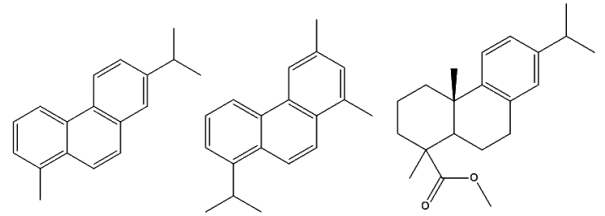
Pin sylvestre

✓

✓

✗

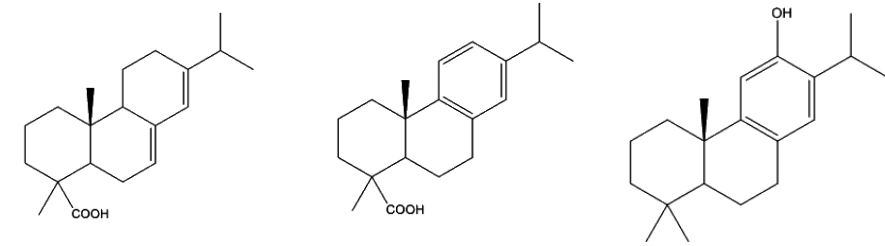
Marqueurs anthropiques : traitement thermique



Poix



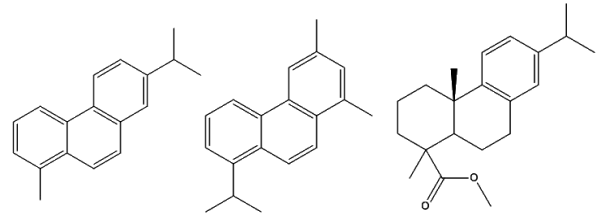
# Biomarqueurs



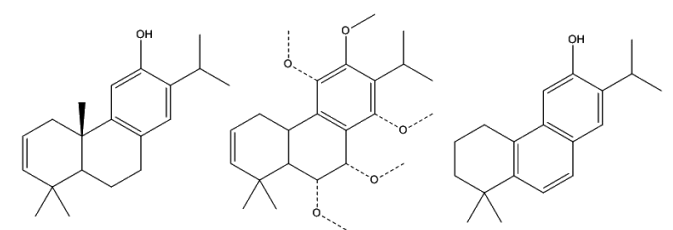
- Genévrier oxycèdre
- Cèdre atlantique
- If commun
- Pin sylvestre

	Acide abiétique	Acide pimarique	Ferruginol
Genévrier oxycèdre	✗	✗	✓
Cèdre atlantique	✗	✗	✗
If commun	✗	✗	✗
Pin sylvestre	✓	✓	✗

## Marqueurs anthropiques : traitement thermique



**Poix**



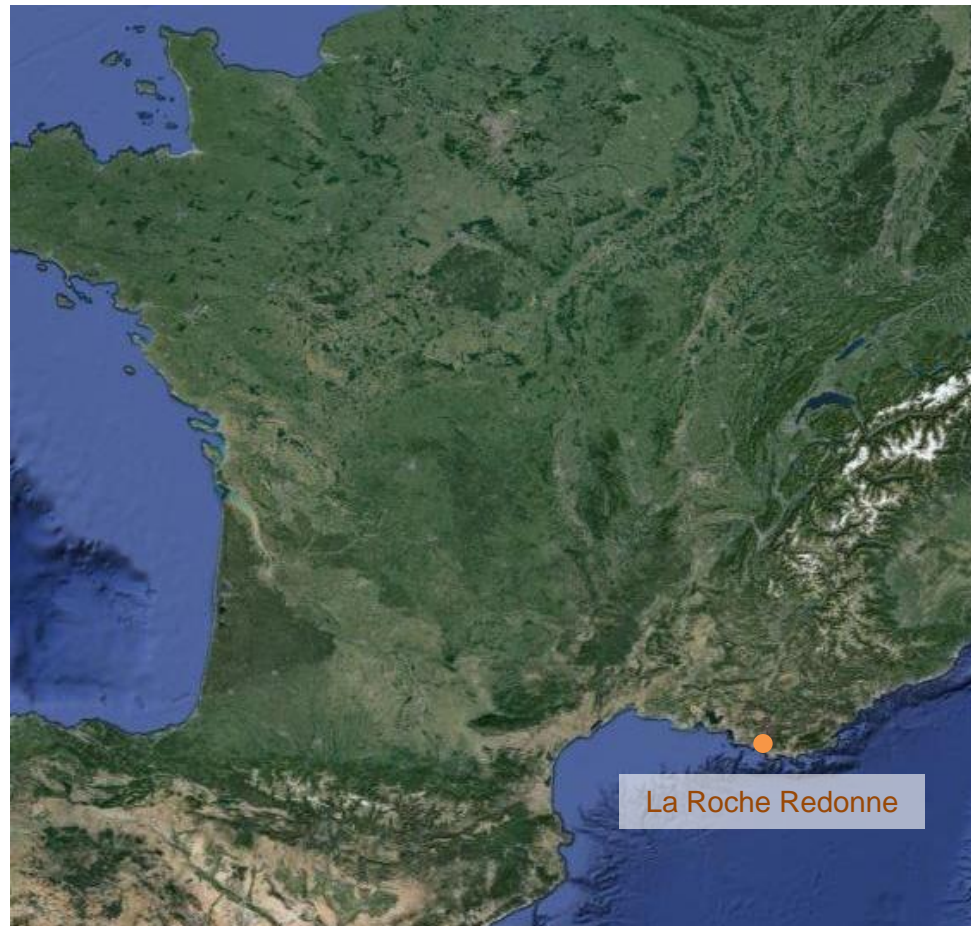
**Huile de cade**

## Sites archéologiques





## Sites archéologiques



## Sites archéologiques



## La Roche Redonne

Var, Moyen Âge (seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle)

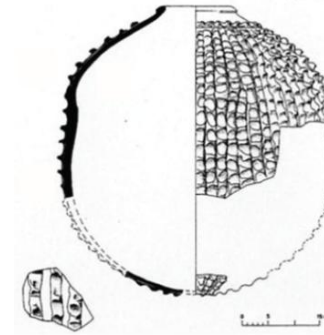
2009-2010 (dir. S. Burri)



Fosse FO3 après la fouille



Foyer FY 3 après la fouille



Exemple de jarre à cordons pincés (dans S. Burri, 2010, d'après Démians d'Archimbaud, 1980, 135)

## La Roche Redonne

Var, Moyen Âge (seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle)

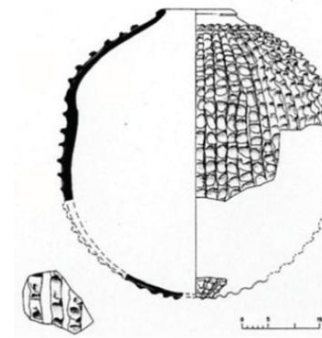
2009-2010 (dir. S. Burri)



Fosse FO3 après la fouille

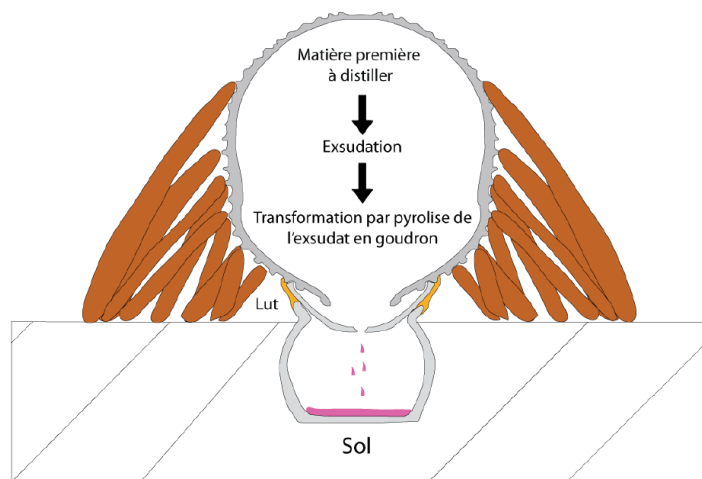


Foyer FY 3 après la fouille



Exemple de jarre à cordons pincés (dans S. Burri, 2010, d'après Démians d'Archimbaud, 1980, 135)

### → Production de goudrons végétaux :



Tentative de restitution du procédé technique de distillation per descensum utilisé sur le site médiéval de la Roche Redonne, dans S. Burri, 2011

## La Roche Redonne

Var, Moyen Âge (seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle)

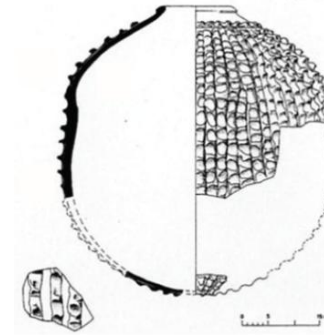
2009-2010 (dir. S. Burri)



Fosse FO3 après la fouille

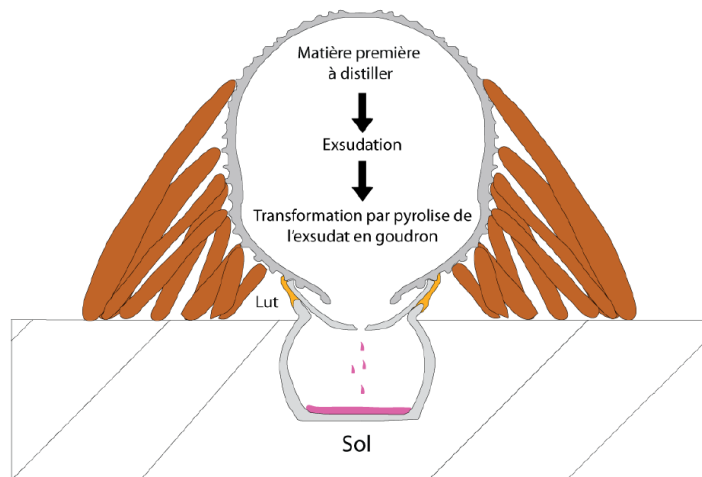


Foyer FY 3 après la fouille



Exemple de jarre à cordons pincés (dans S. Burri, 2010, d'après Démians d'Archimbaud, 1980, 135)

### → Production de goudrons végétaux :



Tentative de restitution du procédé technique de distillation per descensum utilisé sur le site médiéval de la Roche Redonne, dans S. Burri, 2011

### Sources historiques

Provence, dès le XIII<sup>e</sup> siècle

- poix
- huile de cade

Production et commerce

### Végétation actuelle :



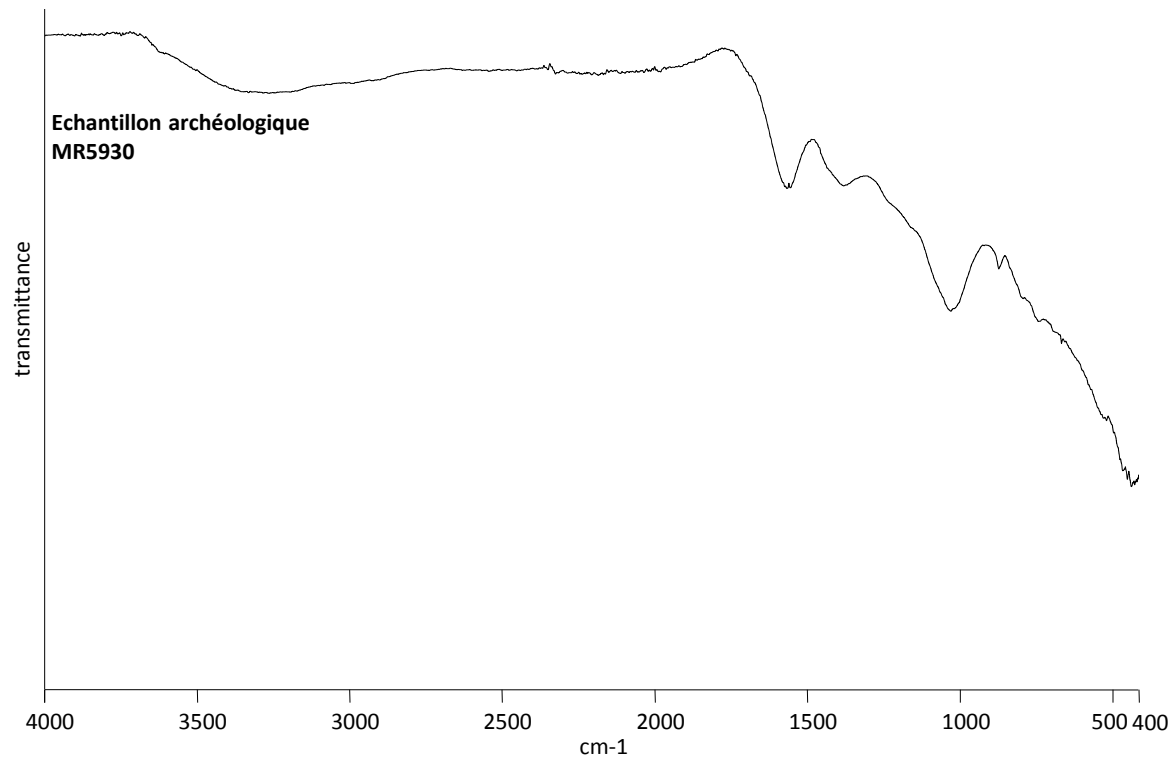
Pin sylvestre



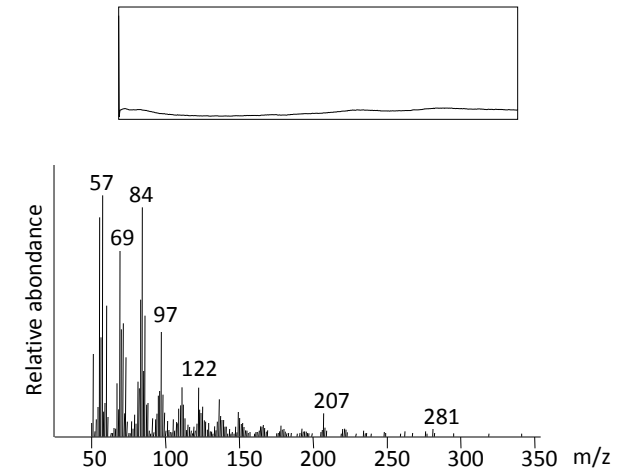
Genévrier oxycedre

➔ Production de poix ou d'huile de cade ?

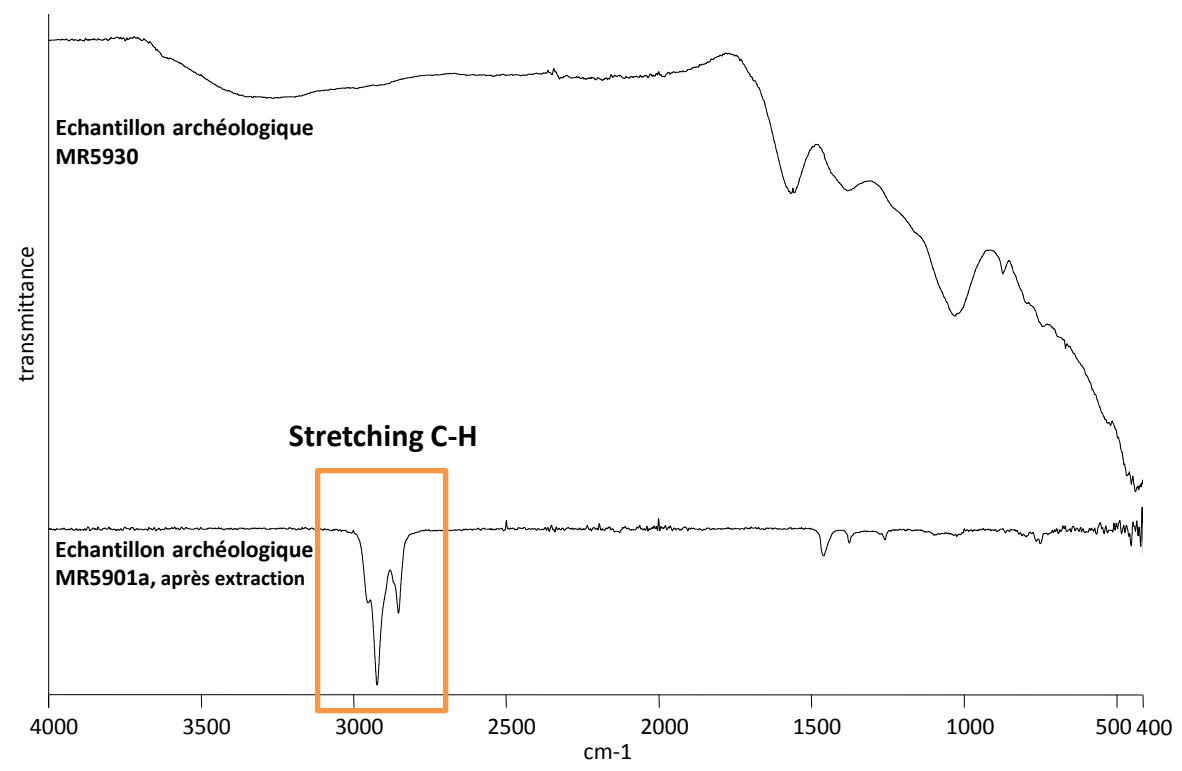
## Analyses globales



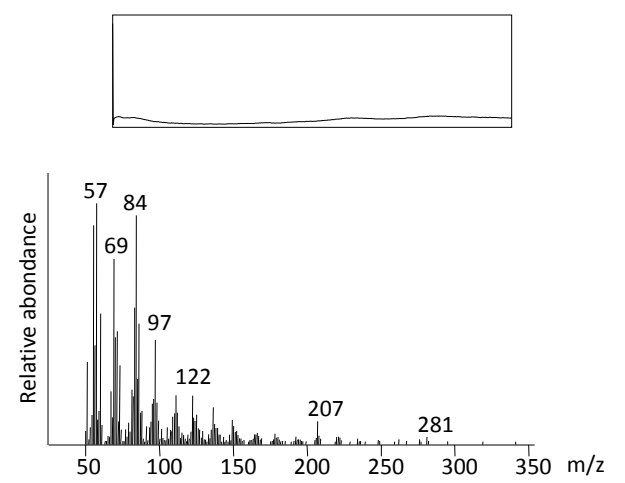
Echantillon archéologique MR2821



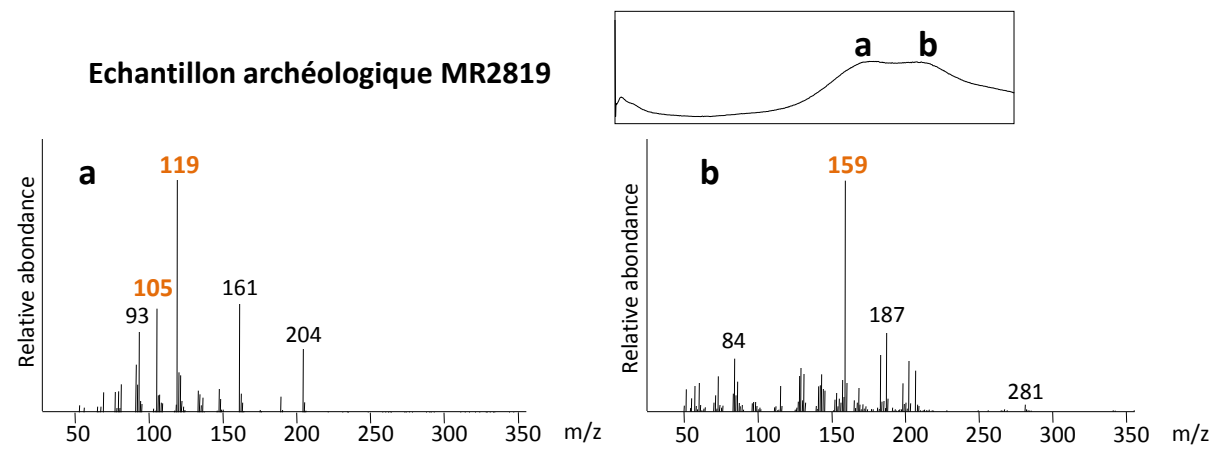
# Analyses globales



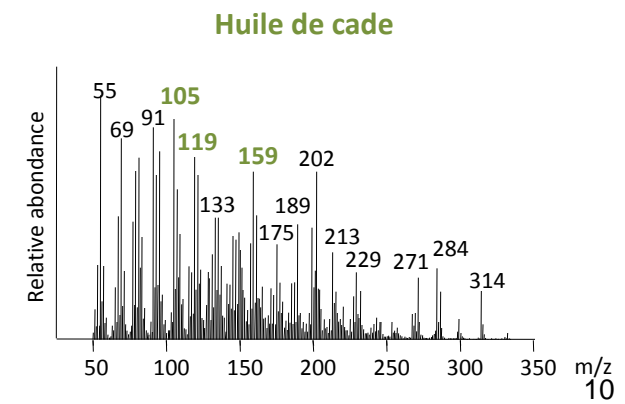
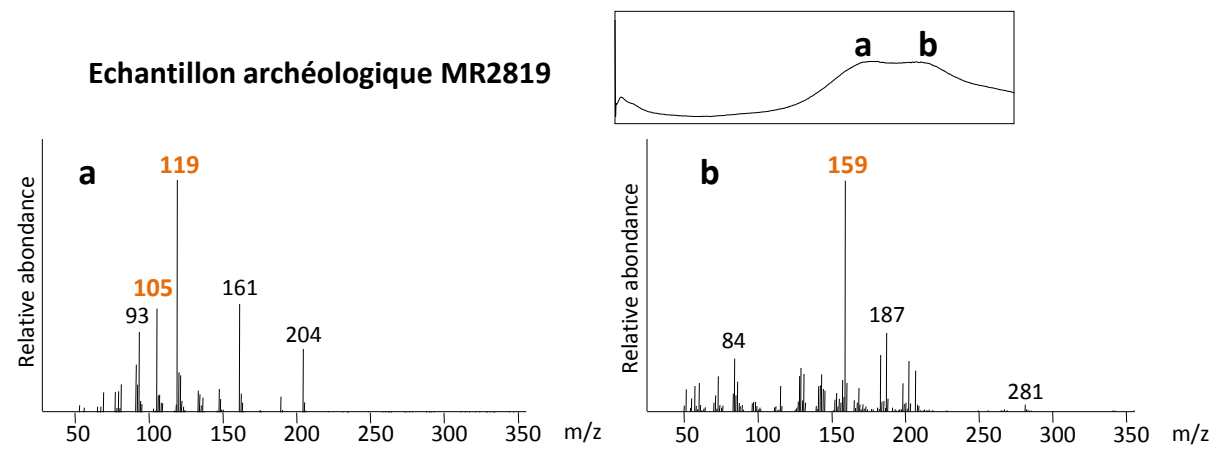
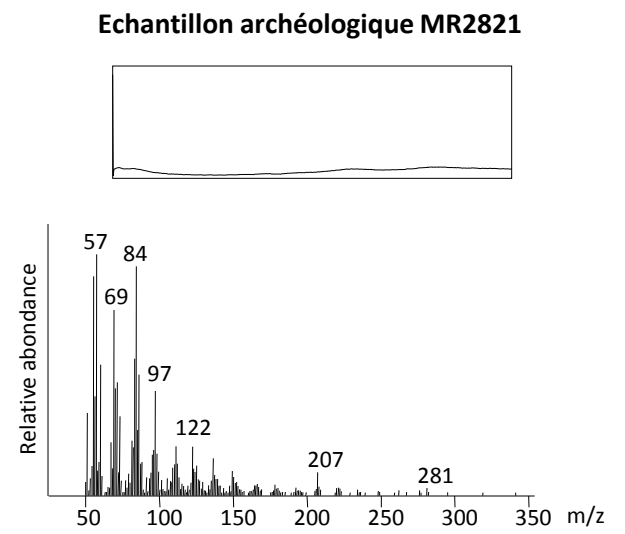
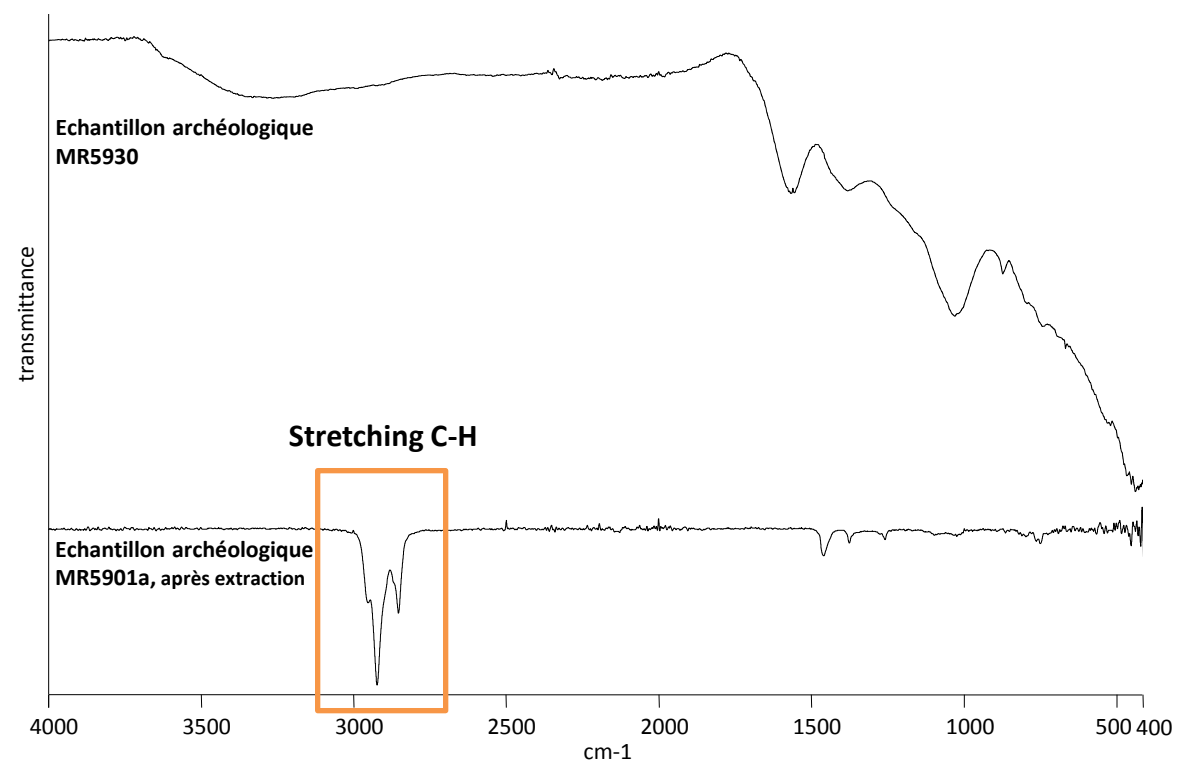
Echantillon archéologique MR2821



Echantillon archéologique MR2819

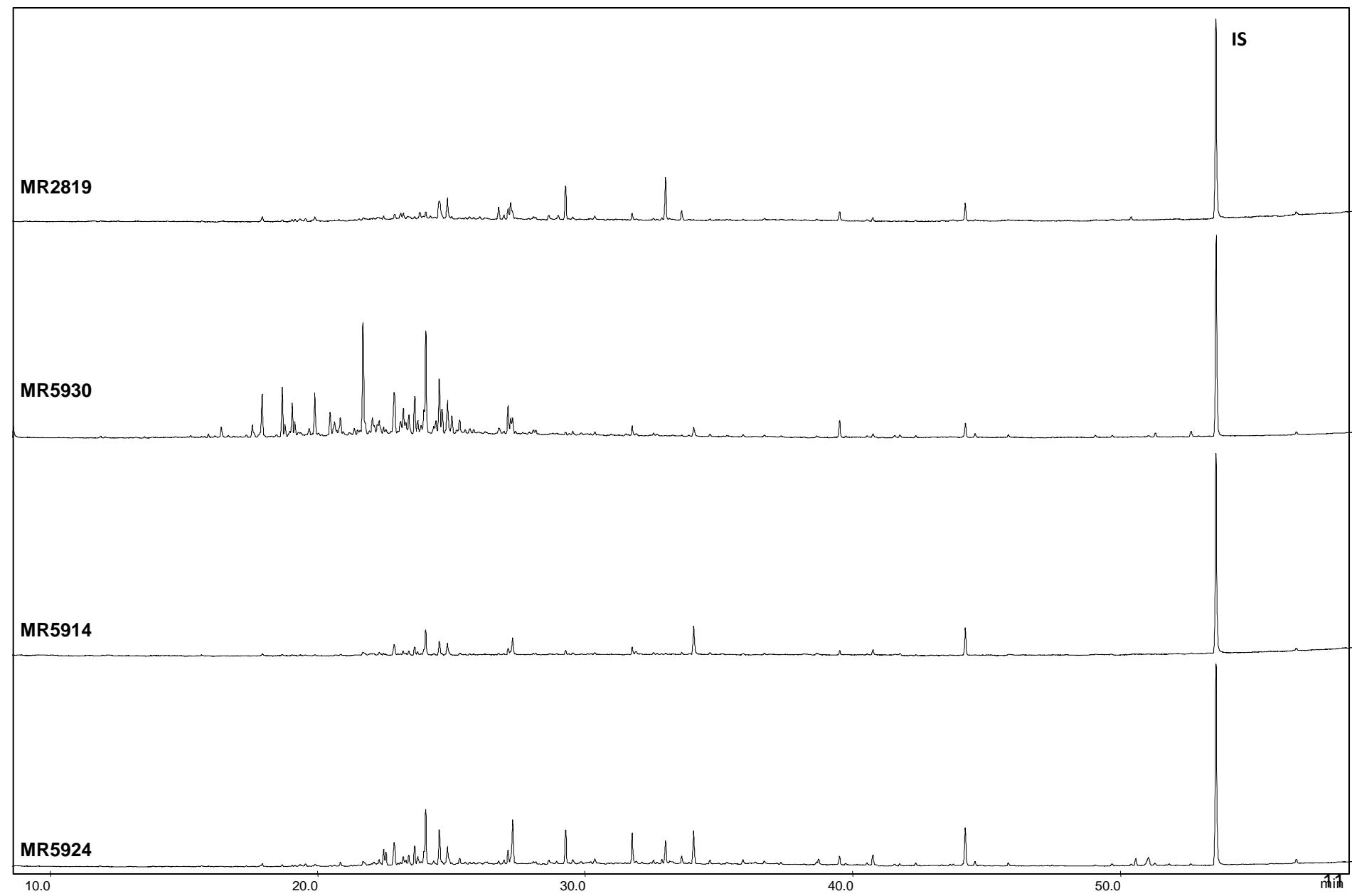


# Analyses globales

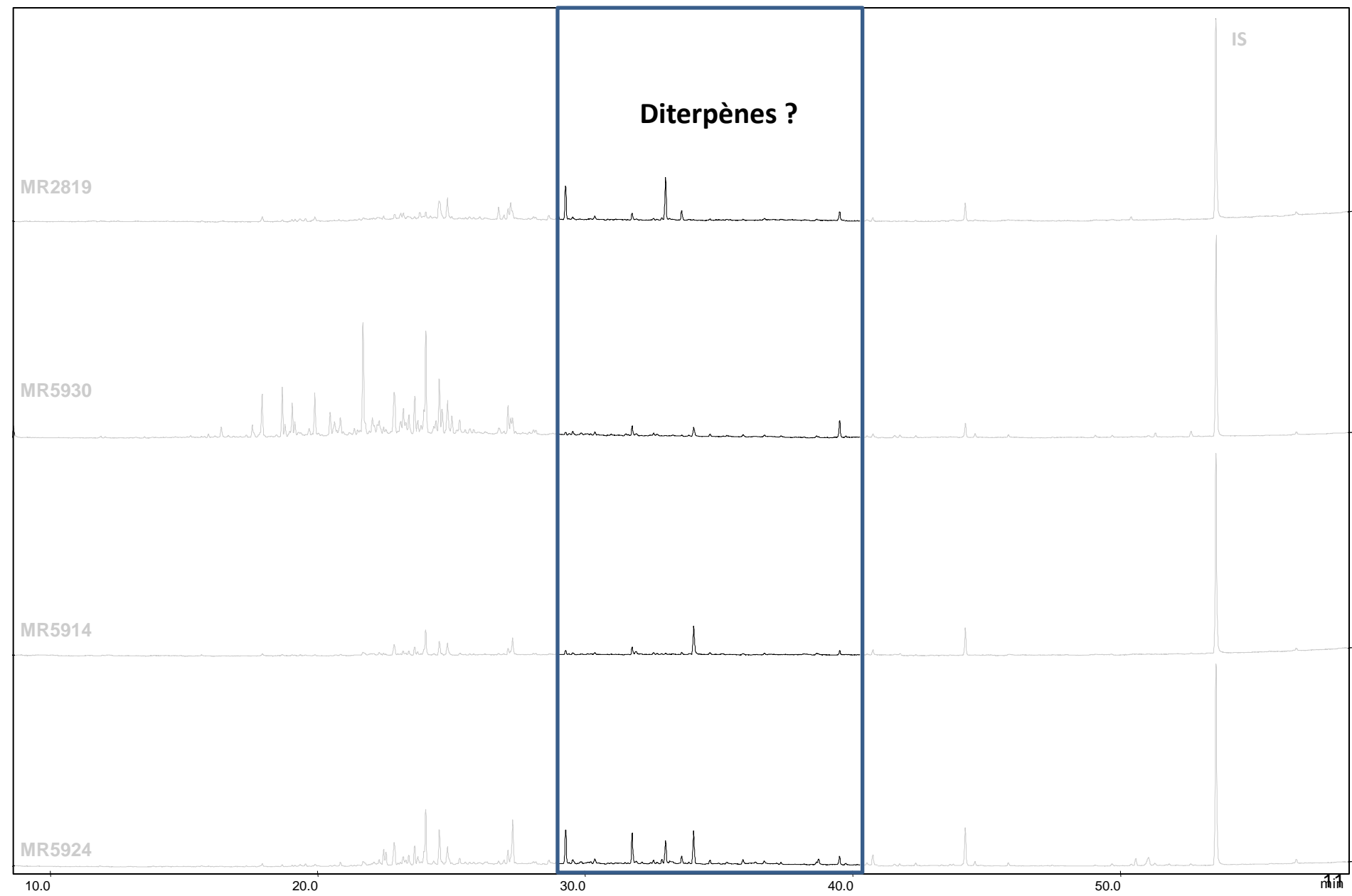




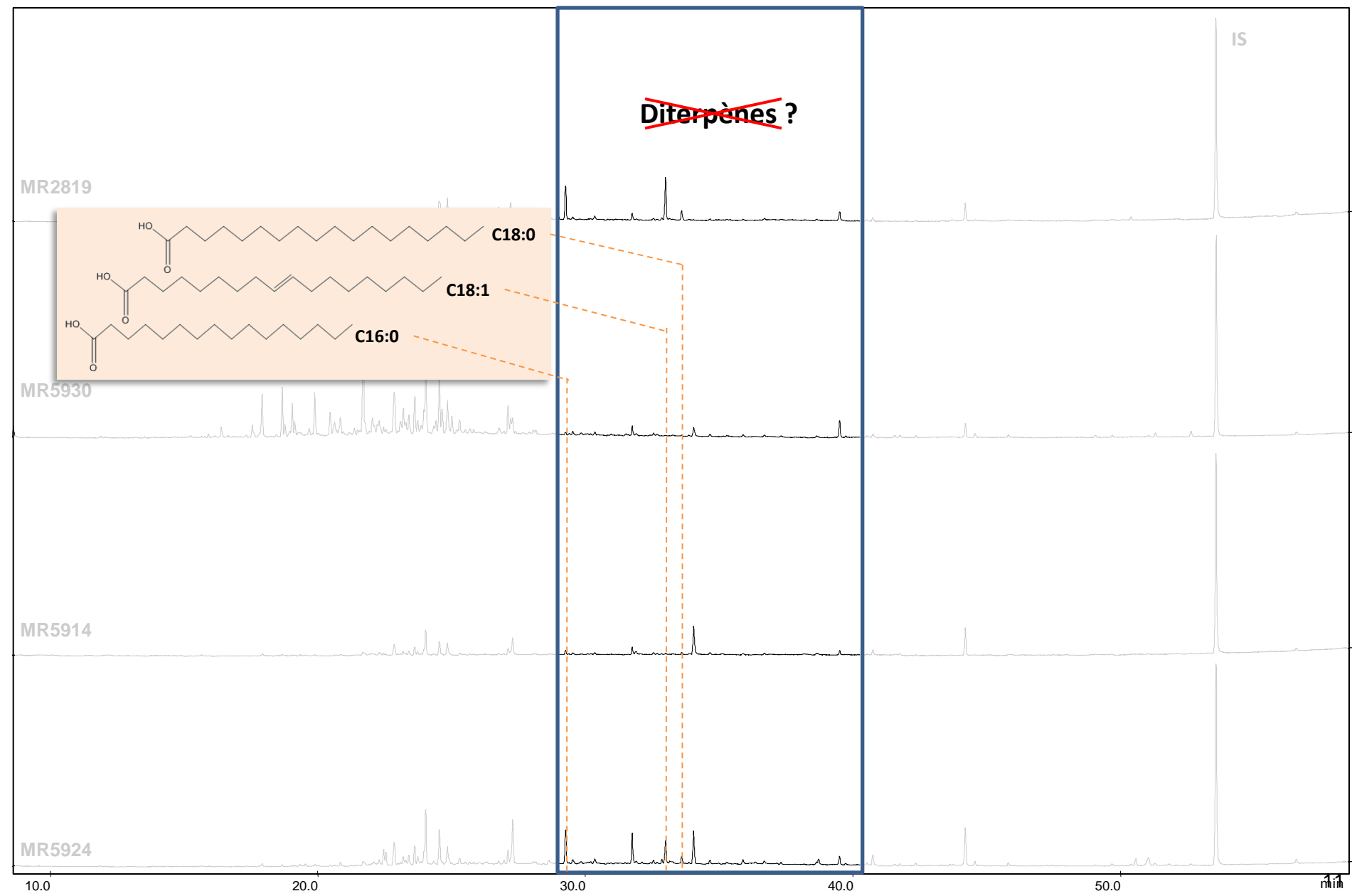
# Analyses séparatives



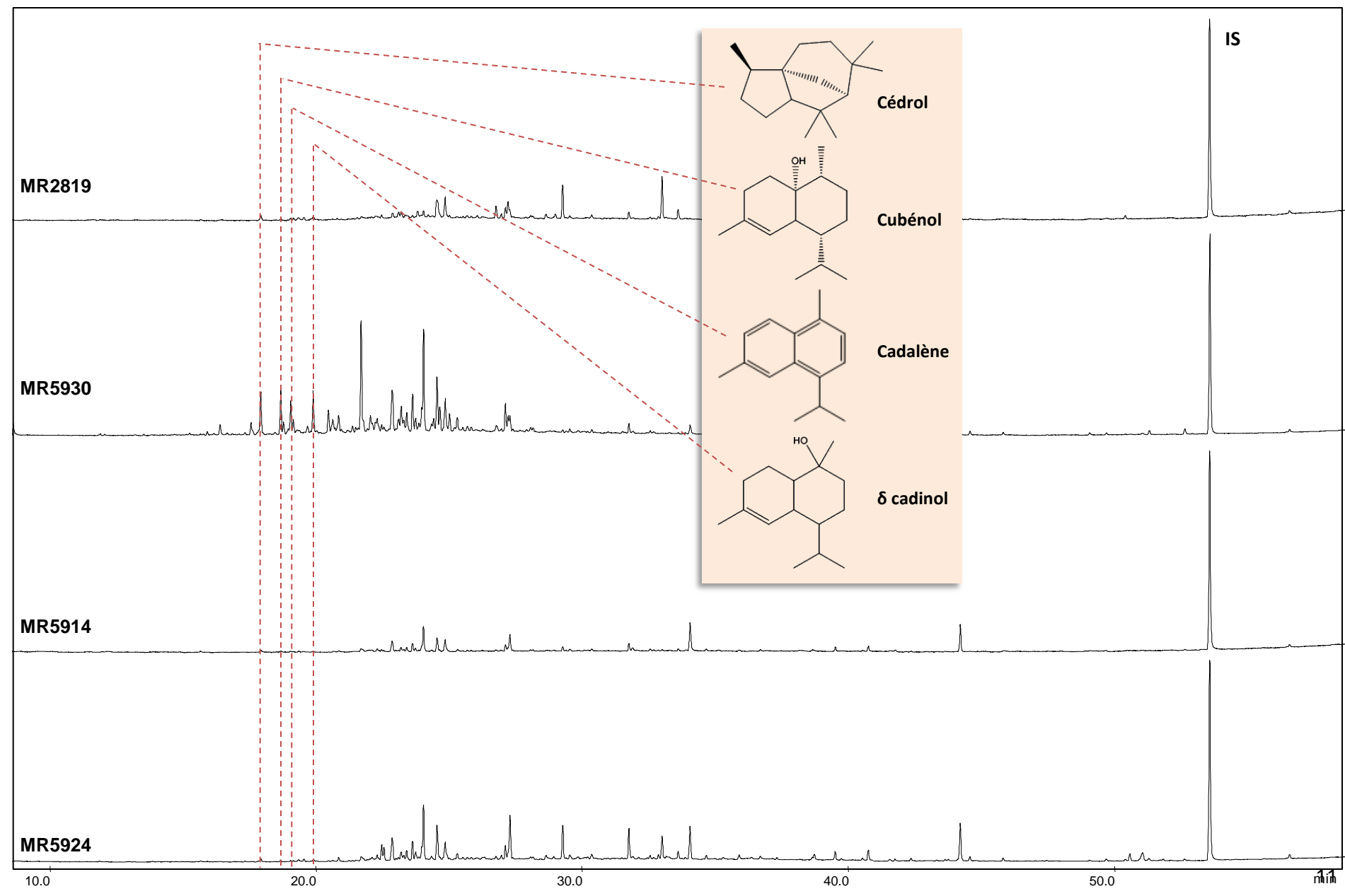
# Analyses séparatives



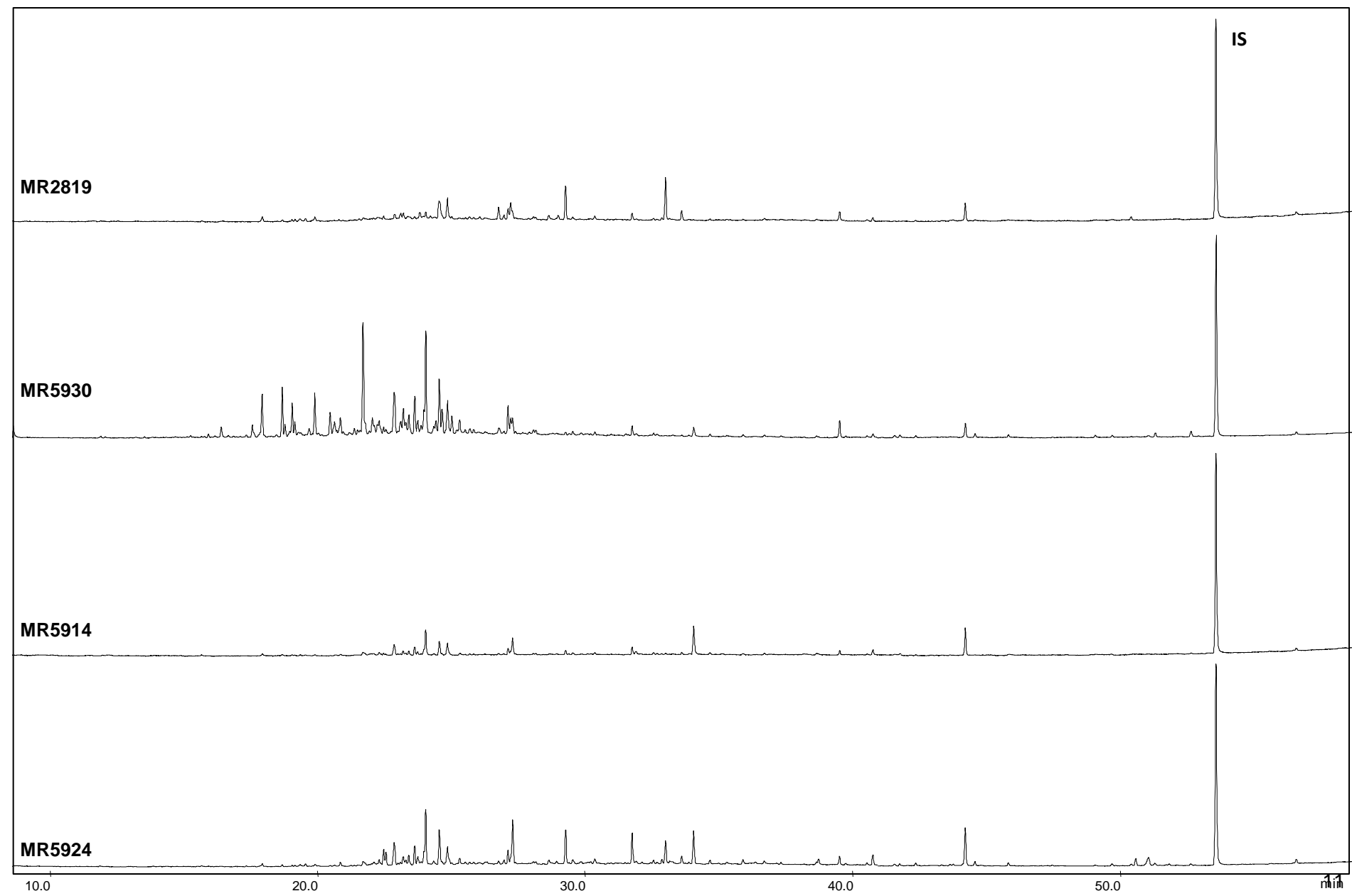
# Analyses séparatives



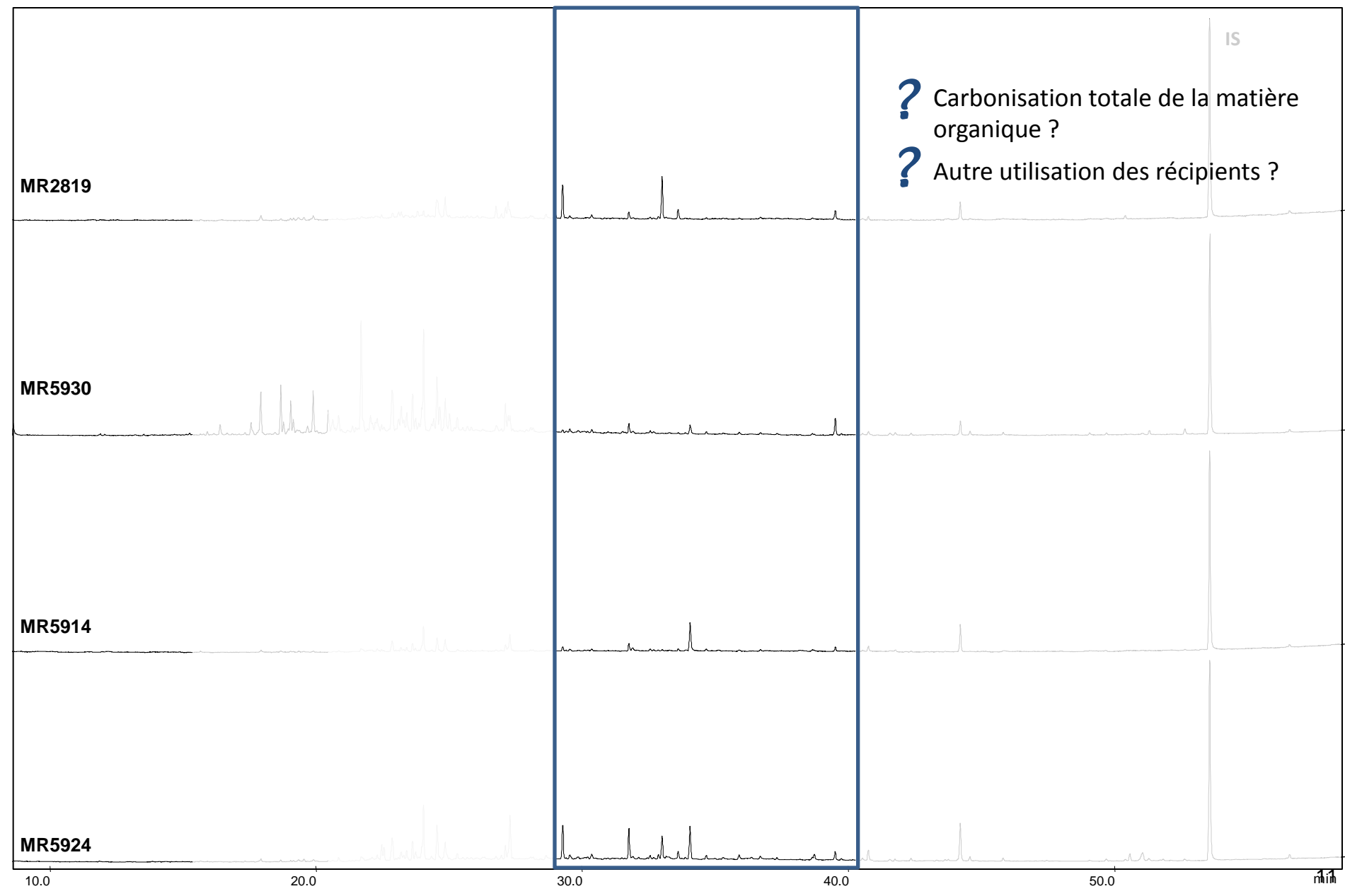
# Analyses séparatives



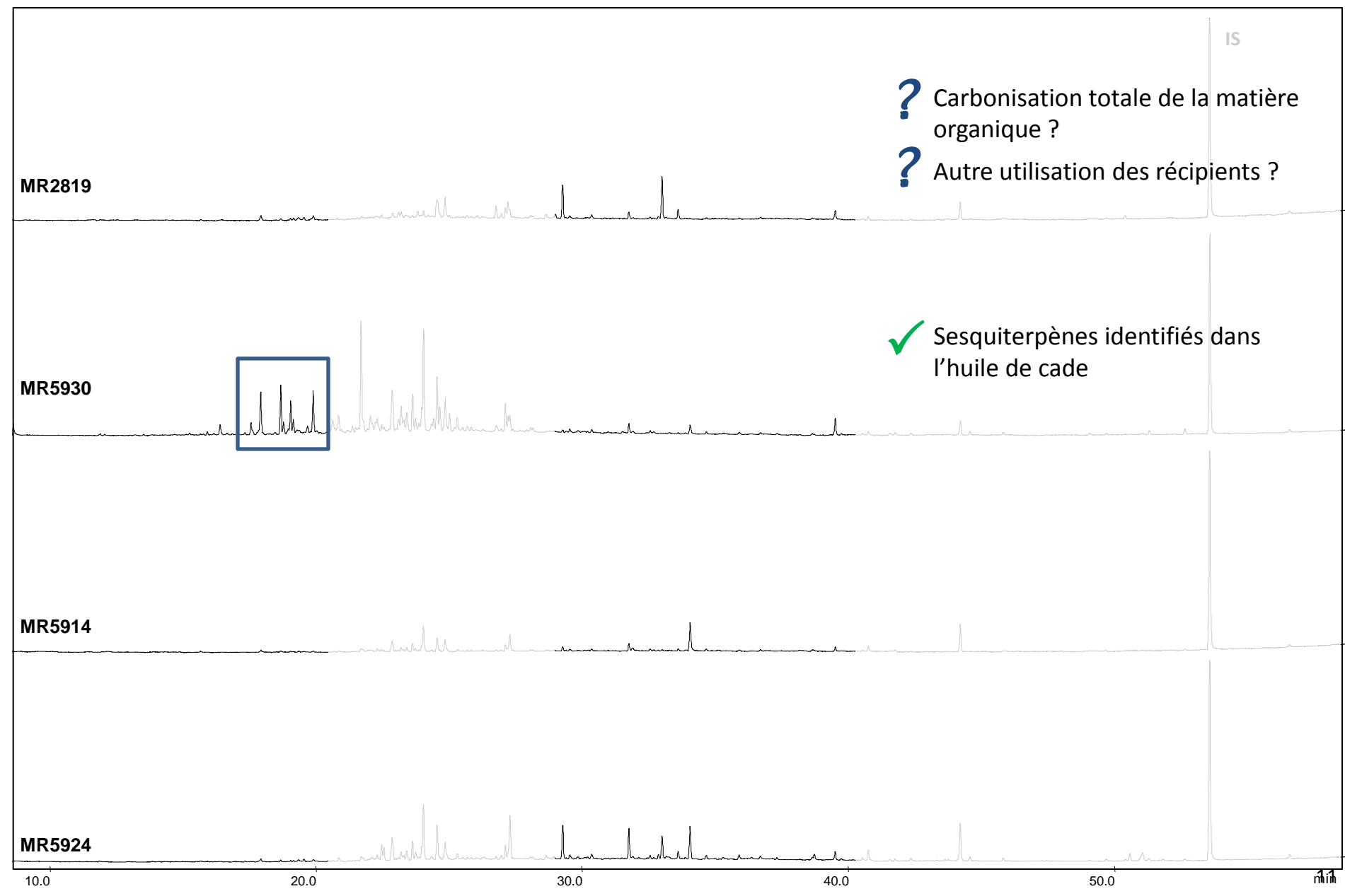
# Interprétation des résultats



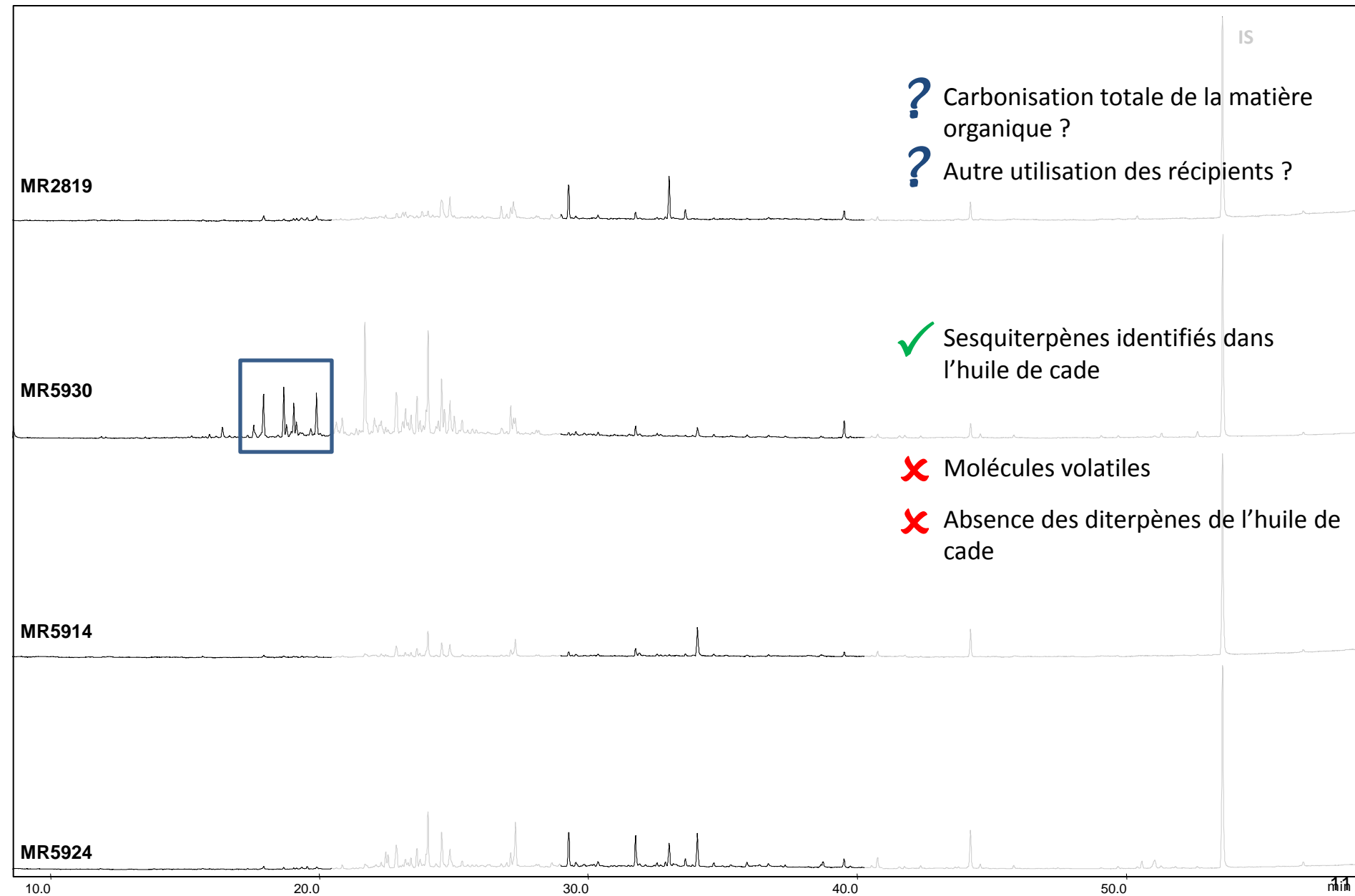
# Interprétation des résultats



# Interprétation des résultats

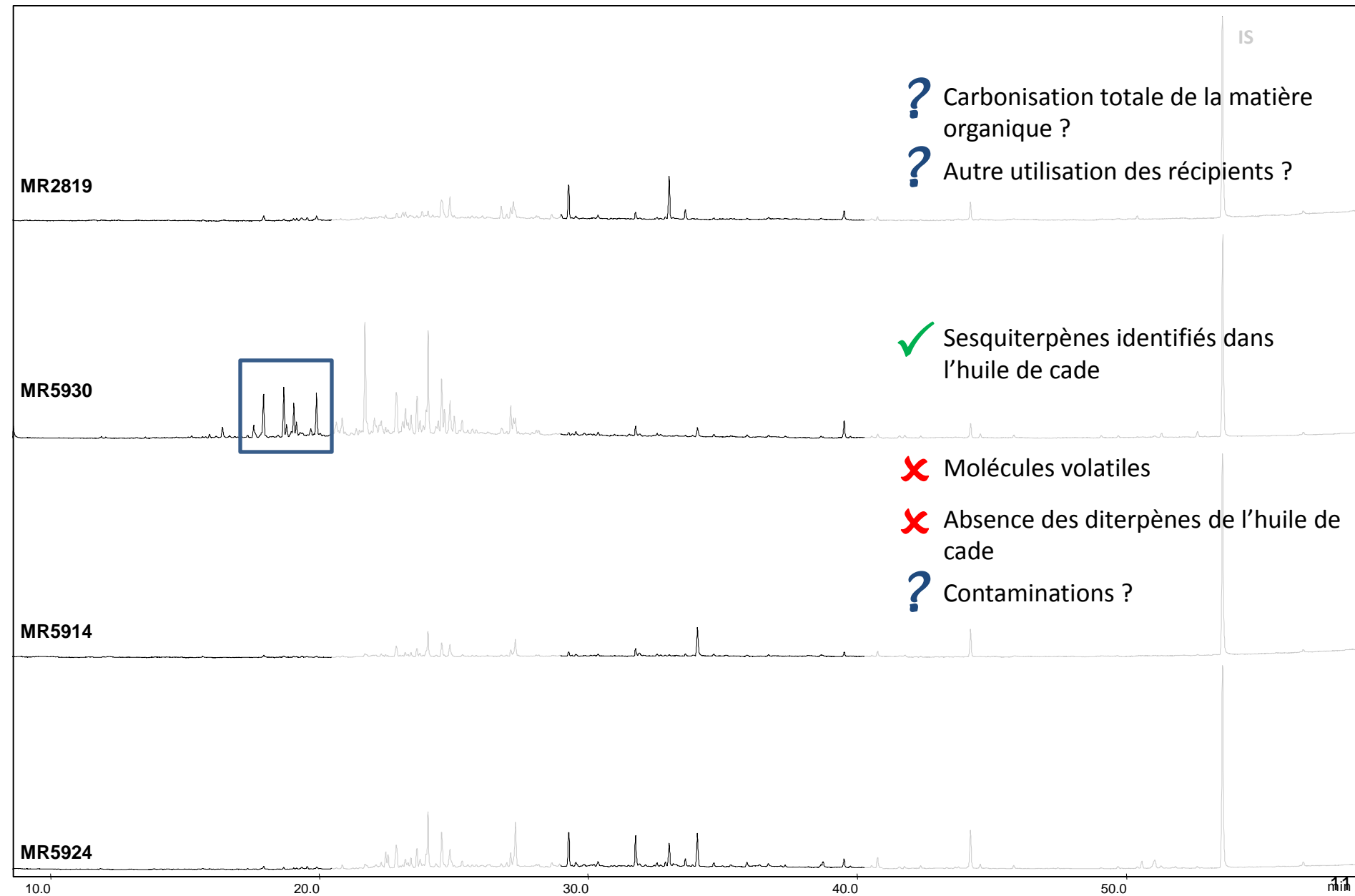


## Interprétation des résultats

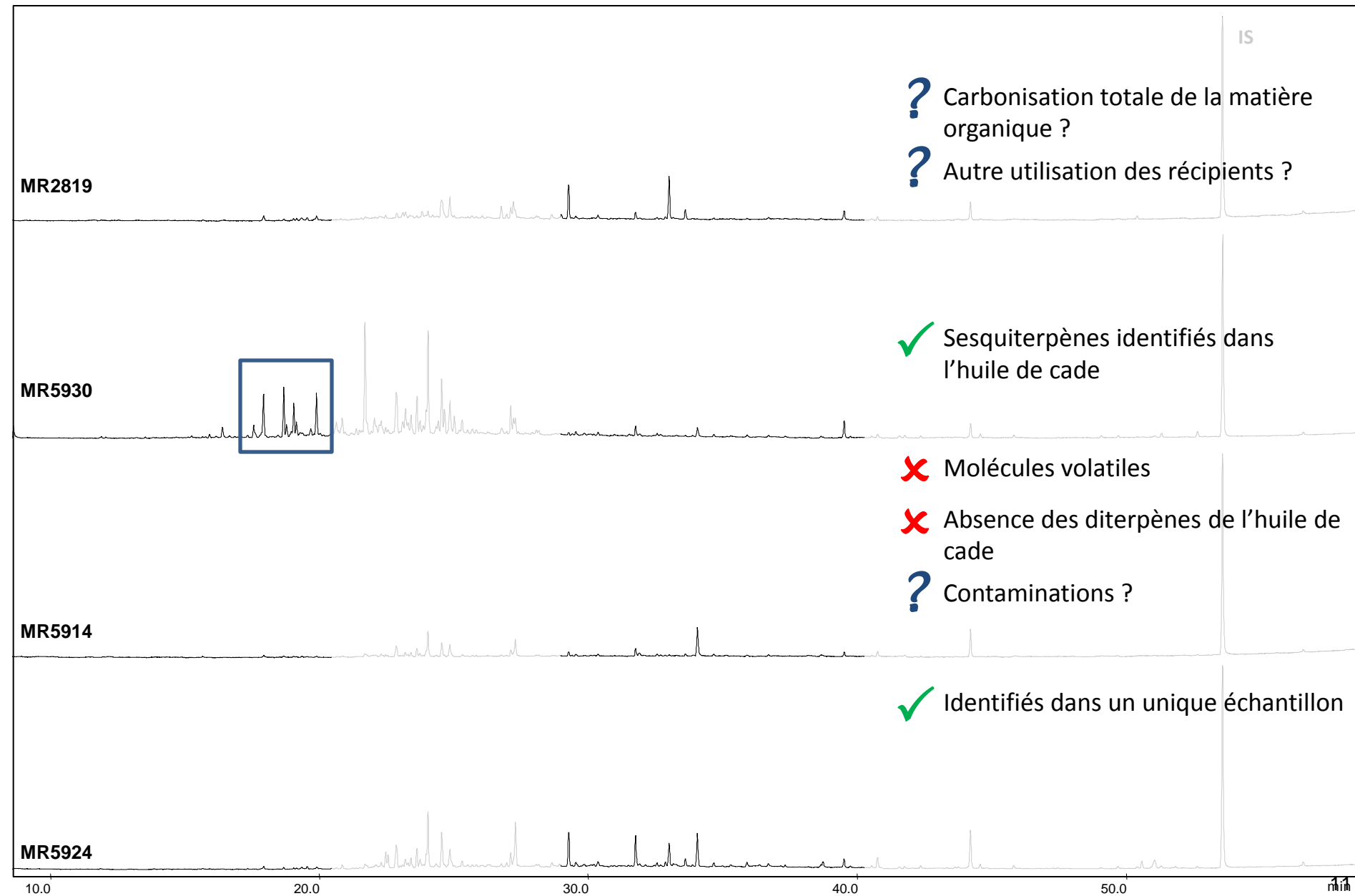




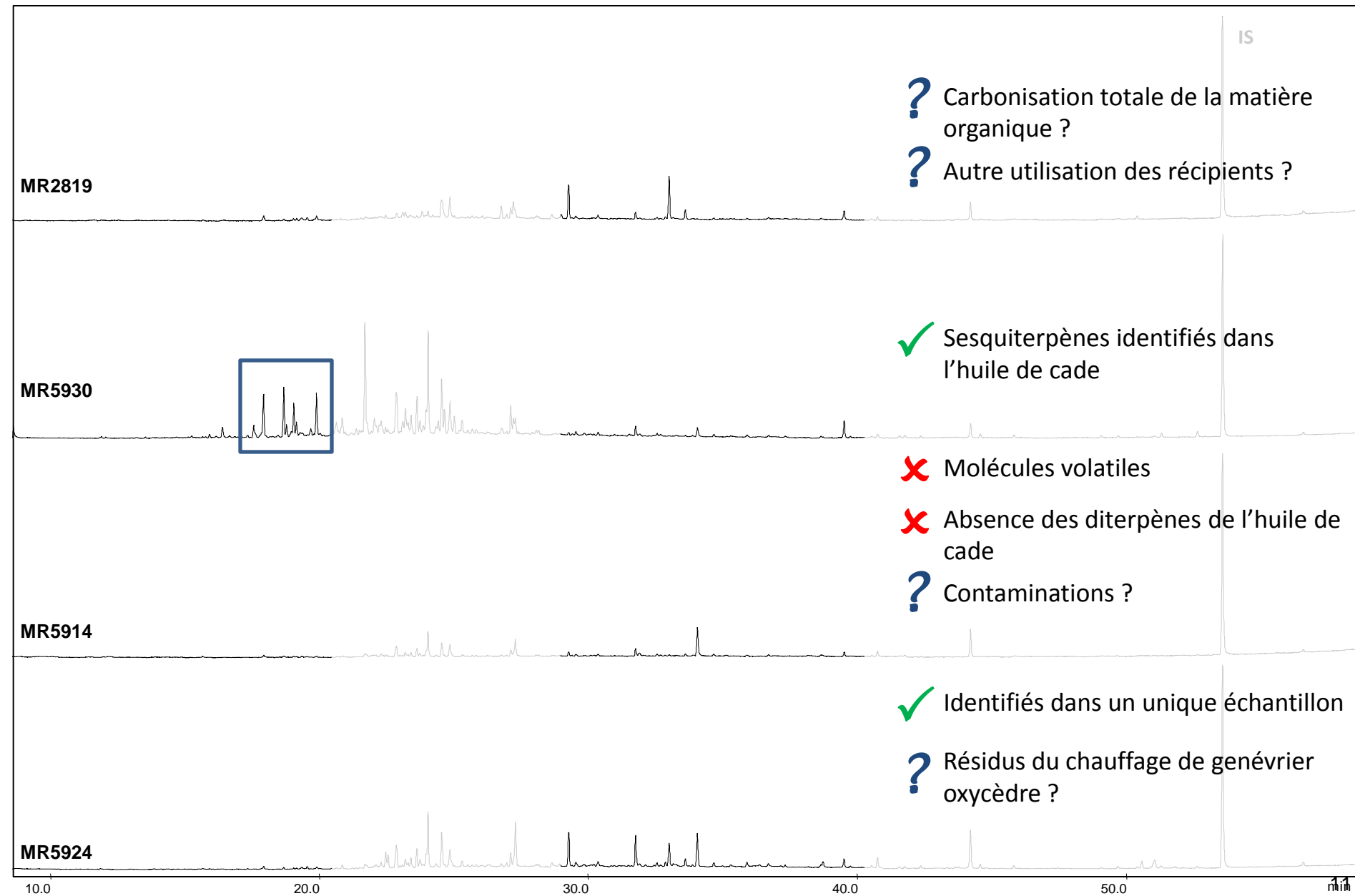
## Interprétation des résultats



## Interprétation des résultats



## Interprétation des résultats



## Port antique de Marseille

Bouches du Rhône, Antiquité (550 - 400 avant JC)

Fouilles de la place Jules Verne 1991-1993 (dir. A. Hesnard - CCJ)

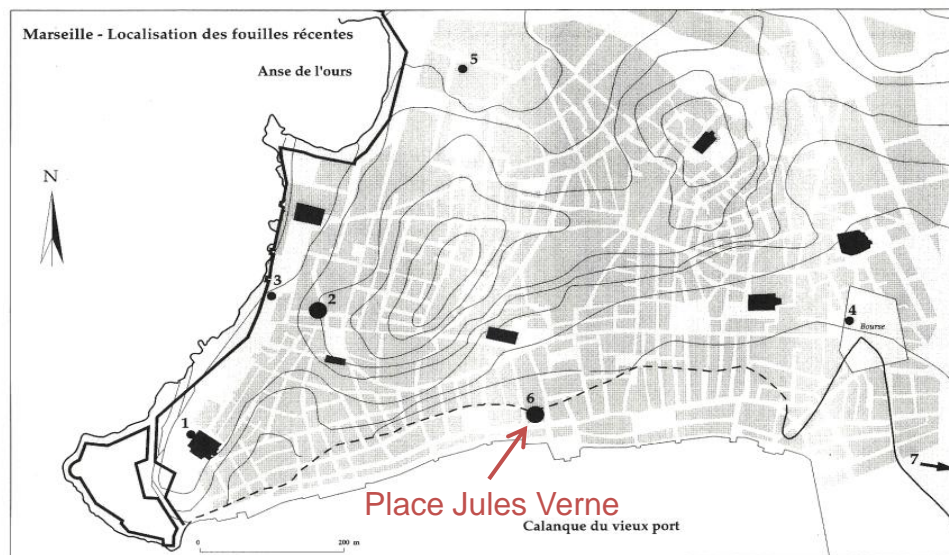
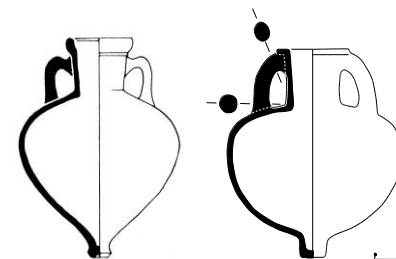


Fig. 3 - Localisation des fouilles récentes de Marseille (fond de carte H. Tréziny, mise au net N. Bourgarel) - n° 1 : Abords de l'église Saint-Laurent ; n° 2 : Ilot 55 ou îlot de la cathédrale ; n° 3 : Avenue Vaudoayer ; n° 4 : Bourse (carrés A VI 1 - A V 13) ; n° 5 : Rue Leca ; n° 6 : Place Jules-Verne ; n° 7 : Place Général de Gaulle

Documentation représentative de toutes les catégories d'amphores circulant en Méditerranée

Travail de recherche de Federica Sacchetti



## Port antique de Marseille

Bouches du Rhône, Antiquité (550 - 400 avant JC)

Fouilles de la place Jules Verne 1991-1993 (dir. A. Hesnard - CCJ)

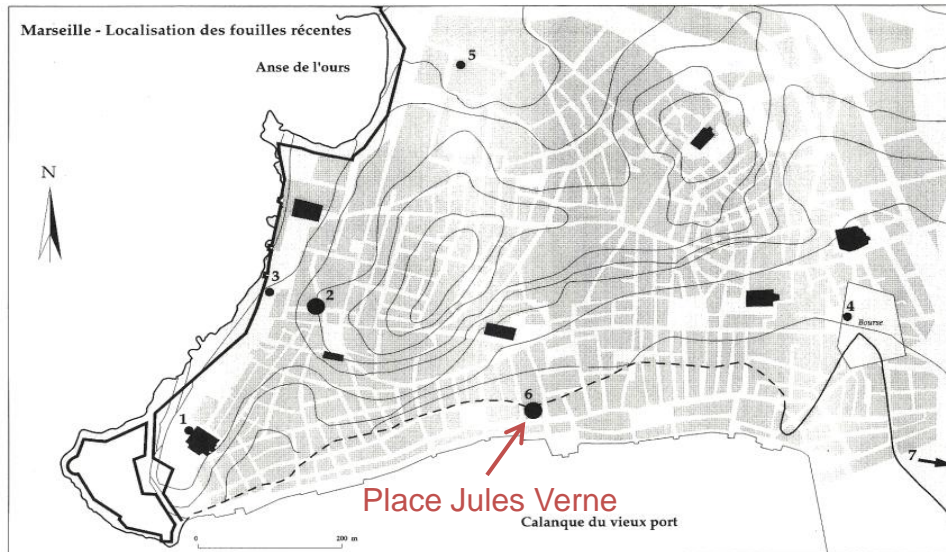
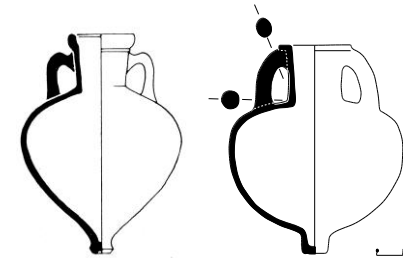


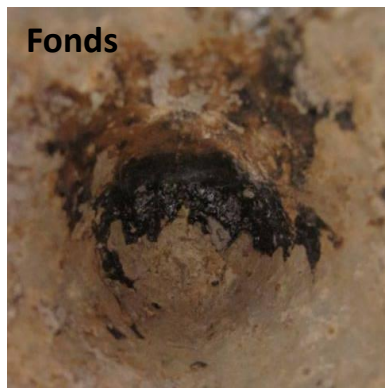
Fig. 3 - Localisation des fouilles récentes de Marseille (fond de carte H. Tréziny, mise au net N. Bourgarel) - n° 1 : Abords de l'église Saint-Laurent ; n° 2 : Ilot 55 ou ilot de la cathédrale ; n° 3 : Avenue Vaudoier ; n° 4 : Bourse (carrés A VI 1 - A V 13) ; n° 5 : Rue Leca ; n° 6 : Place Jules-Verne ; n° 7 : Place Général de Gaulle

Documentation représentative de toutes les catégories d'amphores circulant en Méditerranée

Travail de recherche de Federica Sacchetti



### Résidus organiques



## Port antique de Marseille

Bouches du Rhône, Antiquité (550 - 400 avant JC)

Fouilles de la place Jules Verne 1991-1993 (dir. A. Hesnard - CCJ)

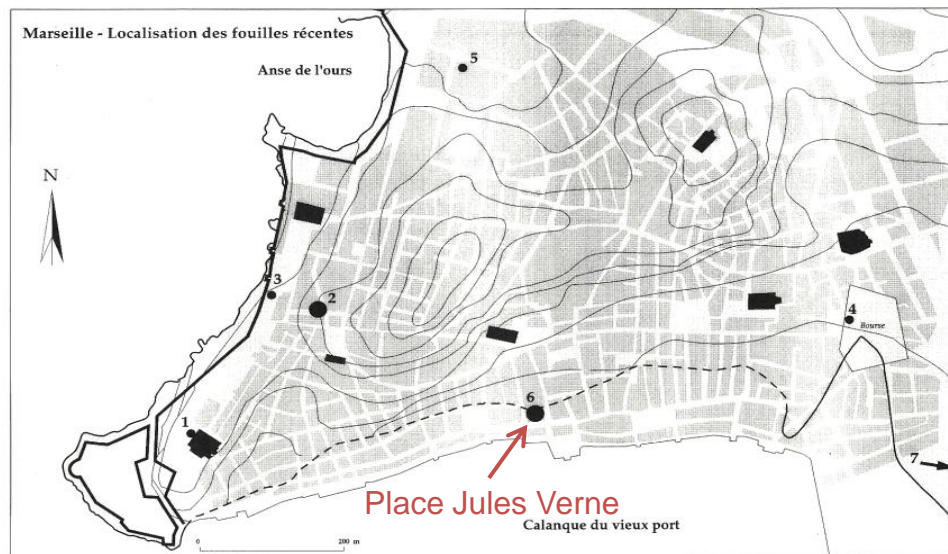
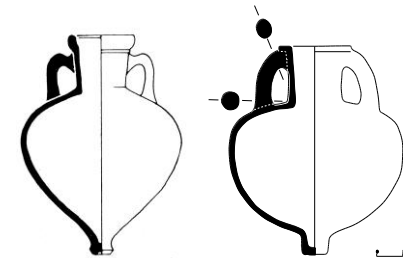


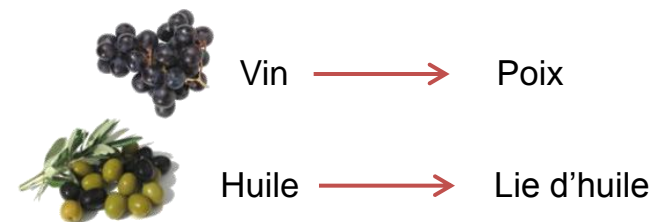
Fig. 3 - Localisation des fouilles récentes de Marseille (fond de carte H. Tréziny, mise au net N. Bourgarel) - n° 1 : Abords de l'église Saint-Laurent ; n° 2 : Ilot 55 ou ilot de la cathédrale ; n° 3 : Avenue Vaudoier ; n° 4 : Bourse (carrés A VI 1 - A V 13) ; n° 5 : Rue Leca ; n° 6 : Place Jules-Verne ; n° 7 : Place Général de Gaulle

Documentation représentative de toutes les catégories d'amphores circulant en Méditerranée

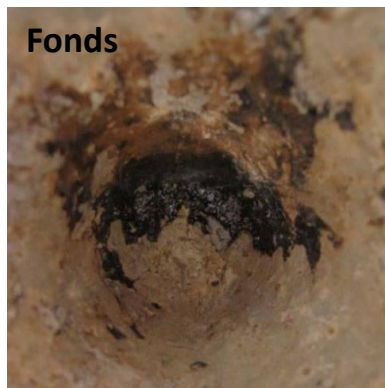
Travail de recherche de Federica Sacchetti



### Préparation des récipients



### Résidus organiques



## Port antique de Marseille

Bouches du Rhône, Antiquité (550 - 400 avant JC)

Fouilles de la place Jules Verne 1991-1993 (dir. A. Hesnard - CCJ)

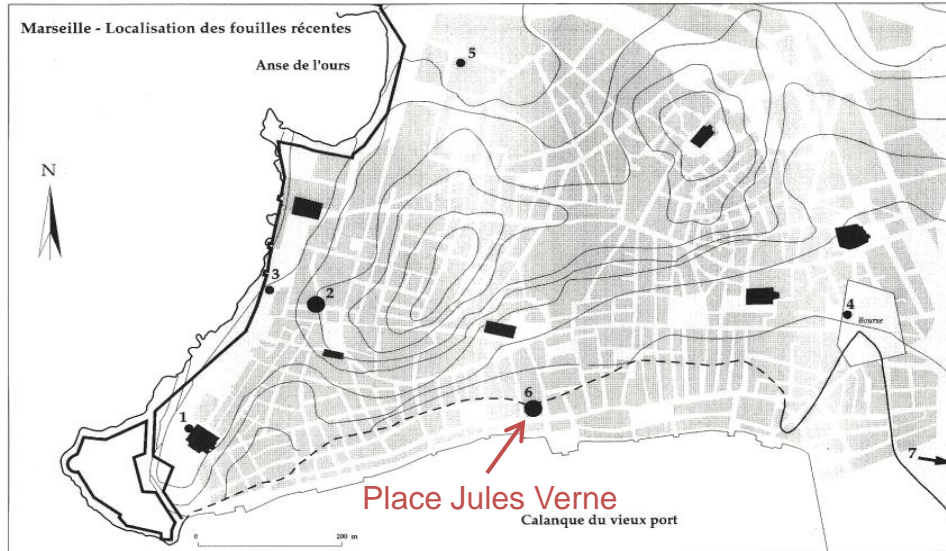
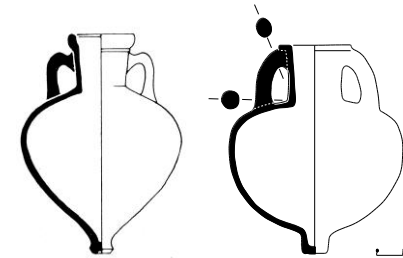


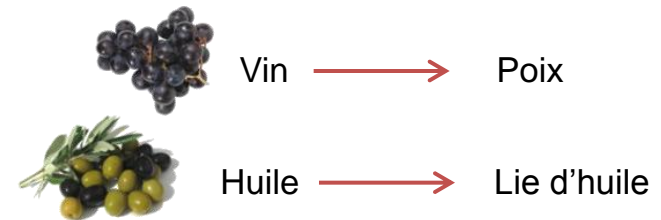
Fig. 3 - Localisation des fouilles récentes de Marseille (fond de carte H. Tréziny, mise au net N. Bourgarel) - n° 1 : Abords de l'église Saint-Laurent ; n° 2 : Ilot 55 ou ilot de la cathédrale ; n° 3 : Avenue Vaudoier ; n° 4 : Bourse (carrés A VI 1 - A V 13) ; n° 5 : Rue Leca ; n° 6 : Place Jules-Verne ; n° 7 : Place Général de Gaulle

Documentation représentative de toutes les catégories d'amphores circulant en Méditerranée

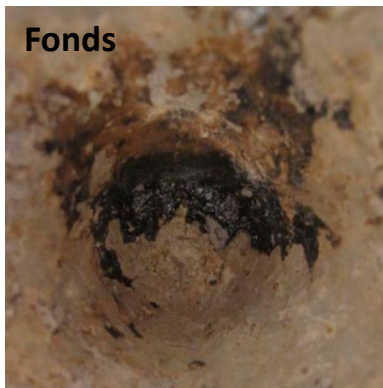
Travail de recherche de Federica Sacchetti



### Préparation des récipients

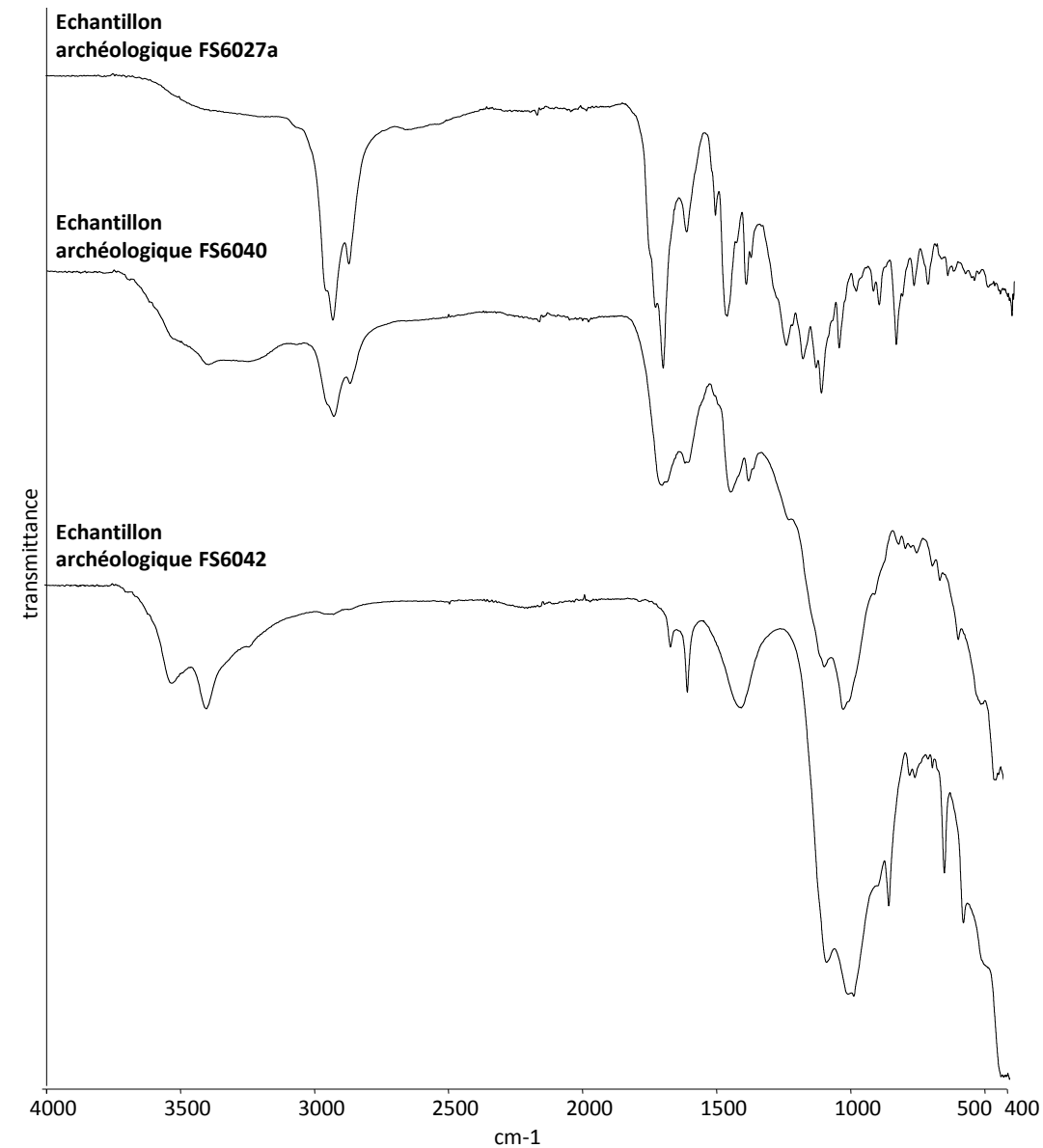


### Résidus organiques



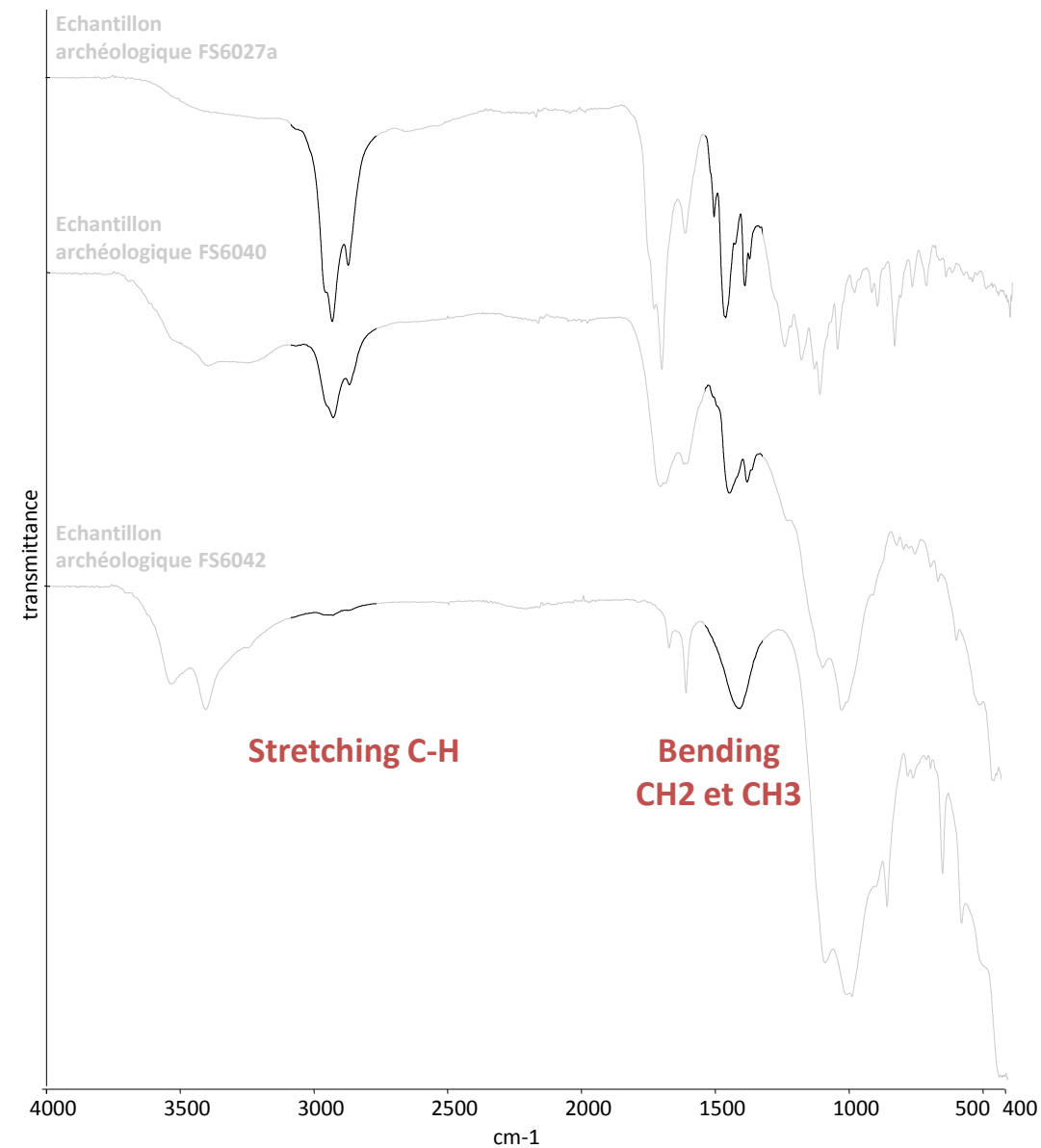
? → Quelle préparation des amphores ?  
 Quel contenu des amphores ?

## Analyses globales

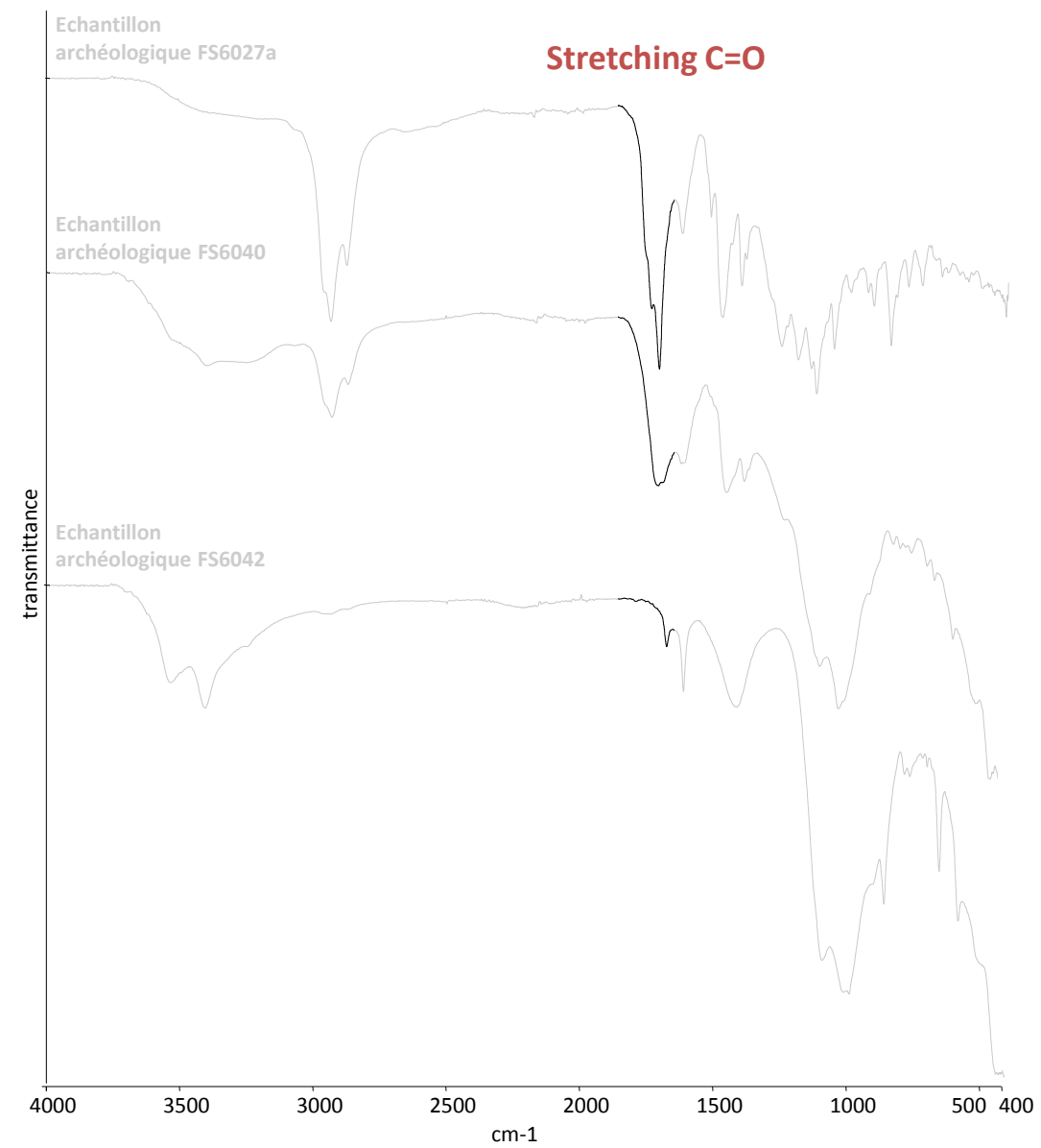




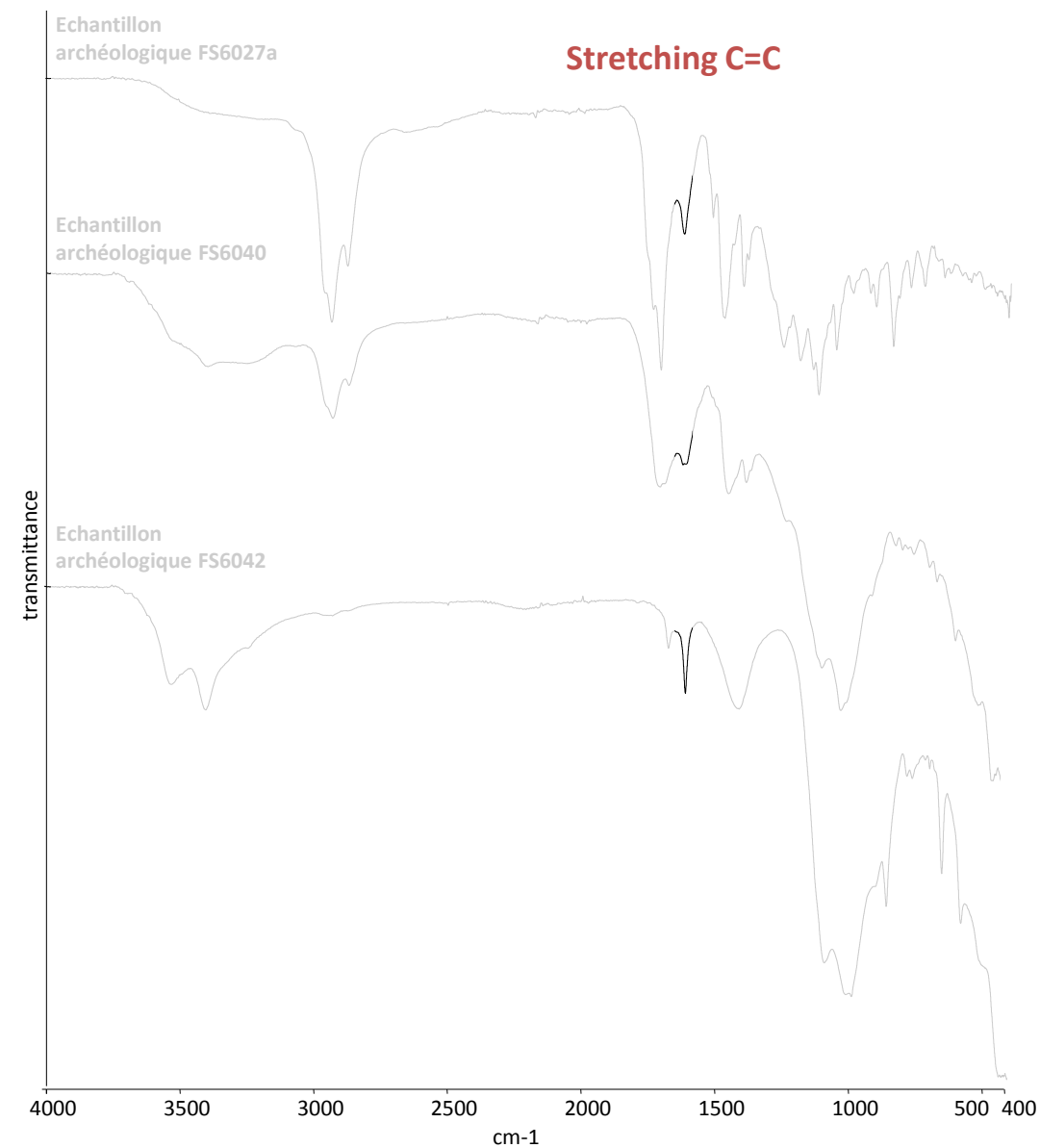
## Analyses globales



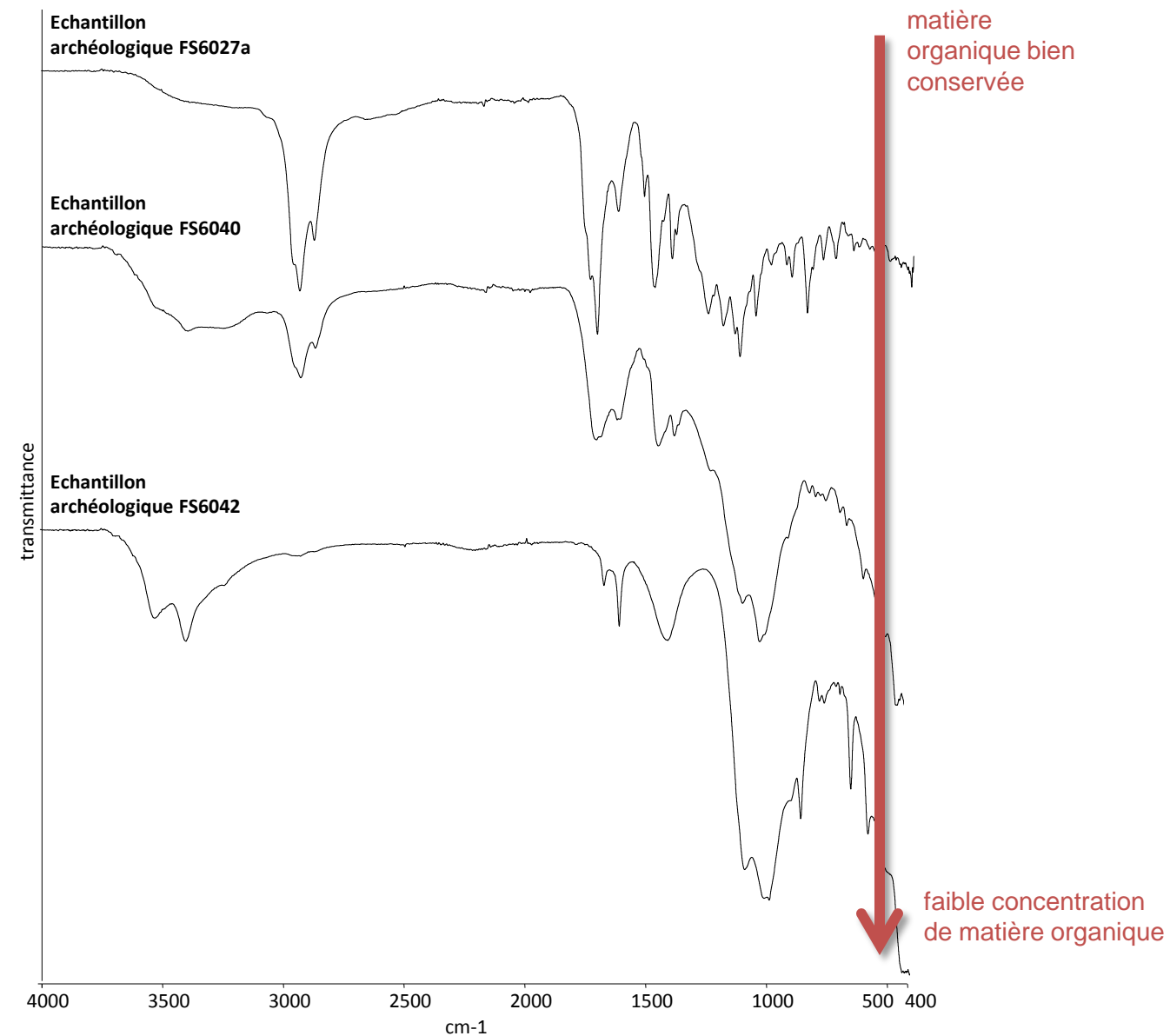
# Analyses globales



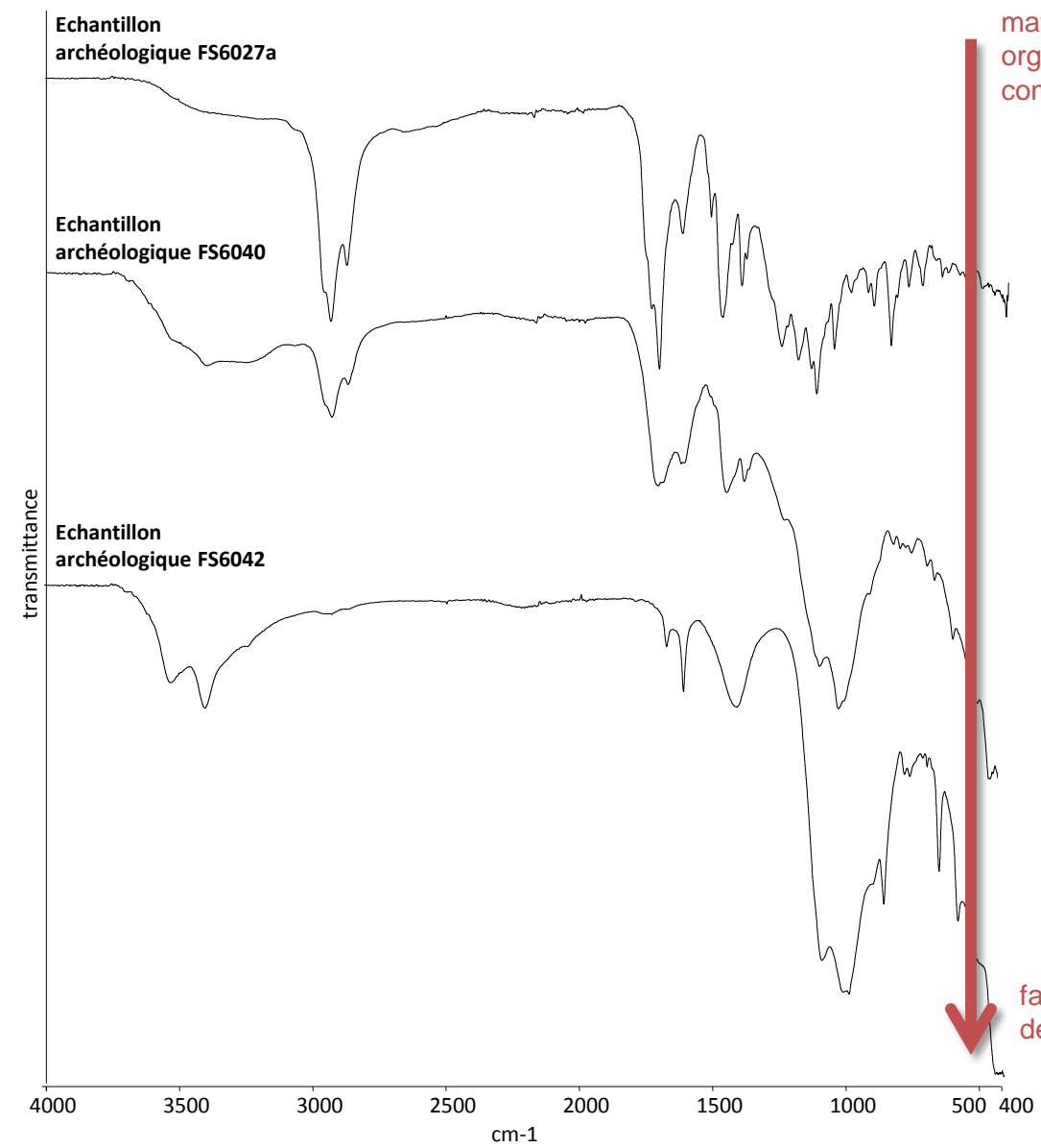
## Analyses globales



## Analyses globales

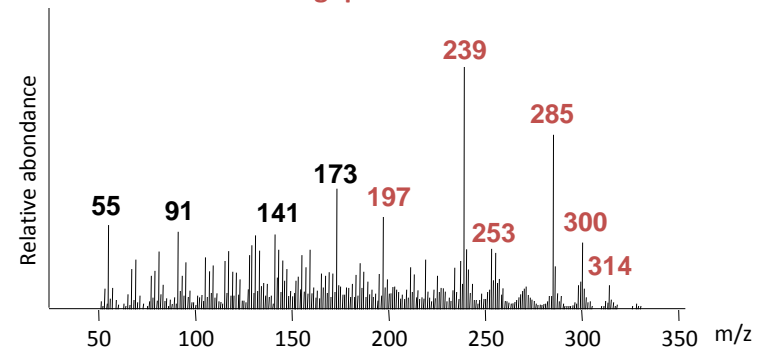


# Analyses globales

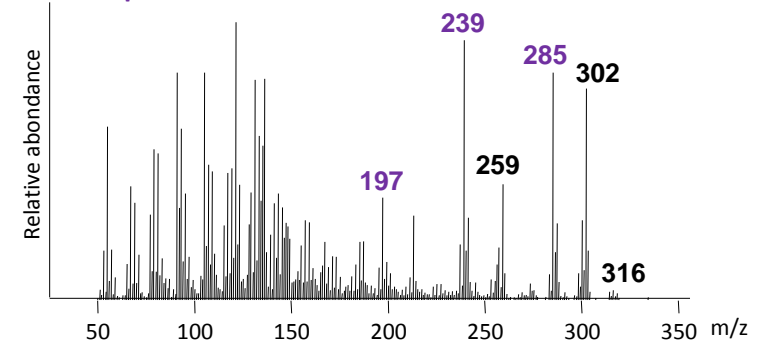


matière organique bien conservée

Echantillon archéologique FS6027

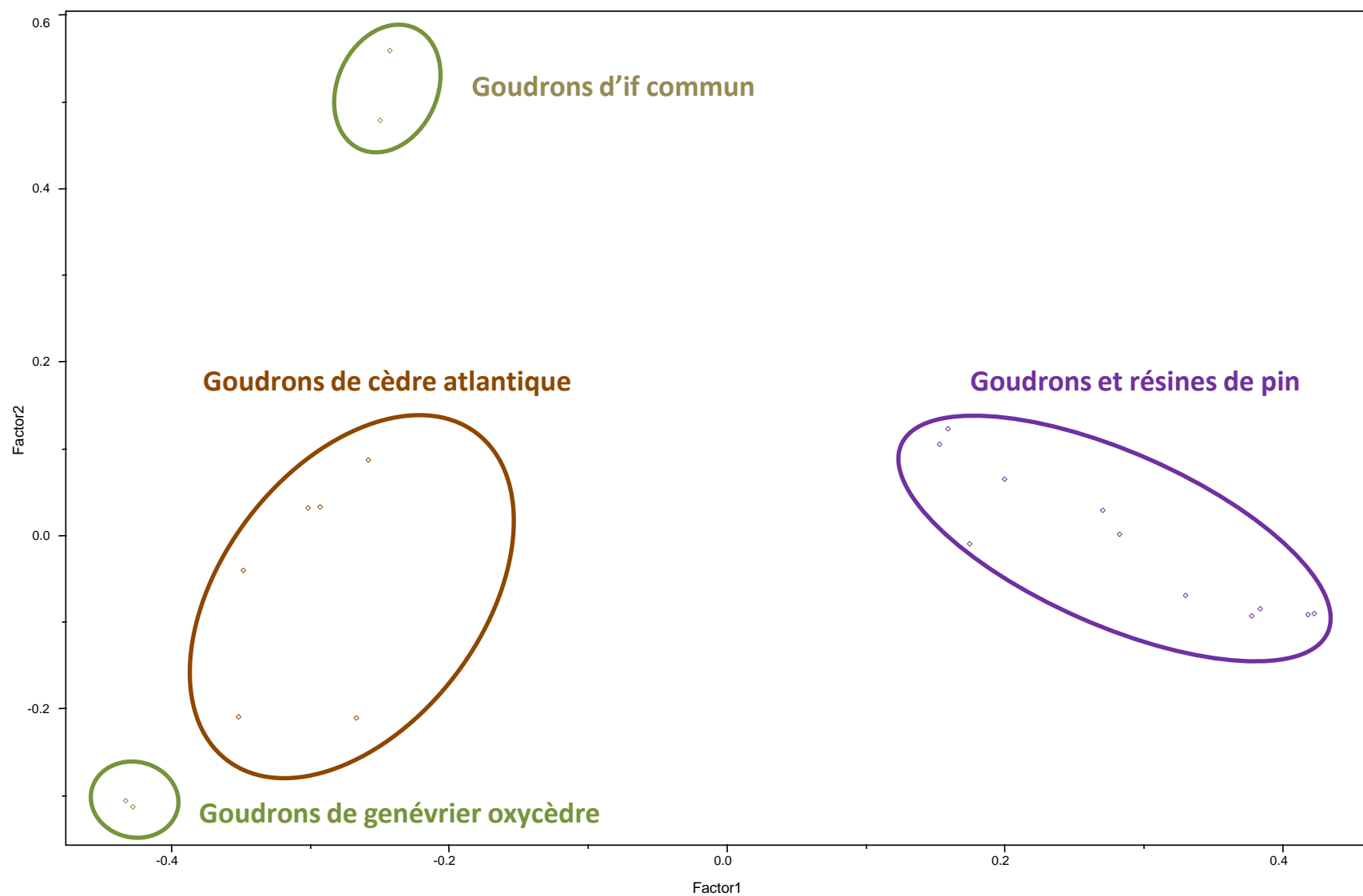


Colophane

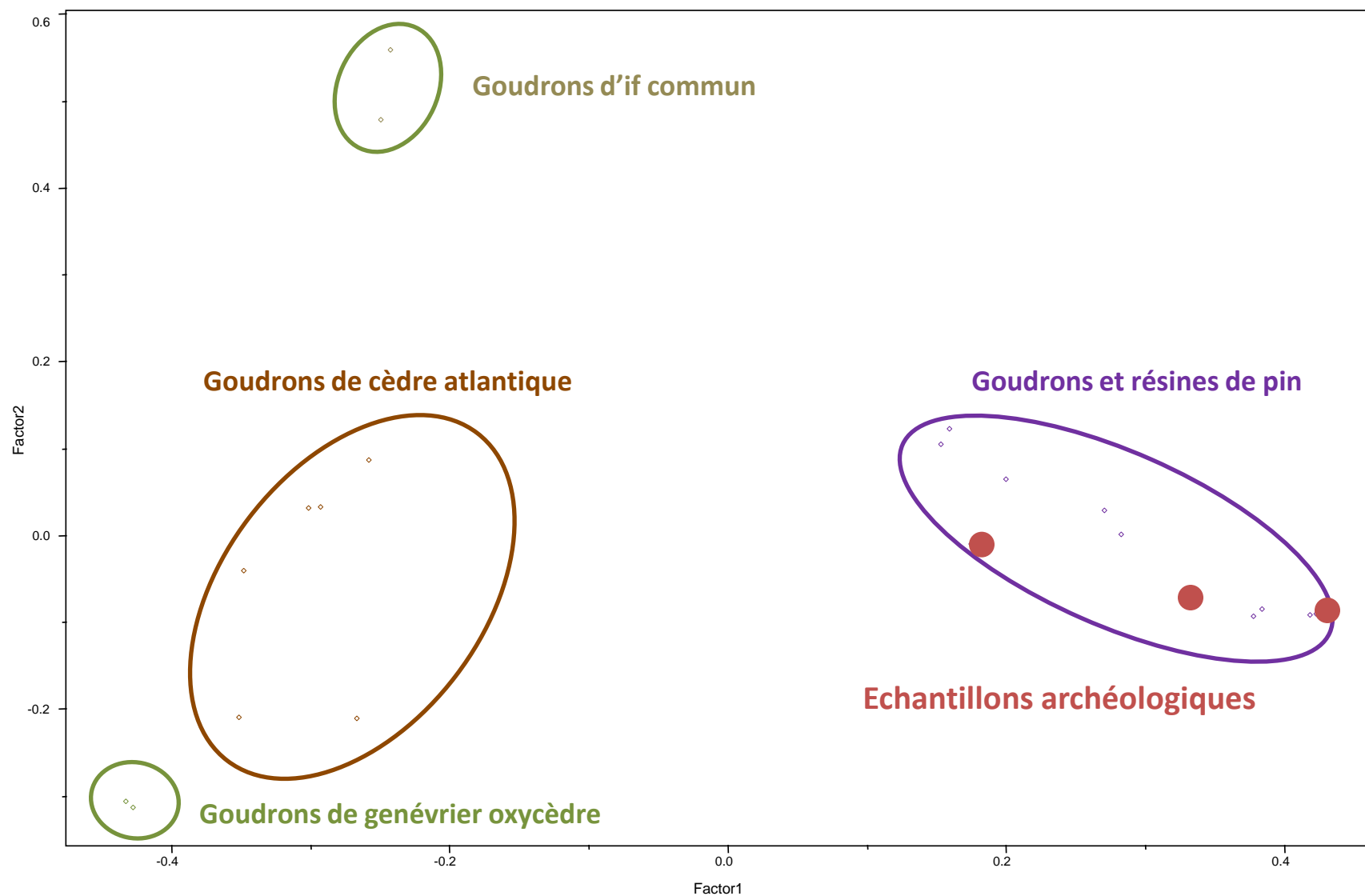


faible concentration de matière organique

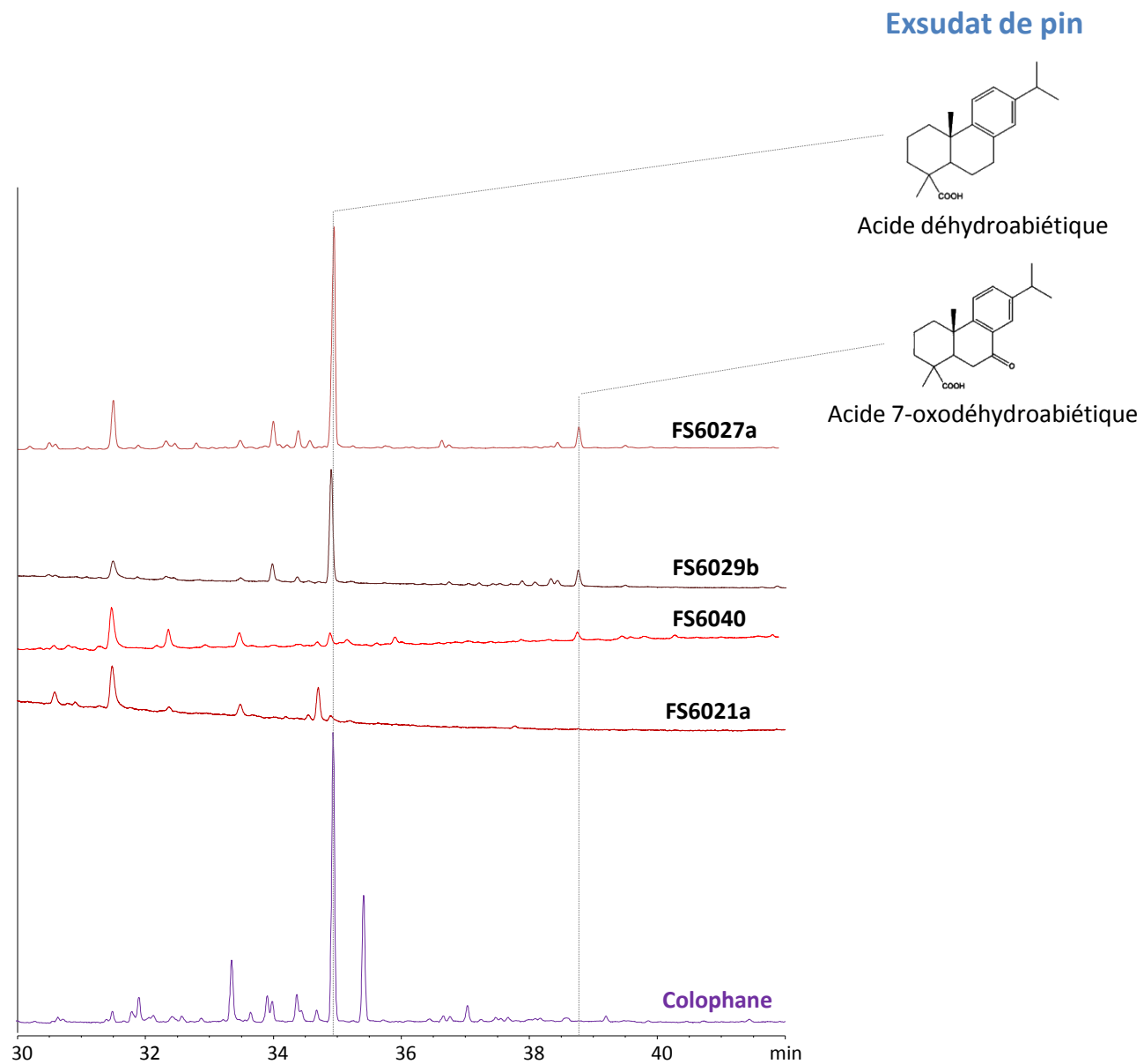
## Analyses globales



## Analyses globales

Exsudat de *Pinaceae* ?

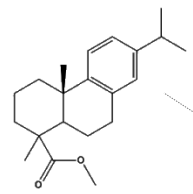
## Analyses séparatives



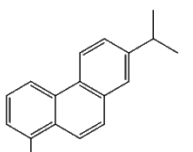


# Analyses séparatives

## Chauffage

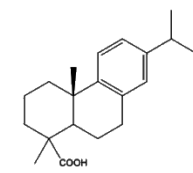


Méthyl déhydroabiétate

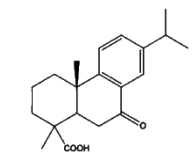


Retene

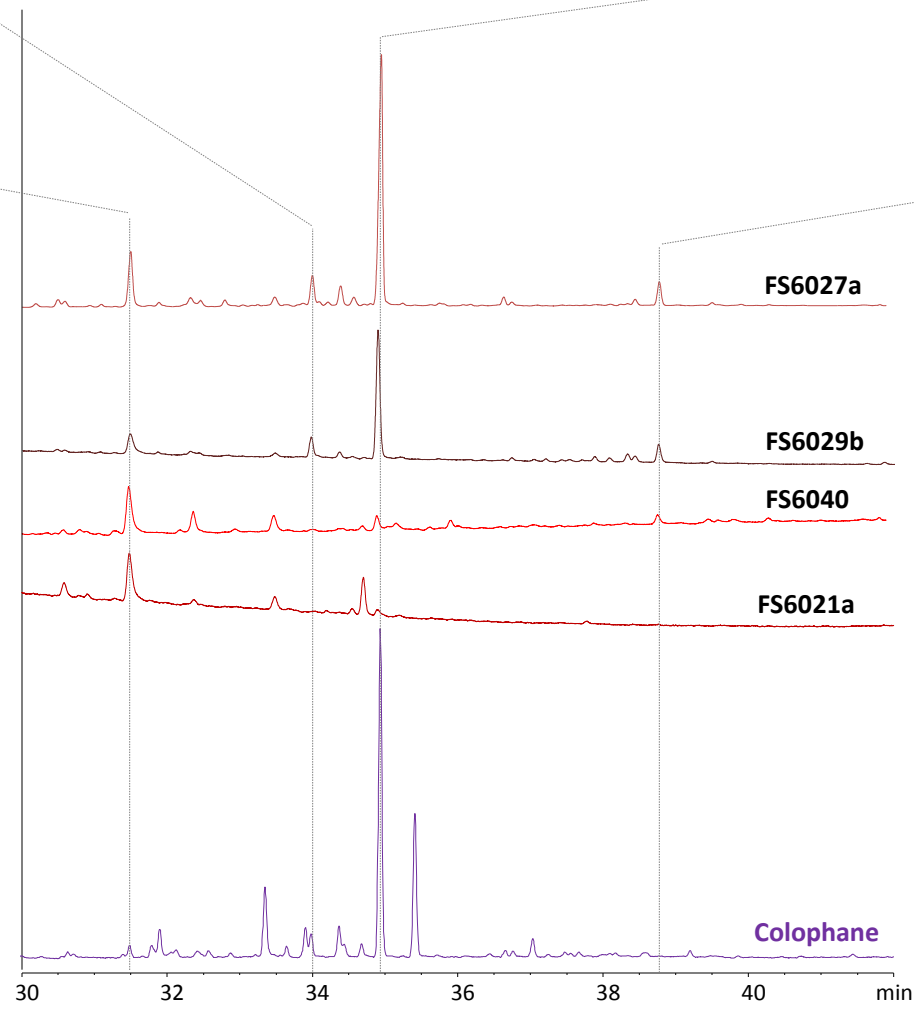
## Exsudat de pin



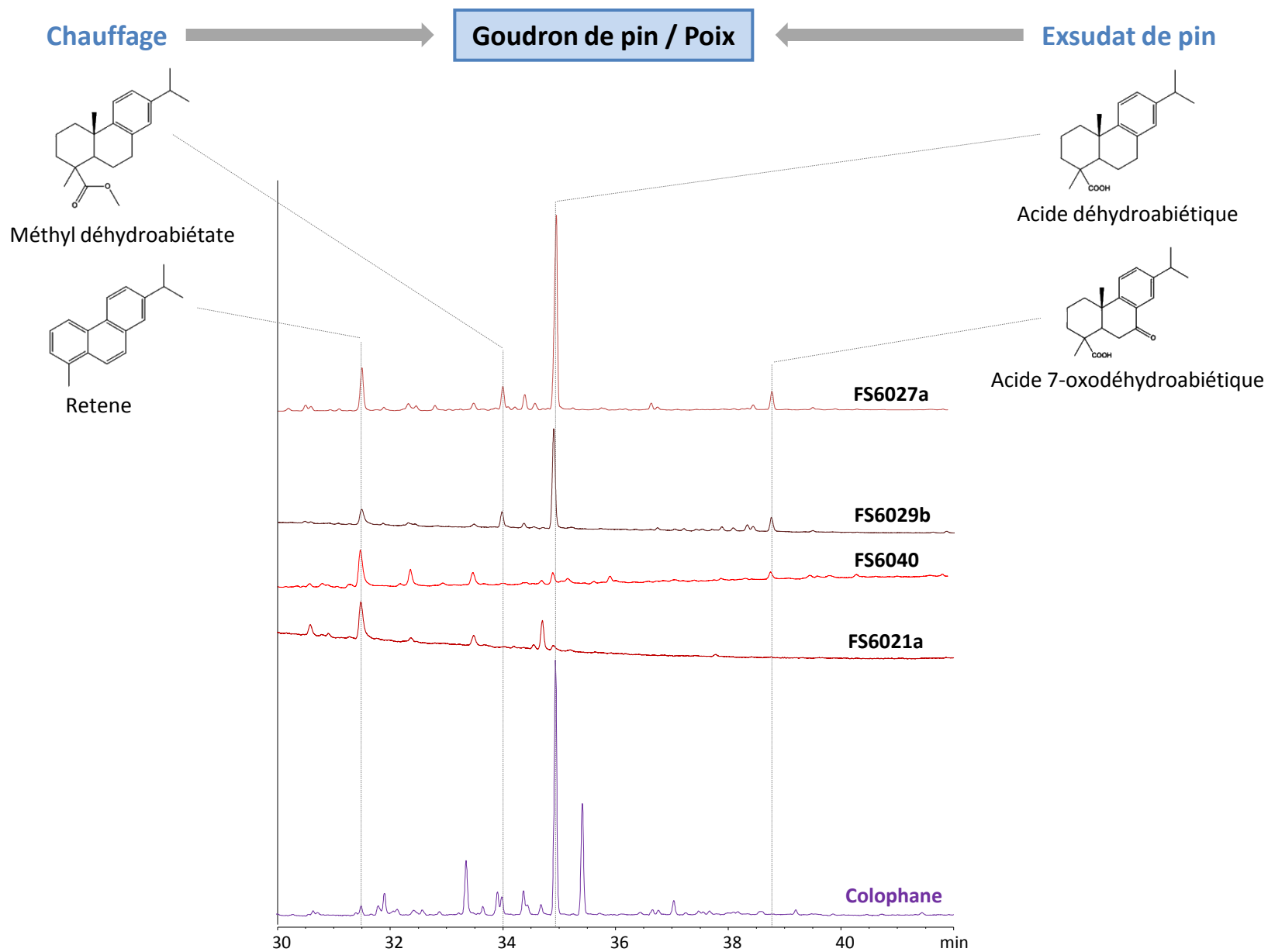
Acide déhydroabiétique



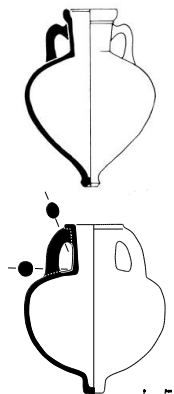
Acide 7-oxodéhydroabiétique



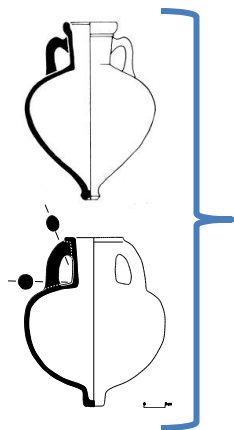
## Analyses séparatives



## Interprétation des résultats

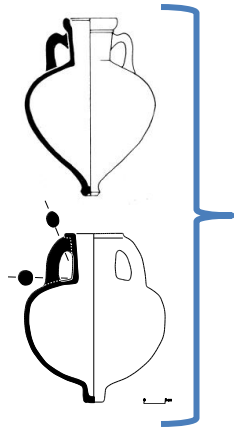


## Interprétation des résultats



**Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore**

## Interprétation des résultats

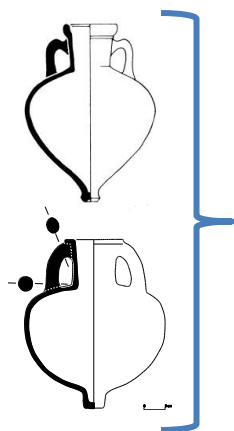


Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



Processus de fabrication  
standardisé ?

## Interprétation des résultats



Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



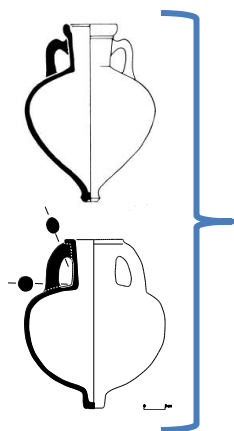
Processus de fabrication  
standardisé ?

Propriétés de la poix

Localisation des résidus

Utilisation

## Interprétation des résultats



Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



Processus de fabrication  
standardisé ?

### Propriétés de la poix

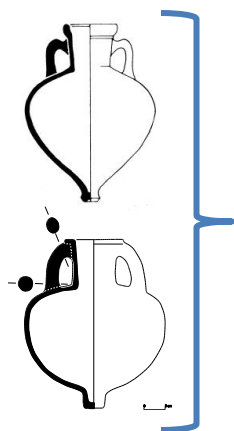
- Adhésive

### Localisation des résidus

- Col

### Utilisation

## Interprétation des résultats



Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



Processus de fabrication  
standardisé ?

### Propriétés de la poix

- Adhésive

### Localisation des résidus

- Col

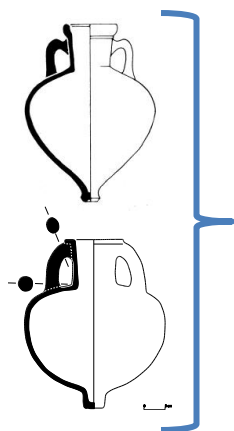


### Utilisation

- fermeture du récipient



## Interprétation des résultats



Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



Processus de fabrication  
standardisé ?

### Propriétés de la poix

- Adhésive
- Imperméabilisante

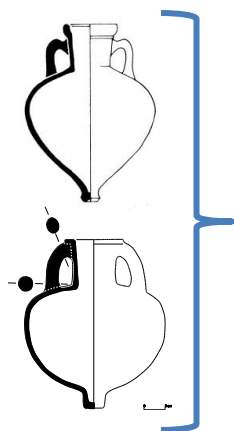
### Localisation des résidus

- Col
- Intérieur
- Fond

### Utilisation

- fermeture du récipient

## Interprétation des résultats



Même composition chimique  
quelque soit l'origine de l'amphore



Processus de fabrication  
standardisé ?

### Propriétés de la poix

- Adhésive
- Imperméabilisante

### Localisation des résidus

- Col
- Intérieur
- Fond

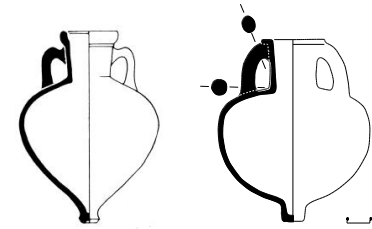


### Utilisation

- fermeture du récipient
- préparation du récipient : imperméabilisation

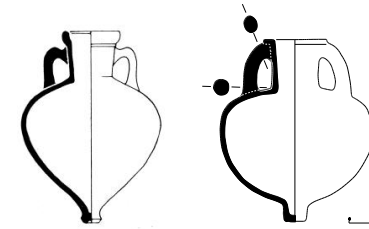
## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



Fabrication de  
la poix

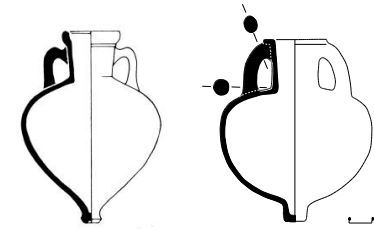
Utilisation de la  
poix

Contenu des  
amphores

Circulation des produits à  
travers la Méditerranée

## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



Fabrication de  
la poix

Utilisation de la  
poix

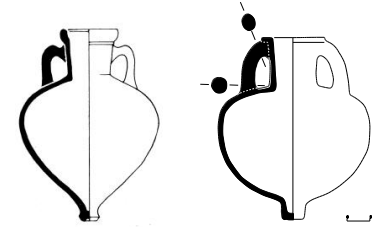
Contenu des  
amphores

Circulation des produits à  
travers la Méditerranée

### Limites de l'identification de résidus organiques archéologiques

## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



Fabrication de  
la poix

Utilisation de la  
poix

Contenu des  
amphores

Circulation des produits à  
travers la Méditerranée

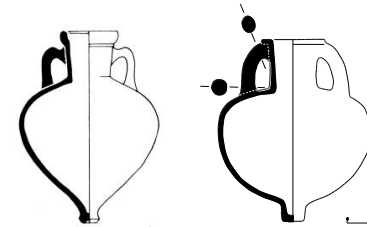
### Limites de l'identification de résidus organiques archéologiques

Partie insoluble

- Pyrolyse
- Extraction par hydrolyse acide ou basique

## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



Fabrication de la poix

Utilisation de la poix

Contenu des amphores

Circulation des produits à travers la Méditerranée

### Limites de l'identification de résidus organiques archéologiques

Partie insoluble

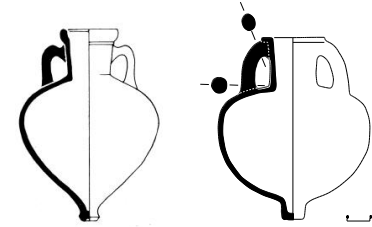
- Pyrolyse
- Extraction par hydrolyse acide ou basique

Contaminations

- Durant l'enfouissement
- Post-fouille

## Intérêt de l'étude des résidus organiques archéologiques

Identification du produit appliqué dans les amphores retrouvées lors de la fouille du port antique de Marseille



Fabrication de la poix

Utilisation de la poix

Contenu des amphores

Circulation des produits à travers la Méditerranée

### Limites de l'identification de résidus organiques archéologiques

Partie insoluble

- Pyrolyse
- Extraction par hydrolyse acide ou basique

Contaminations

- Durant l'enfouissement
- Post-fouille

Nécessité d'un référentiel

- Complémentarité des techniques d'analyse
- Etude du maximum de références actuelles



## EXPLOITATION DES EXSUDATS ET GOUDRONS DE CONIFÈRE PENDANT L'ANTIQUITÉ ET LE MOYEN ÂGE : RÉFÉRENTIEL ET PREMIERS RÉSULTATS ARCHÉOLOGIQUES

### Merci à l'ensemble des participants de ce projet

CEPAM : Maxime Rageot, Arnaud Mazuy et Martine Regert

MMSH : Federica Sacchetti

LA3M : Sylvain Burri

ICN : Jean-Jacques Filippi et Xavier Fernandez

L'ANR EXSUDARCH





