

Evolution des conditions environnementales durant le Paléocène autour du maar de Menat

Stage de Master 1

Alexandre Thibault

Jérémy Jacob, Florence Quesnel



Introduction

Matériel & méthodes

Résultats

Préservation de la MO

Source de la MO

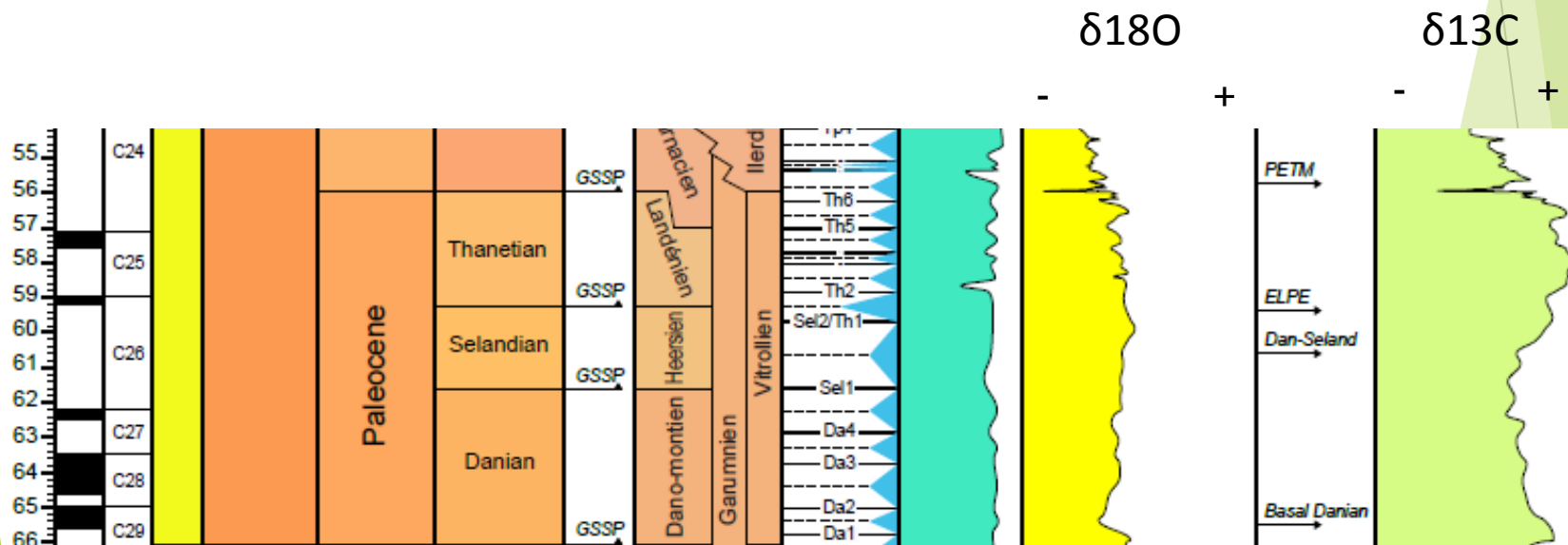
Evolution temporelle

Conclusion

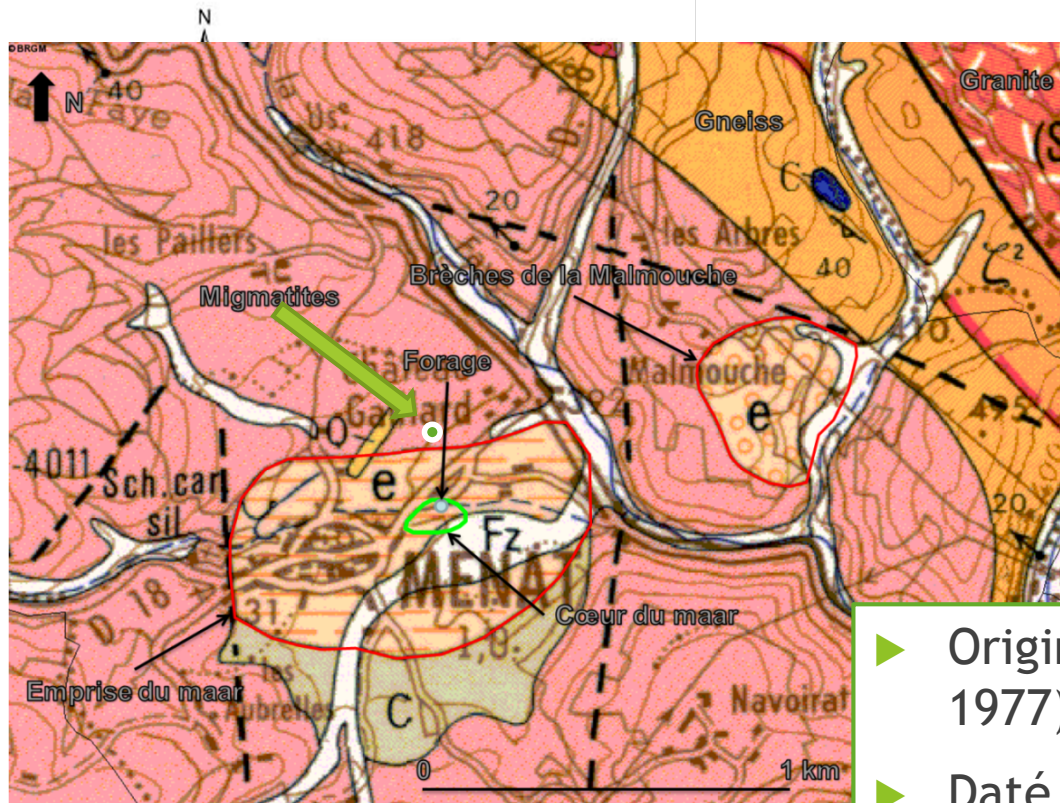
INTRODUCTION

Le Paléocène

- ▶ S'étend de 66 à 56 Ma
- ▶ Le Paléocène terminal est caractérisé par un réchauffement climatique progressif
- ▶ La limite Eocène-Paléocène est caractérisée par un réchauffement brutal : le PETM
- ▶ Climat sub-tropical sur la quasi-totalité du globe



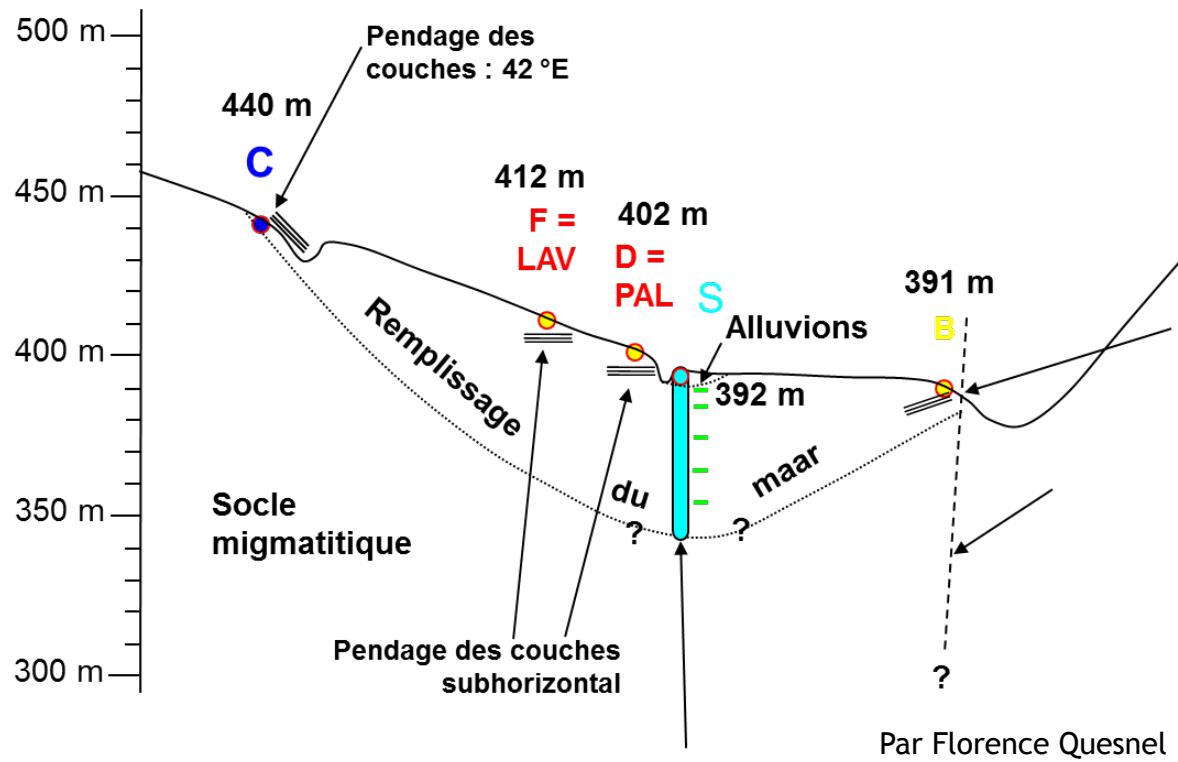
Le maar de Menat



Extrait de la carte géologique de France à 1/1 000 000 (Chantraine et al, 2003)

- ▶ Origine volcanique (Vincent et al. 1977)
- ▶ Daté à 61 Ma (Sélandien) par Guillou et al. 2009
- ▶ Proche de la jonction entre la faille de la Marche et du Sillon Houiller

W Coupe géologique schématique du Maar de Menat E



Le maar de Menat

- ▶ Etudes préliminaires : pollen, fossiles (feuilles, mammifère)



Le maar de Menat

- ▶ La succession est très homogène.
- ▶ Argilite brune à noire, feuilletée.
- ▶ Intercalations de fines lamines plus claires
- ▶ Riche en pyrite.



Photos Florence Quesnel

Problématiques

- ▶ Quel est l'impact des conditions climatiques du Paléocène sur l'environnement dans le bassin versant du maar de Menat?
 - ▶ Quels sont les sources et l'état de préservation de la MO dans le maar?
 - ▶ Y observe-t-on des variations temporelles?

Introduction

Matériel & méthodes

Résultats

Préservation de la MO

Source de la MO

Evolution temporelle

Conclusion

MATERIEL & METHODES

Le forage

- ▶ Forage (50 m) réalisé par le BRGM en 2008.
 - ▶ 152 échantillons prélevés.
- ▶ 12 échantillons sélectionnés en 2014 à un pas de 4 m pour le Rock-Eval et les biomarqueurs moléculaires.
- ▶ Avant d'être analysés, les 12 échantillons ont été observés, séchés (à 38 °C pendant une semaine), et broyés.



Les analyses réalisées

- ▶ Quantité et qualité de la MO : Rock-Eval 6
 - ▶ Extraction des biomarqueurs : ASE
 - ▶ Séparation des biomarqueurs en fractions : chromatographie sur mini colonne
 - ▶ Identification et quantification des biomarqueurs : GC-MS
- +
- ▶ Analyse CHNS : Flash 2000
 - ▶ Corrélation entre les données : ACP

Introduction

Matériel & méthodes

Résultats

Préservation de la MO

Source de la MO

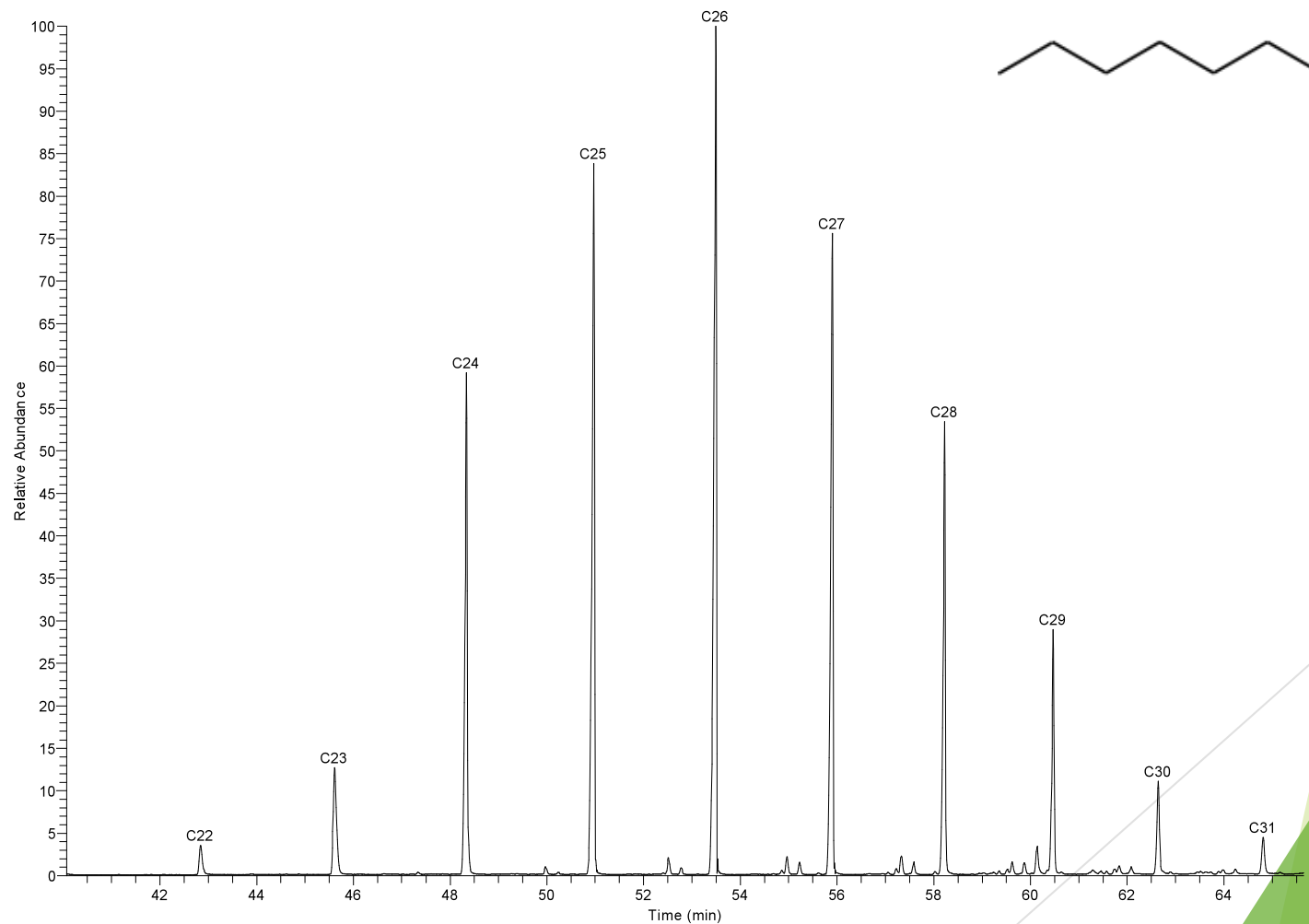
Evolution temporelle

Conclusion

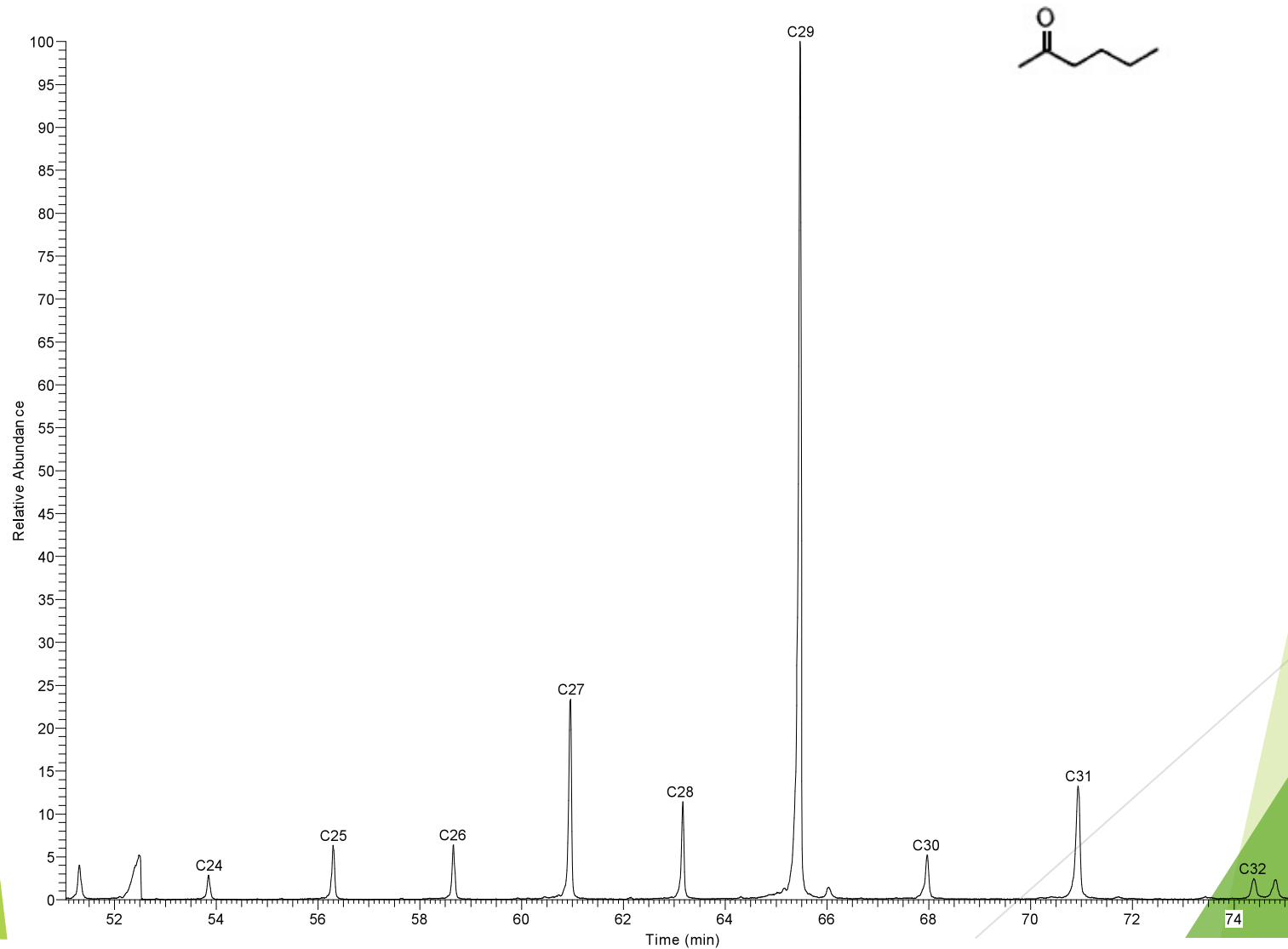
RESULTATS

- ▶ Sédiment très riche en MO (entre 16 et 30 % de COT).
- ▶ Tmax varie entre 427 et 439 °C.
- ▶ Le Carbone total ~ COT → pas ou très peu de carbonates.
- ▶ Riche en Soufre (teneur moyenne de 1,8%).

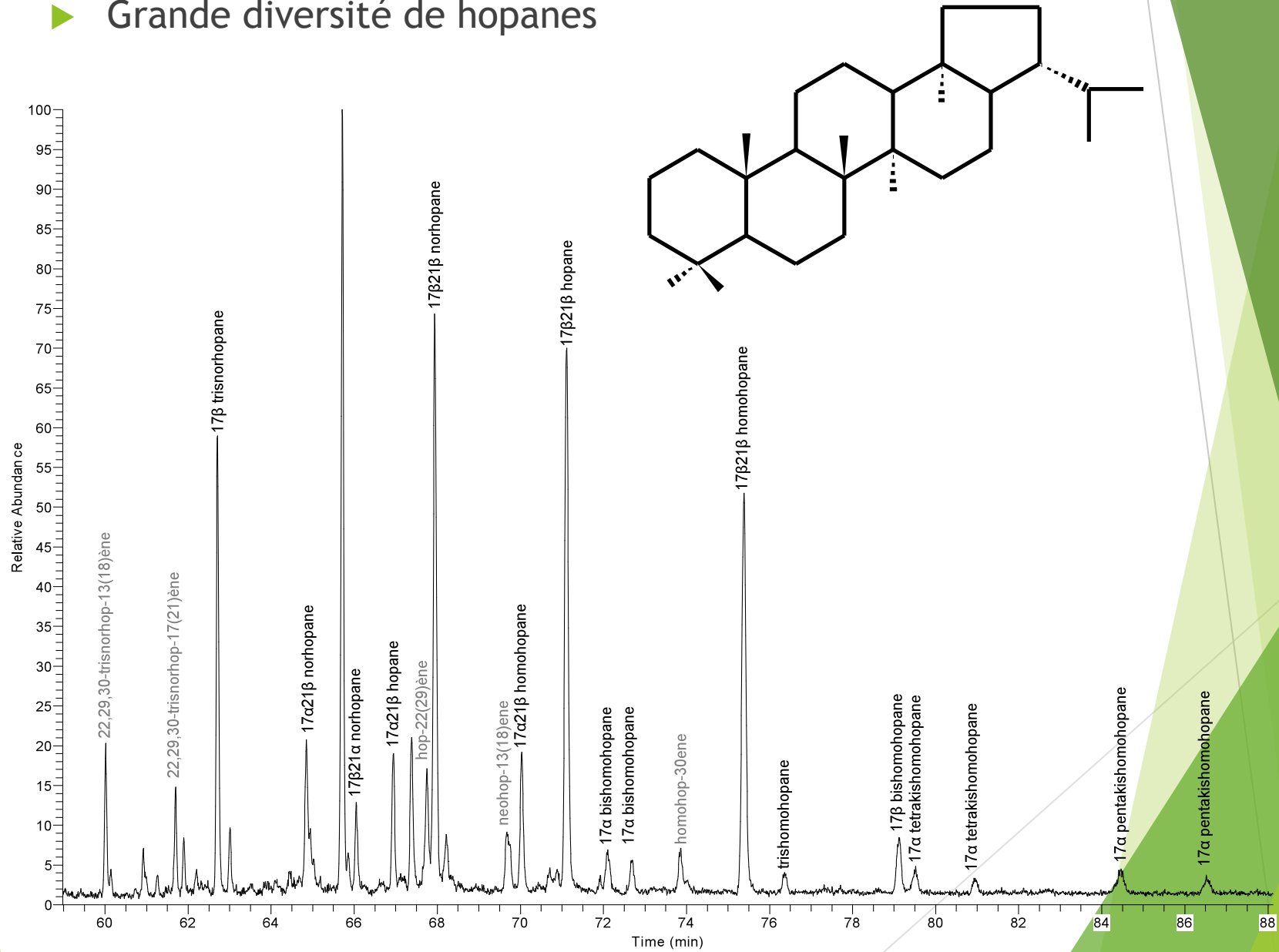
- Distribution des *n*-alcane unimodale (de *n*-C16 à *n*-C35) de mode allant de *n*-C26 à 28 sans prédominance pair-impair.



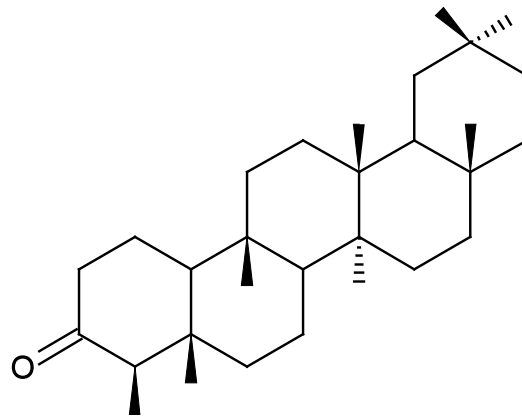
► Prédominance des *n*-cétones impaires de *n*-C18 à *n*-C32



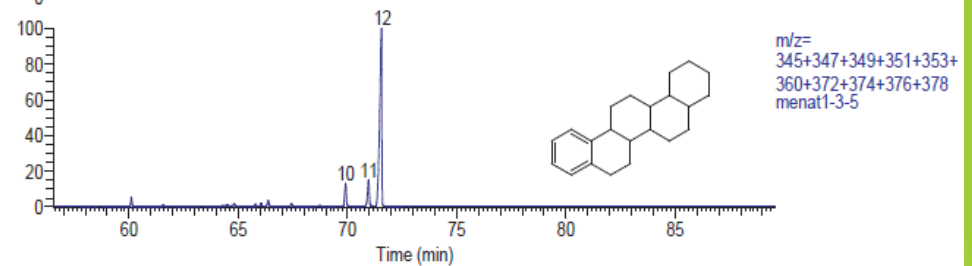
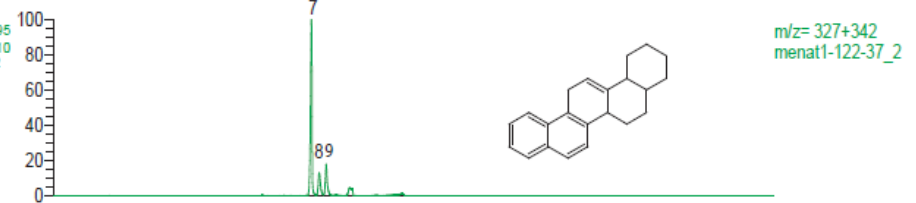
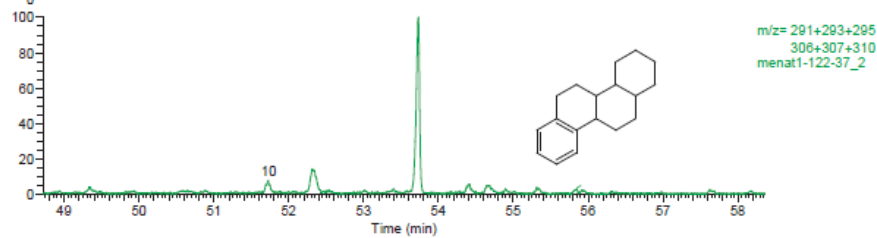
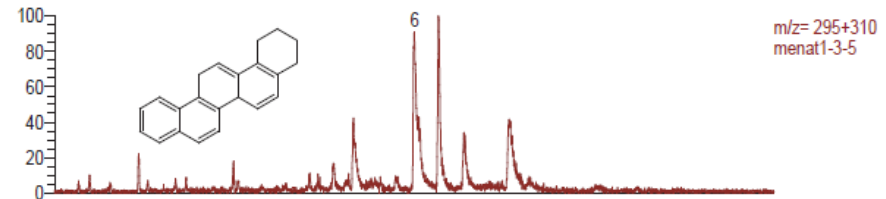
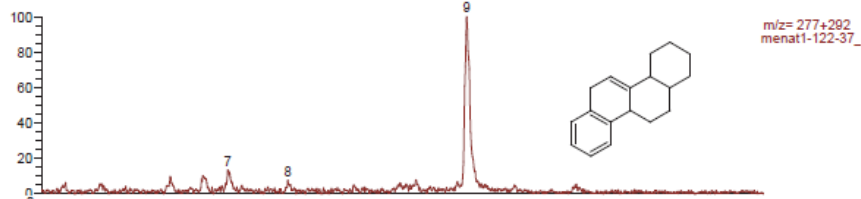
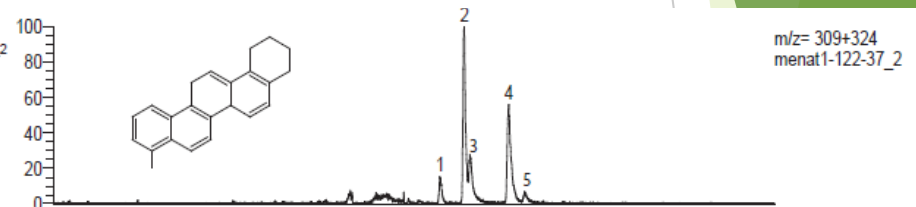
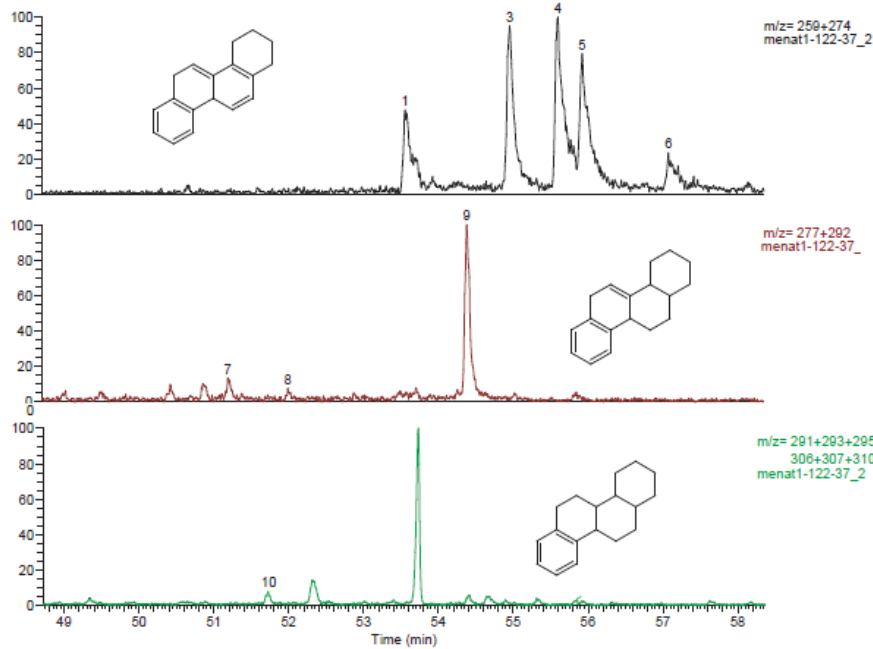
► Grande diversité de hopanes



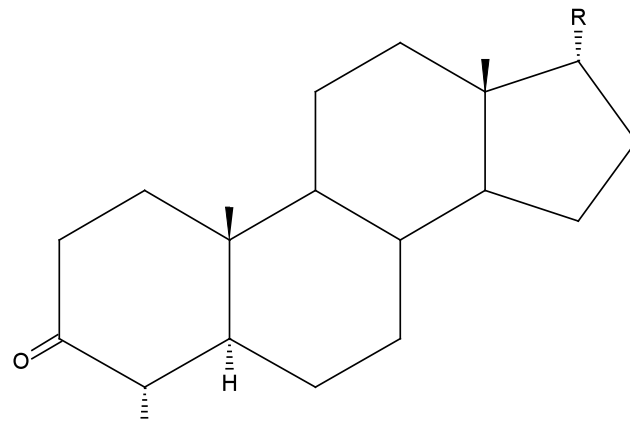
- Un triterpène pentacyclique intact → Friédéline :



- ▶ Beaucoup de dérivés diagenétiques (aromatiques et des-A) de triterpènes pentacycliques



► Des 4-méthyl-stanones :



Introduction

Matériel & méthodes

Résultats

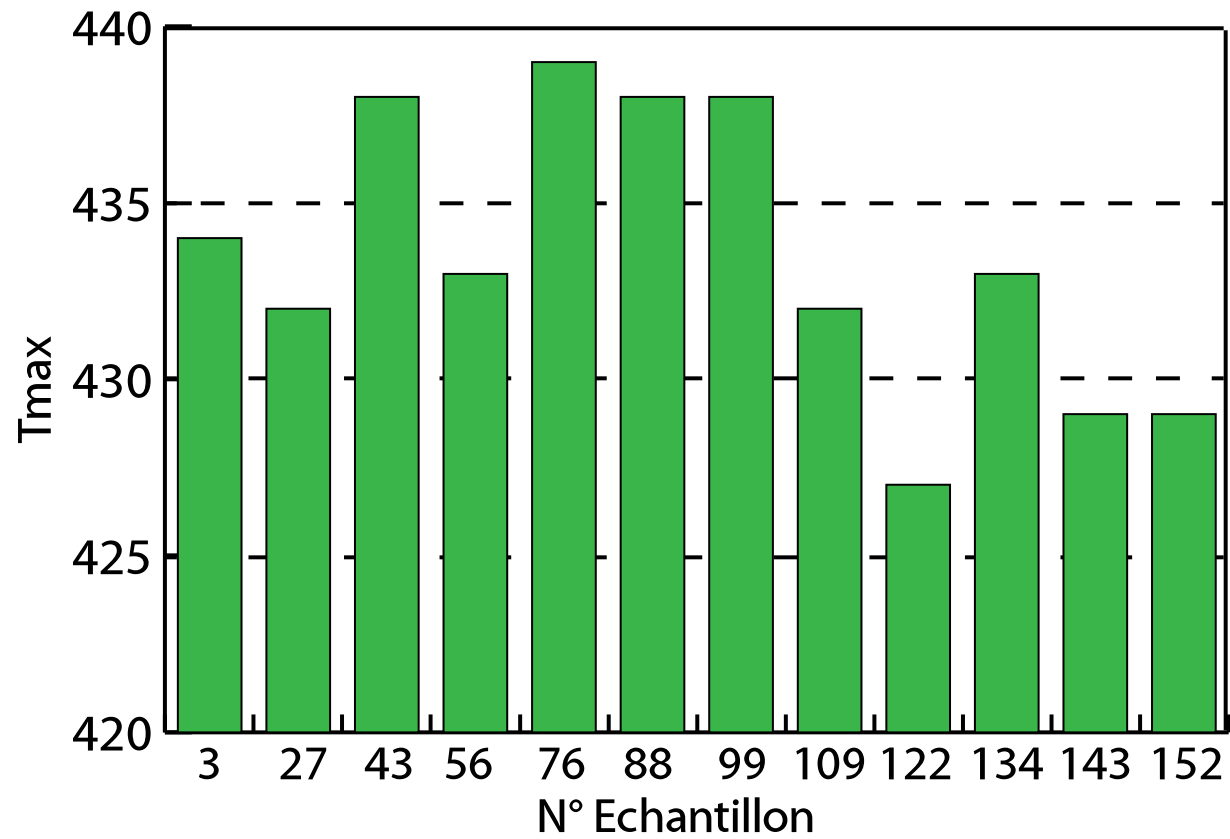
**Préservation de la
MO**

Source de la MO

Evolution temporelle

Conclusion

DISCUSSION

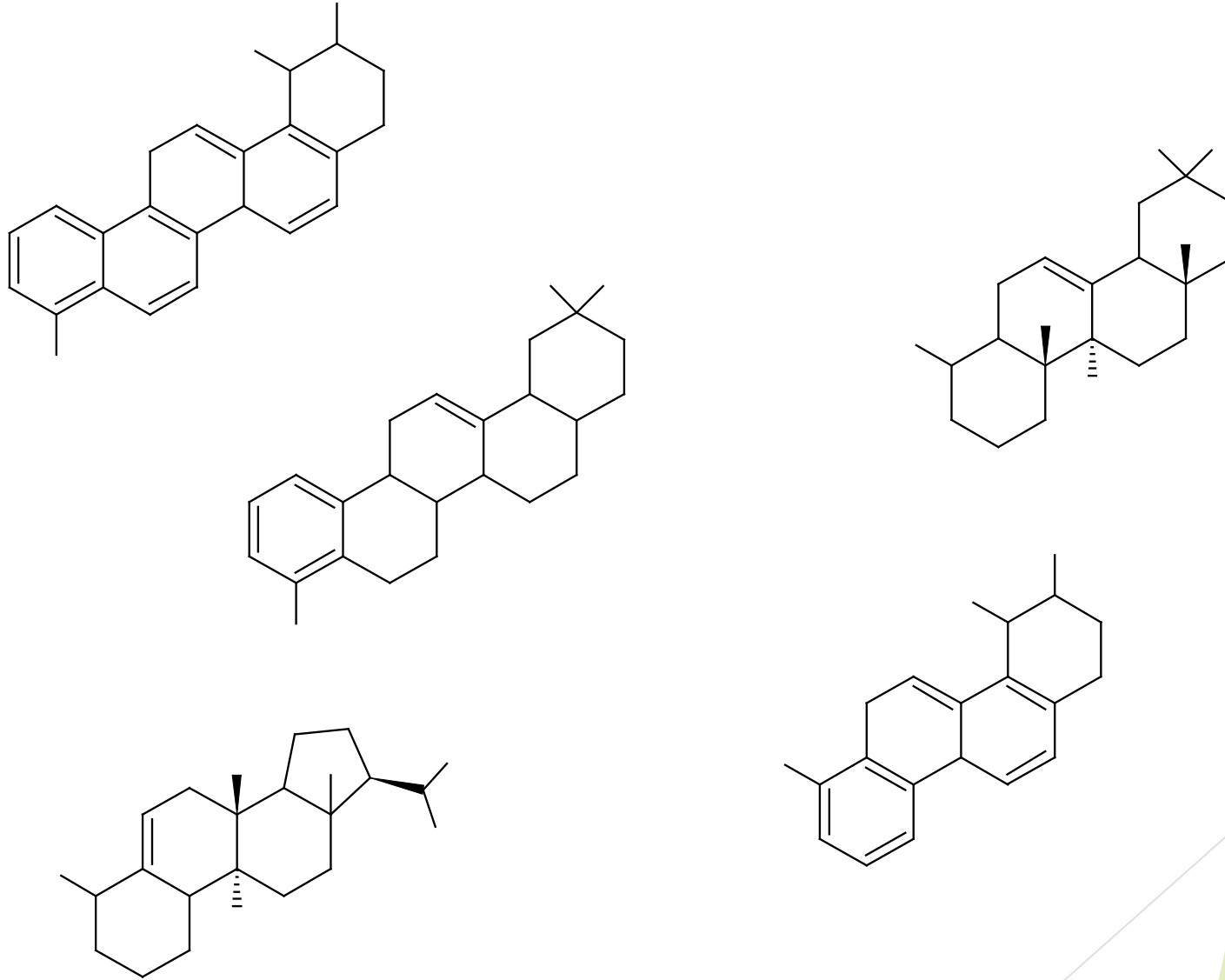


► Faible maturité thermique

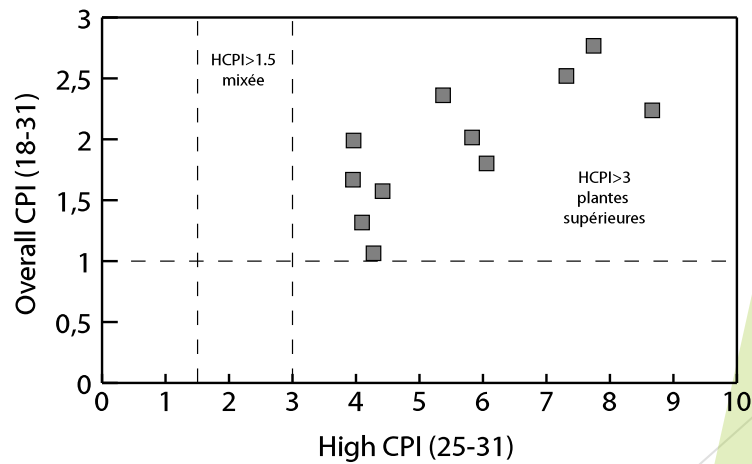
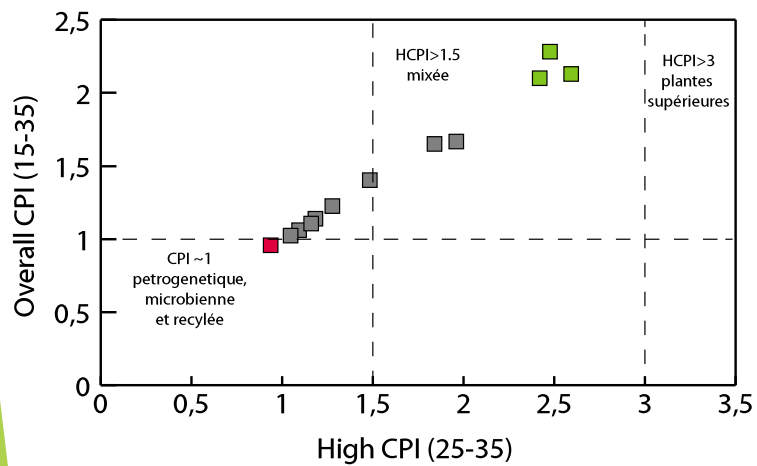
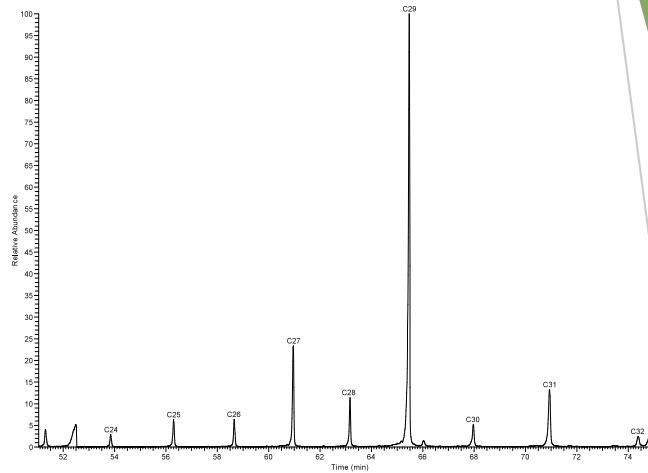
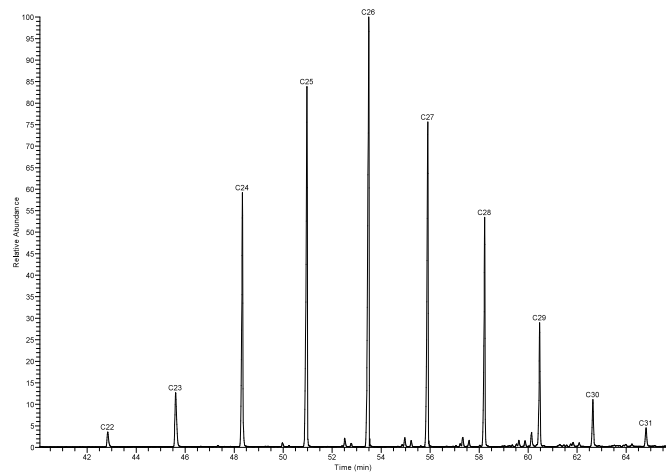
Hopanes :

- ▶ Dominance des isomères $\beta\beta$ → évoluent en $\beta\alpha$ puis en $\alpha\beta$ pendant la diagenèse.
- ▶ Beaucoup de 17α - trinorhopane (Tm) et peu, voire pas, de 18α - trinorhopane (Ts) :
 - ▶ Rapport Tm/Ts très fort → diminue avec la diagenèse

- ▶ Faible maturité thermique



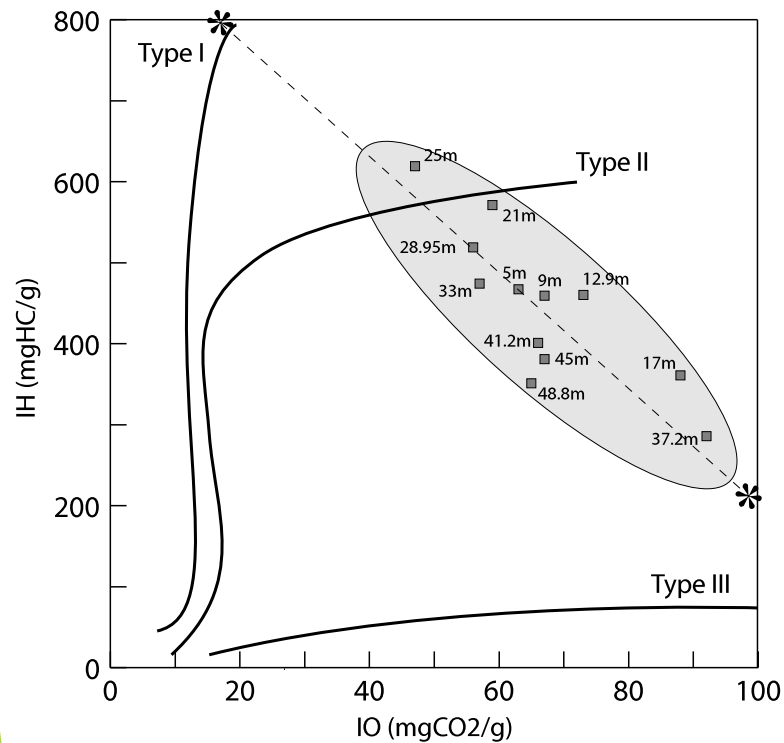
Marqueurs de diagenèse précoce



- n-Alcanes mal préservés
- n-Cétones bien préservées

Conclusion

- ▶ Faible maturité thermique
- ▶ Biomarqueurs de diagenèse précoce



- ▶ MO de type II (marin) et type III (végétaux sup)
- ▶ 2 hypothèses :
 - ▶ MO de type III qui mime un signal de type I
 - ▶ Mélange entre une MO de type I et de type III

- ▶ Friédéline
- ▶ Beaucoup de dérivés de triterpènes pentacycliques
- ▶ 4-méthyl-stanones
- ▶ Faible CPI des *n*-alcanes (Volkman)

Angiospermes

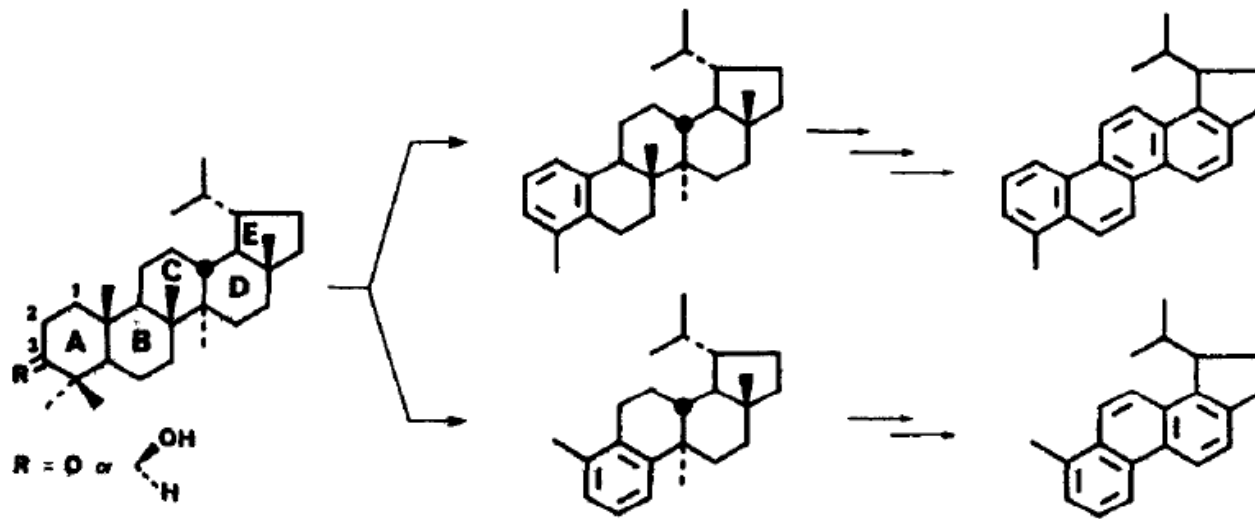


Diatomées



- ▶ Conforte l'hypothèse d'un mélange de MOs

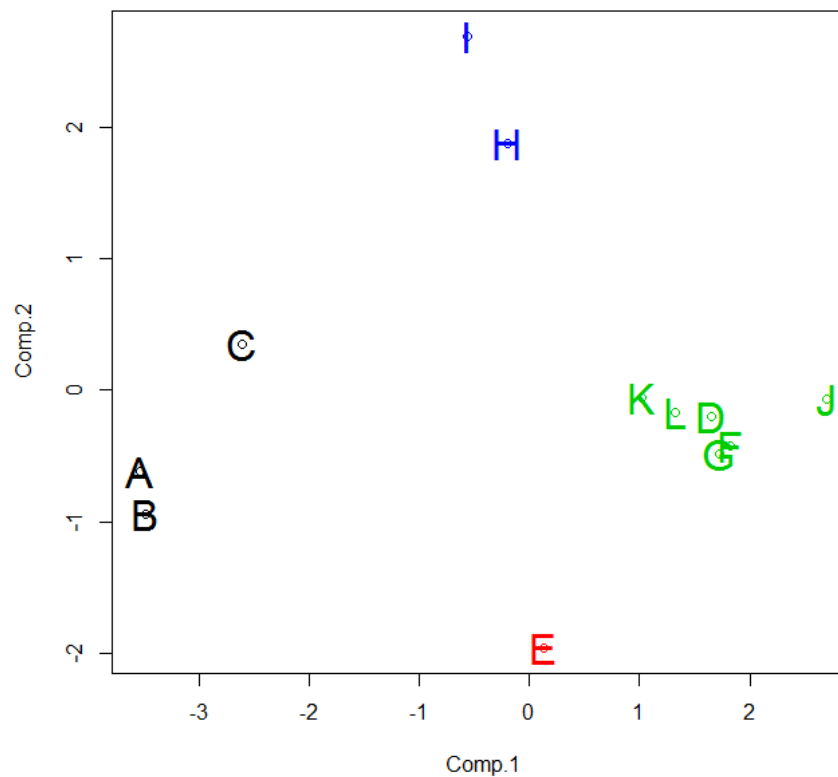
Séquence de diagenèse précoce des TP (Wolff et al., 1989)



Les facteurs qui contrôlent ces aromatisations sont méconnus

Les variations des conditions environnementales (diagenèse)

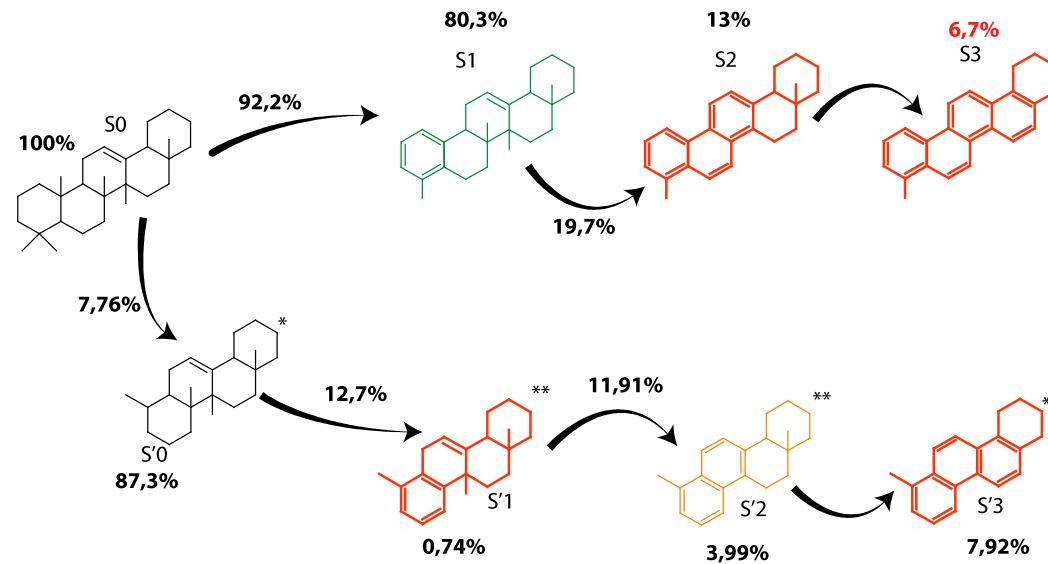
- L'ACP sur les dérivés aromatiques permet de définir 4 modes de diagenèse des triterpènes pentacycliques.



5 m	1
9 m	1
12,9 m	1
17 m	3
21 m	2
25 m	3
28,95 m	3
33 m	4
37,2 m	4
41,2 m	3
45 m	3
48,8 m	3

MODE 1

Tmax = 434,7°C



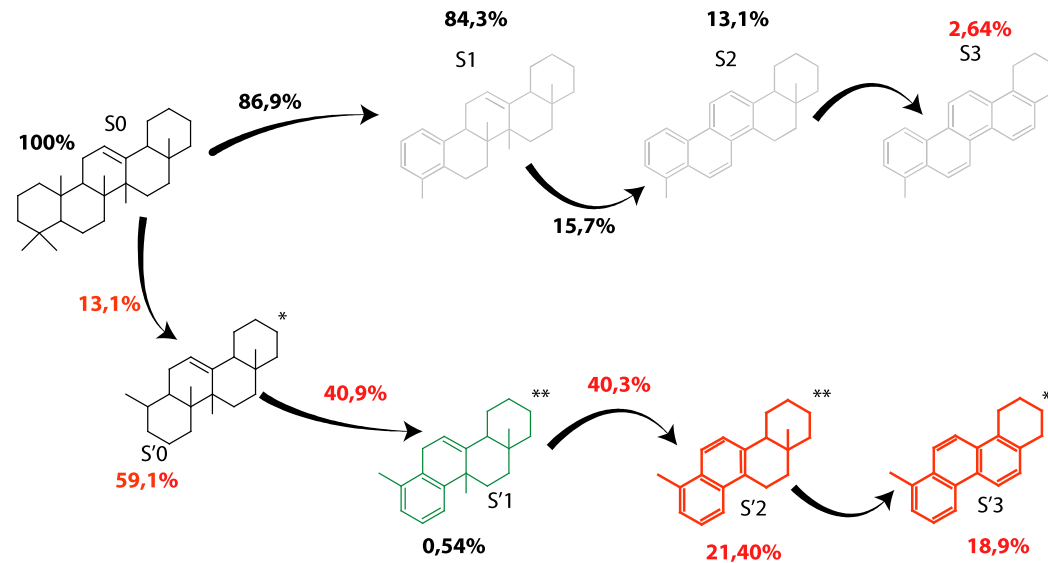
Grande quantité en dérivés aromatiques

Aromatisation forte en TP tétra-aromatiques

5 m	1
9 m	1
12,9 m	1
17 m	3
21 m	2
25 m	3
28,95 m	3
33 m	4
37,2 m	4
41,2 m	3
45 m	3
48,8 m	3

MODE 2

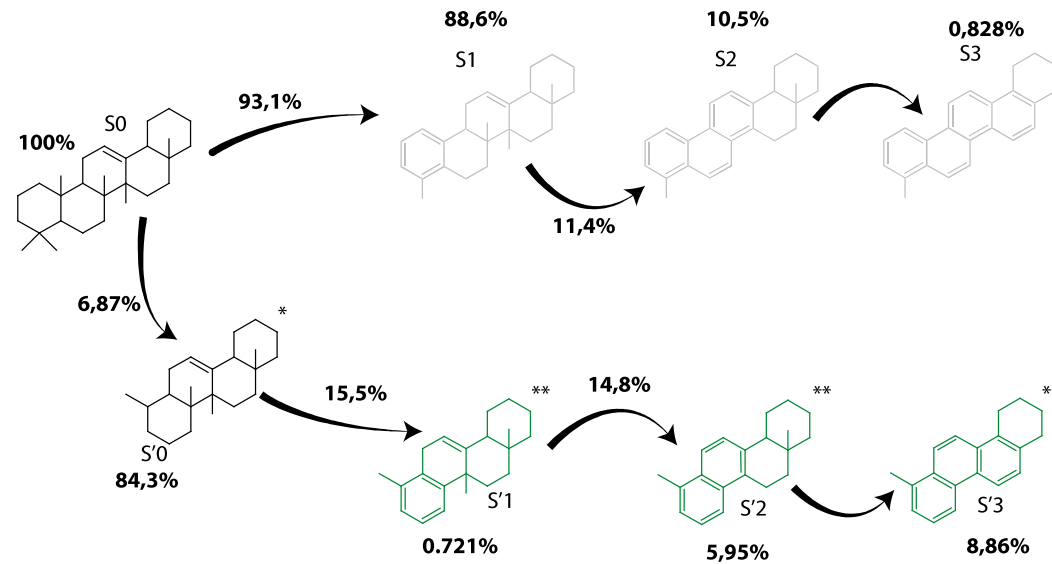
Tmax = 439 °C



Perte du cycle A plus importante

Aromatisation assez forte en TP tétra-aromatiques,
Mais très forte en Des-A di et tri-aromatiques

5 m	1
9 m	1
12,9 m	1
17 m	3
21 m	2
25 m	3
28,95 m	3
33 m	4
37,2 m	4
41,2 m	3
45 m	3
48,8 m	3

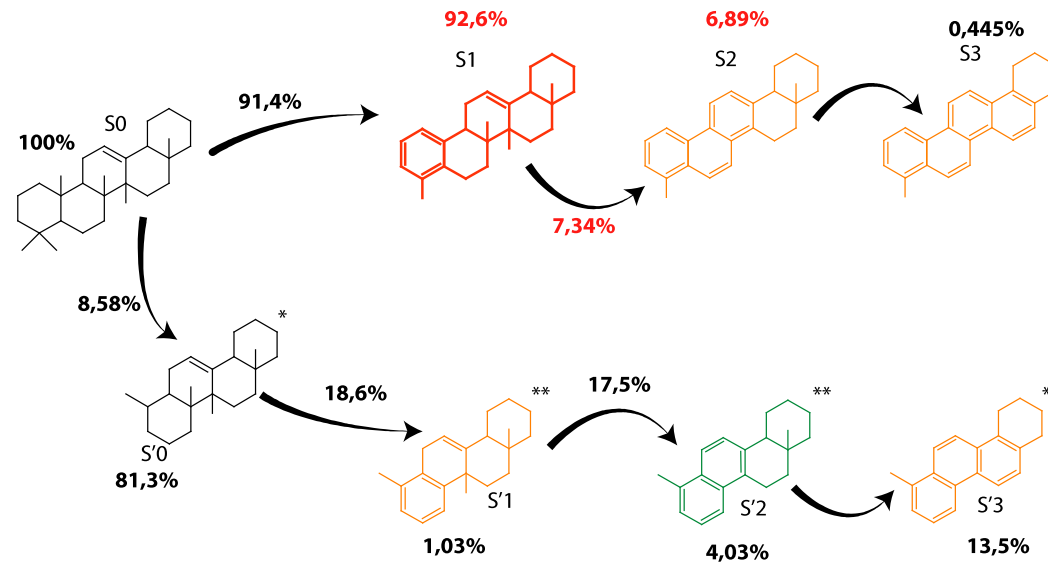
MODE 3T_{max} = 433,3°C

Très peu de dérivés aromatiques

5 m	1
9 m	1
12,9 m	1
17 m	3
21 m	2
25 m	3
28,95 m	3
33 m	4
37,2 m	4
41,2 m	3
45 m	3
48,8 m	3

MODE 4

Tmax = 429,5°C



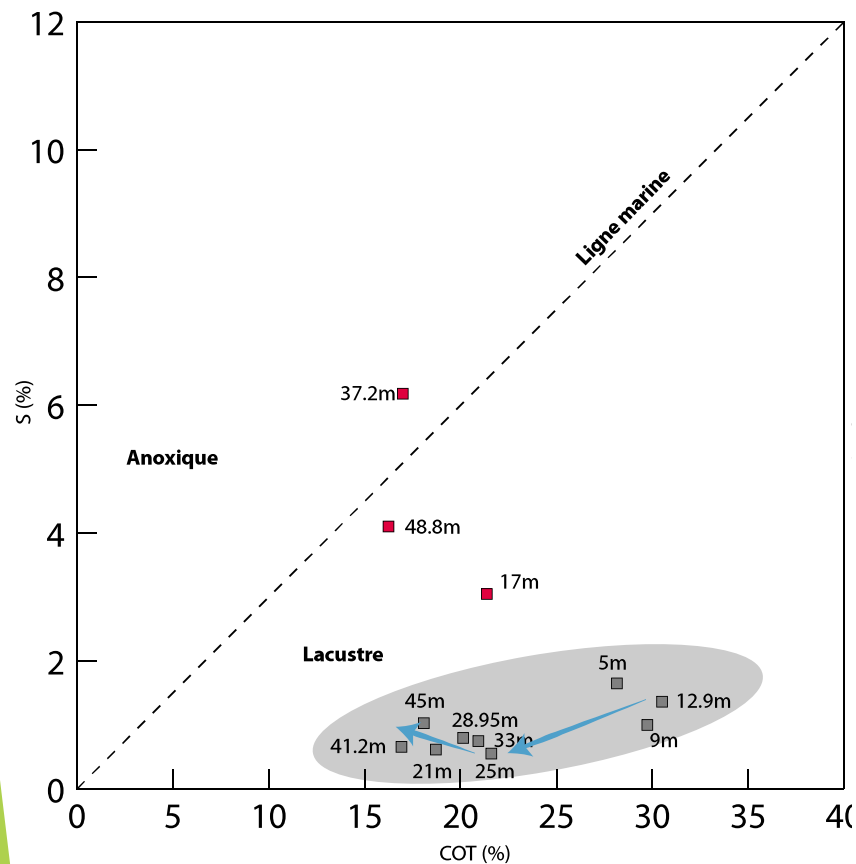
Aromatisation très forte en TP mono-aromatiques, ils sont présents en très grande quantité dans ce mode

5 m	1
9 m	1
12,9 m	1
17 m	3
21 m	2
25 m	3
28,95 m	3
33 m	4
37,2 m	4
41,2 m	3
45 m	3
48,8 m	3

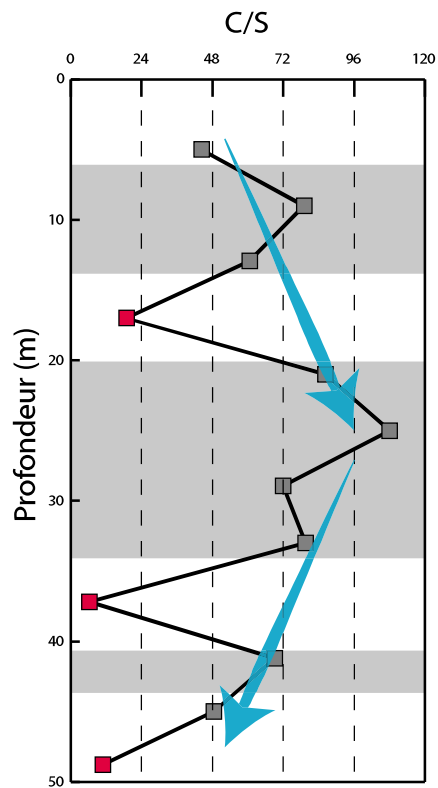
- ▶ Chaque mode de diagenèse témoigneraient de conditions environnementales différentes
- ▶ Le Tmax les « plus élevés » semblent correspondent aux modes d'aromatisation les plus avancés (1 et 2) → contrôle bactérien?

Mode	Tmax
1	435
2	439
3	433
4	430

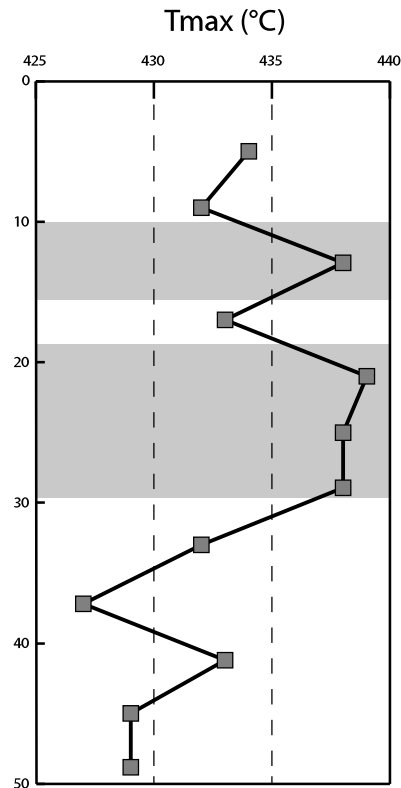
Les variations des conditions environnementales (Soufre)



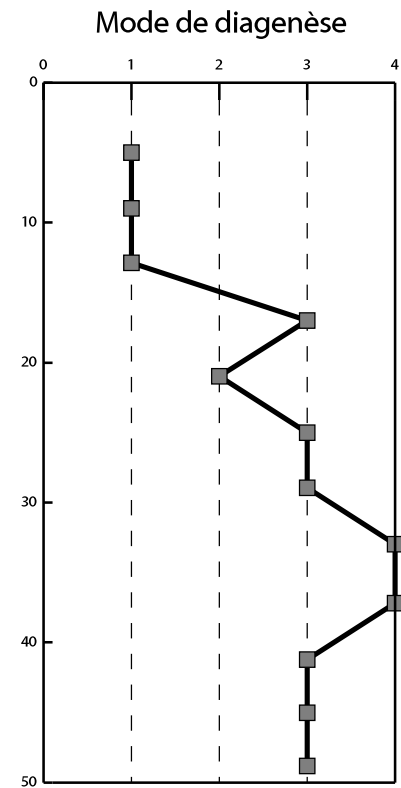
- ▶ 3 échantillons sortent de la tendance générale → 3 événements beaucoup plus riches en Soufre
- ▶ La présence de Soufre, et de pyrite indiquent au moins une anoxie dans les sédiments



+



+



→ Témoignent de variations environnementales dans le BV du maar

Introduction

Matériel & méthodes

Résultats

Préservation de la MO

Source de la MO

Evolution temporelle

Conclusions

CONCLUSIONS

Conclusions

- ▶ MO bien préservée
- ▶ Mélange de MO algale (diatomées) et de végétaux sup (avec des angiospermes)
- ▶ Distingue différents modes de diagenèses qui correspondraient à des changements de conditions physico-chimiques dans le bassin versant, dans la colonne d'eau ou dans les sédiments
- ▶ Anoxie au moins dans les sédiments
- ▶ Tendence générale de l'évolution du rapport C/S avec 3 échantillons qui en sortent → anoxie dans la colonne d'eau?

Perspectives

- ▶ Préciser les apports lacustres et de végétaux supérieurs → étude palynofaciès
- ▶ Corréler les variations environnementale a des variations climatique globale → datation par radiochronologie ou par magnétostratigraphie
- ▶ Remonter aux conditions climatiques et hydrologiques → $\delta^{13}\text{C}$ et D/H des *n*-alcanes → GC-IRMS
- ▶ Facteurs contrôlant l'aromatisation des TP → expérimentations
- ▶ Affiner les variations temporelles et peut être y détecter des cycles → échantillonnage a plus haute résolution

Merci

