

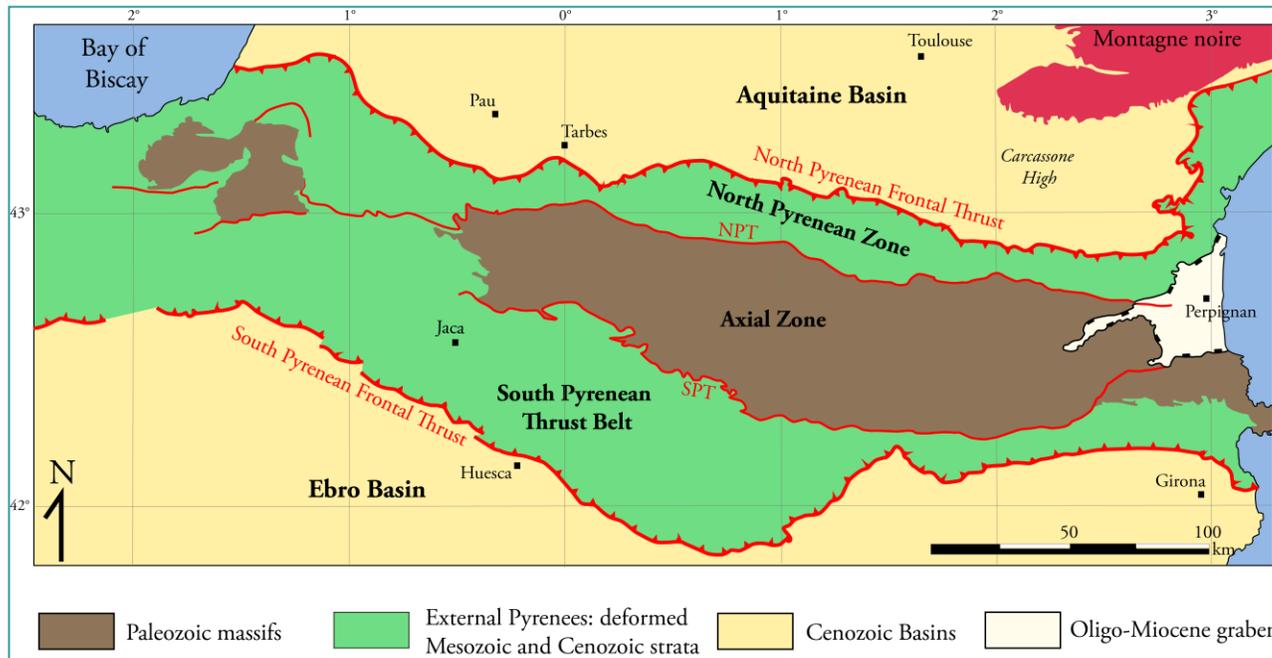
Évolution morphogénique des Pyrénées orientales vue par les datations cosmogéniques de systèmes karstiques étagés

A. Sartégou^(1,2), R. Braucher⁽²⁾, P.-H. Blard⁽³⁾, D. L. Bourlès⁽²⁾, M. Calvet⁽¹⁾, P. Sorriaux, B. Tibari⁽³⁾, L. Zimmermann⁽³⁾, C. Bès, J.-C. Gayet, G. Hez, P. Moreno, S. & B. Ournié, CDS 09, Y. Gunnell⁽⁴⁾, A. Bourdet, V. Guillou⁽²⁾, G. Aumaitre⁽²⁾, et K. Keddadouche⁽²⁾

(1) HNHP Perpignan, (2) CEREGE Aix-en-Provence, (3) CRPG Nancy, (4) EVS Lyon

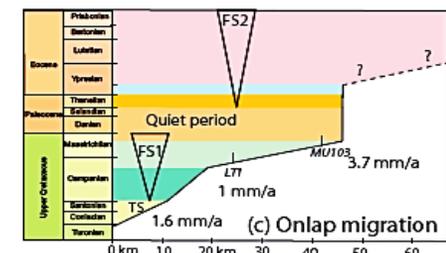
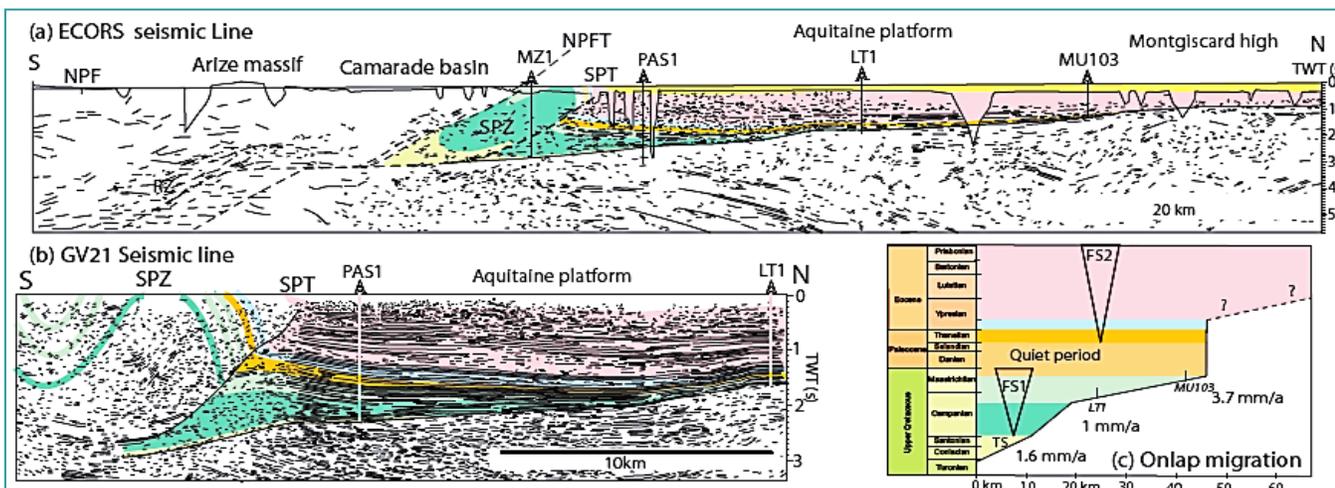
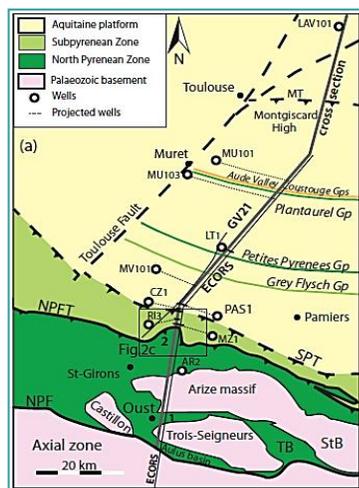


Pourquoi cette étude ?



Pyrenées :

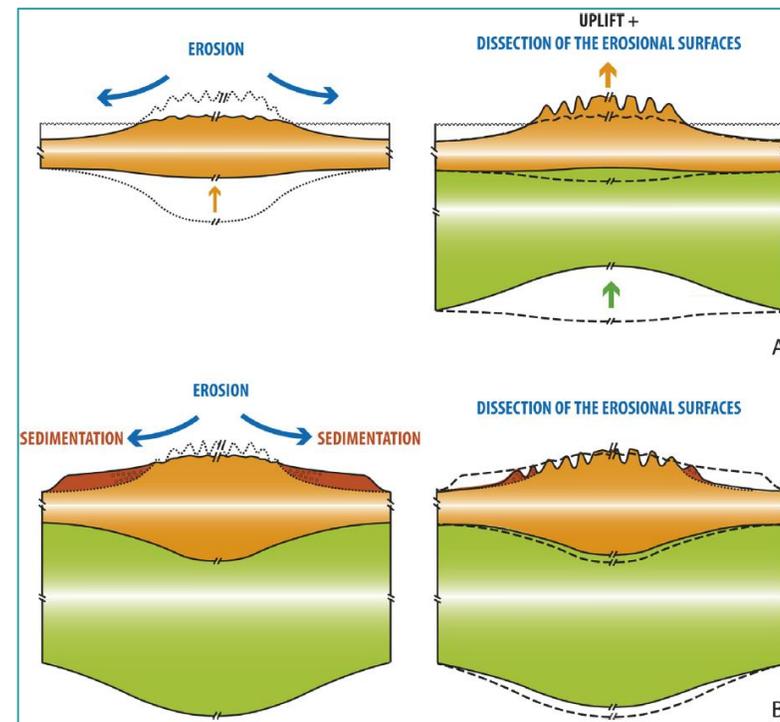
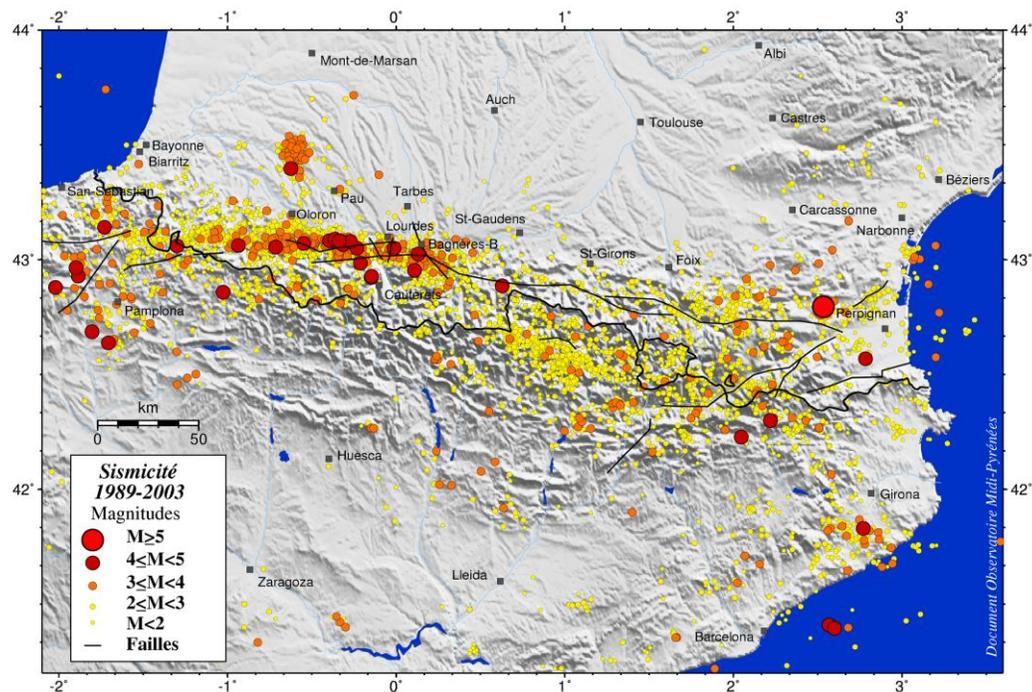
- Première phase d'orogénèse de 84 Ma à 66 Ma ;
- Phase de « quiescence » de 66 Ma à 59 Ma ;
- Reprise de l'orogénèse de 59 Ma à ?



(Ford et al., 2015)

Pourquoi cette étude ?

➤ Chaîne considérée comme « inactive » pendant longtemps, mais travaux récents indiquent qu'elle n'aurait pas atteint un état d'équilibre (e.g. Ford *et al.*, 2015) ;



(Bosch *et al.*, 2016)

➤ Indices portant à croire qu'elle se serait soulevée de 2 km depuis 10 Ma *via* les aplanissements culminants (e.g. Gunnell *et al.*, 2008) mais débattue ;

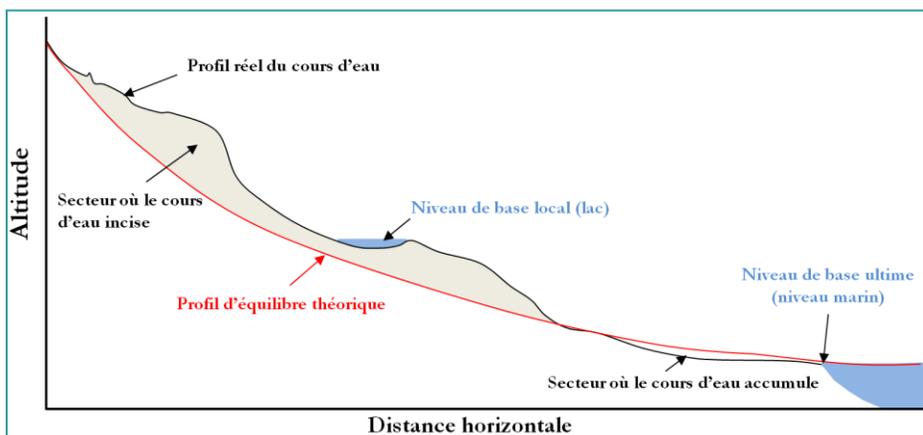
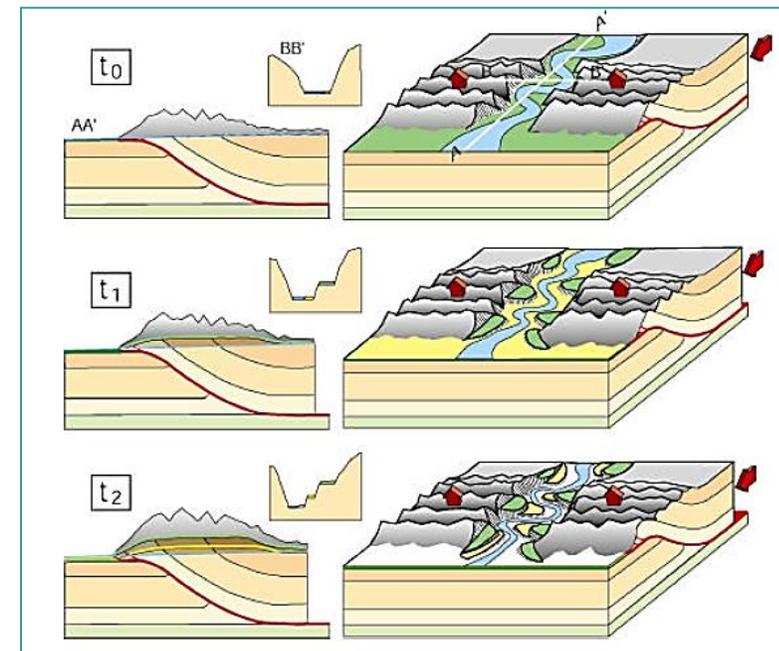
➔ Évolution post-orogénique énigmatique et débattue.

Qu'apportent les études de l'incision quant à la connaissance du soulèvement ?

- Mouvements verticaux = sources des topographies continentales.

Modèle de formation et d'abandon de terrasses au cœur d'un pli actif (Lavé & Avouac, 2000) : les terrasses alluviales sont des marqueurs passifs du soulèvement →

➔ Mais peu de reliquats dans les zones d'intérêt et pas intégralement adapté à notre échelle de temps (conservation)



← Profil d'équilibre d'un cours d'eau : les rivières sont des marqueurs dynamiques du soulèvement ➔ mais pas adapté à notre échelle de temps

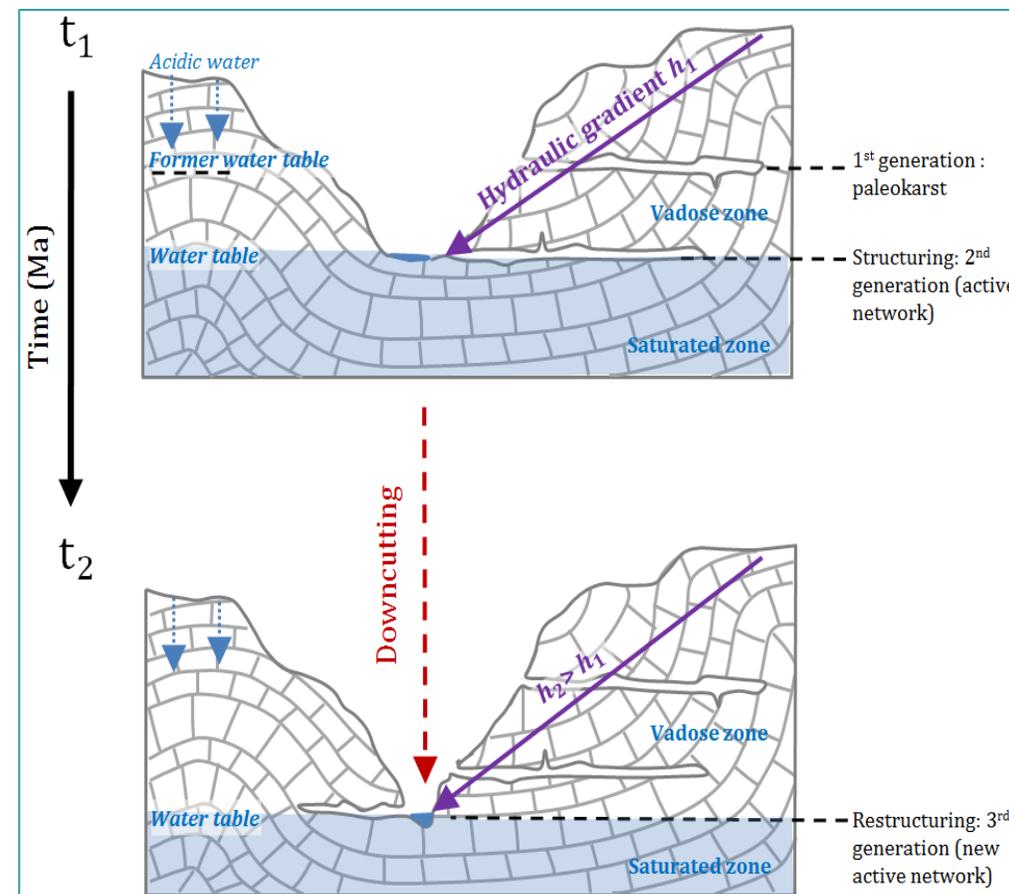
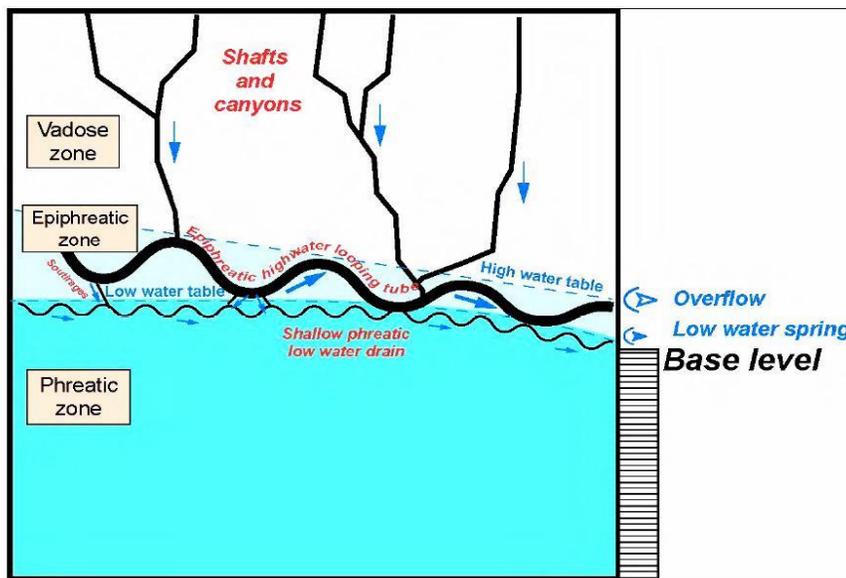
➔ **Nécessité de trouver un autre marqueur**

Le karst : un outil puissant

- Réalisation très rapide d'un réseau (10-40 ka) & conservation très longue des formes et des dépôts (plusieurs Ma) ;
- Postulat de base : les grandes galeries épinoyées indiquent la proximité du toit de la nappe = position contemporaine du niveau de base local dans les vallées → étagement en fonction de ses variations.

Modèle épiphréatique (Audra & Palmer, 2004)

- Meilleure adéquation entre le toit de la nappe et le niveau de base ;
- Deux systèmes de galeries superposés et synchrones.



Le karst : un outil puissant

- Systèmes karstiques étagés aux flancs des vallées ⇔ même intérêt que les terrasses alluviales → documente les étapes de l'incision ;
- Présence de matériel alluvial piégé dans ces galeries ainsi que de planchers stalagmitiques → jalons datables (âges d'abandon des galeries par les eaux) et paléotaux de dénudation.

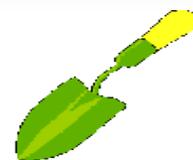
Grotte d'En Gorner, photo G. Hez



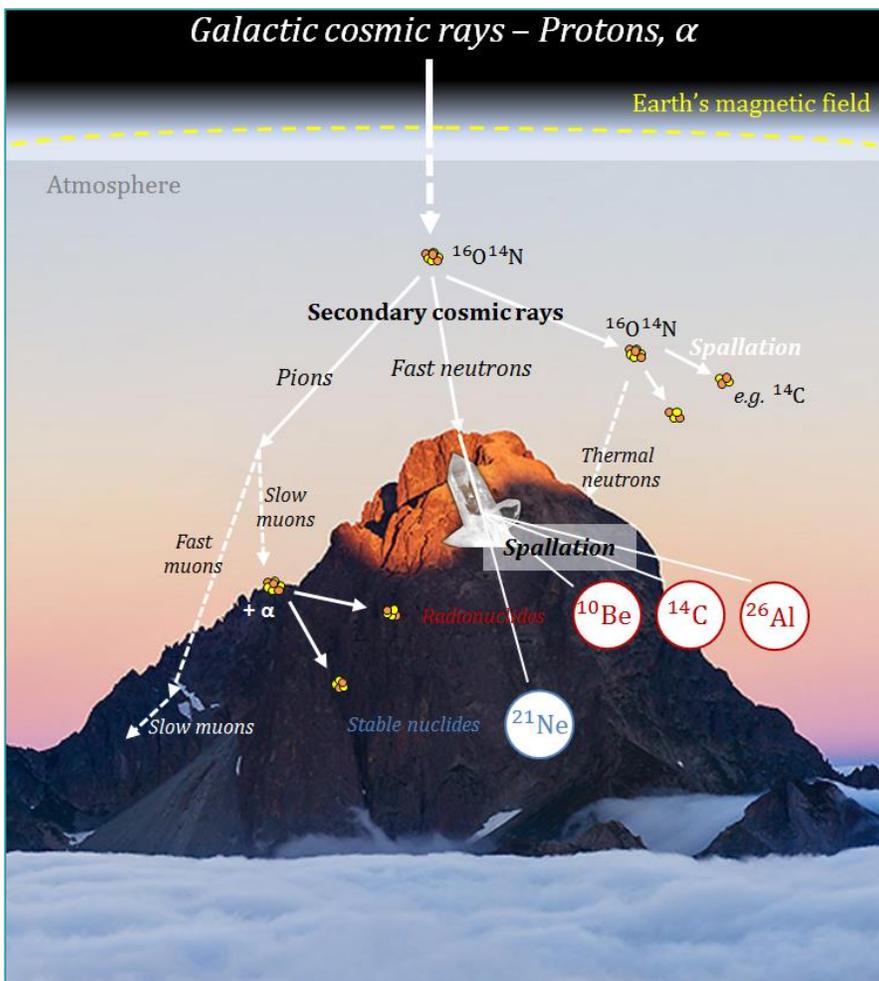
Réseau Lachambre, camp Max-Lise



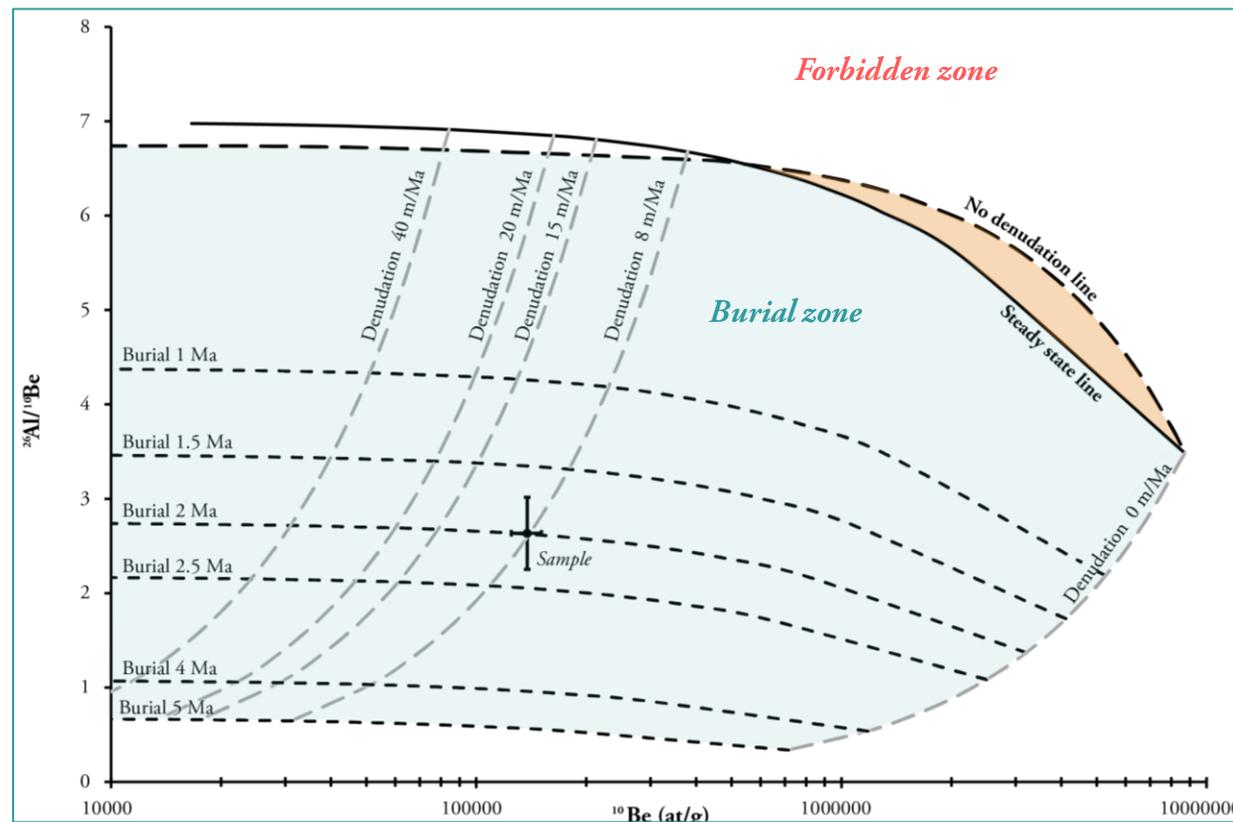
Réseau du TM 71, photo P. Moreno



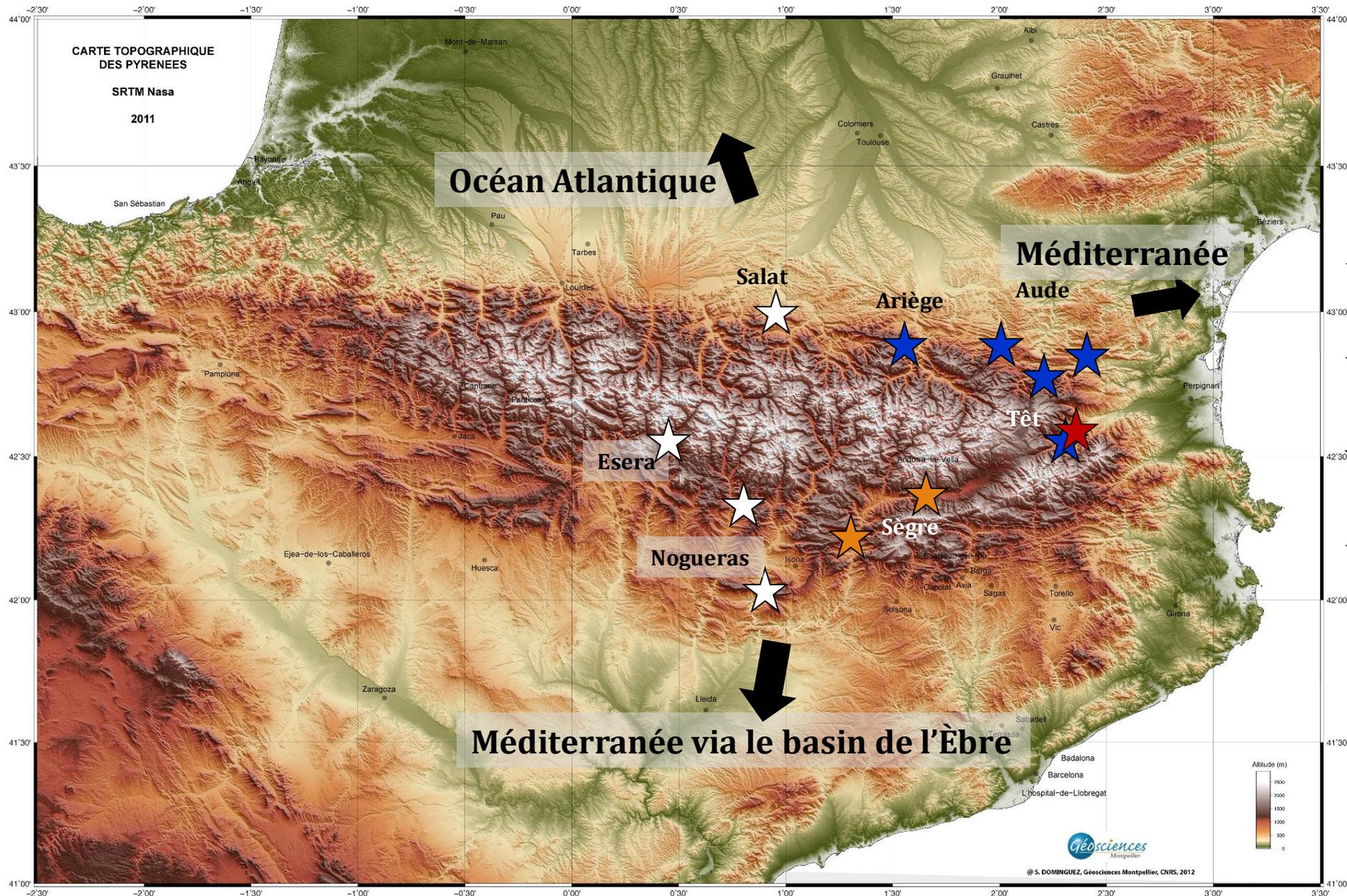
Depuis combien de temps sont enfouis les échantillons ?



Mode de production des nucléides cosmogéniques



Que se passe t-il lorsqu'un échantillon est protégé de l'influence du rayonnement cosmique ?



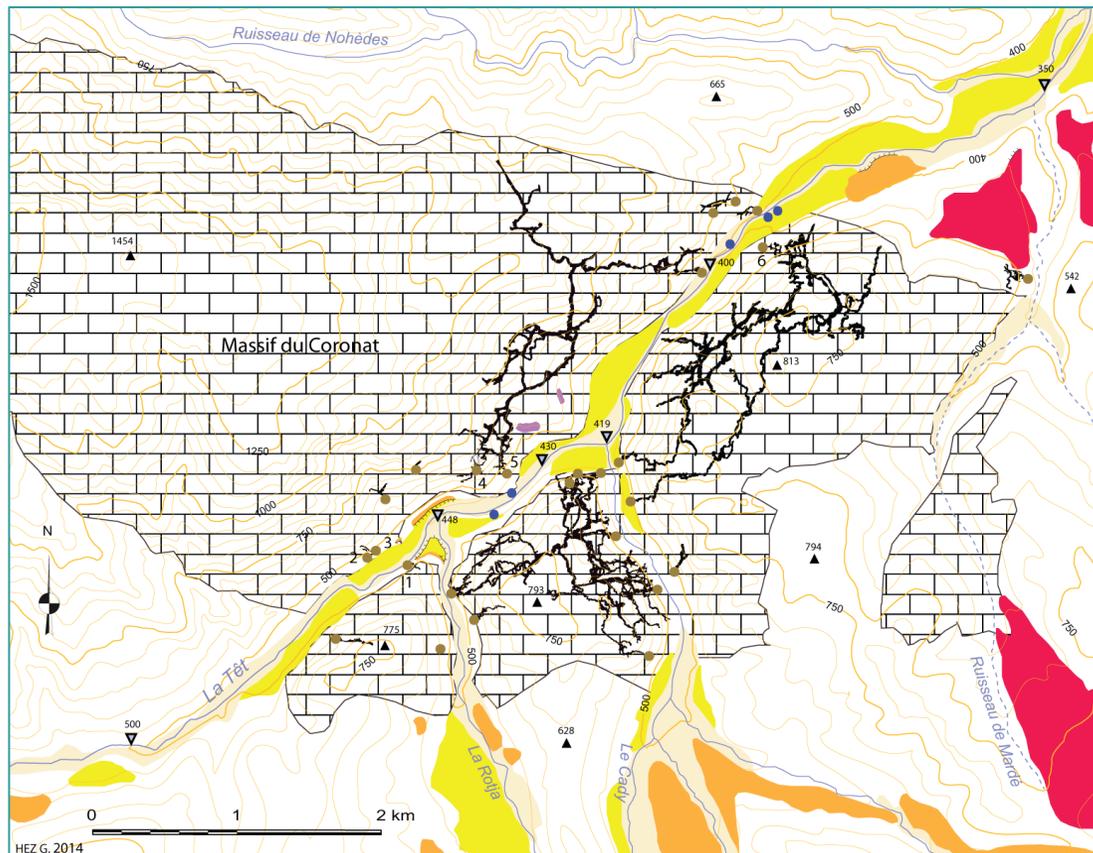
★ Calvet *et al.*, 2015 (Geomorphology)

★ En cours

★ En cours (Géosciences Montpellier)

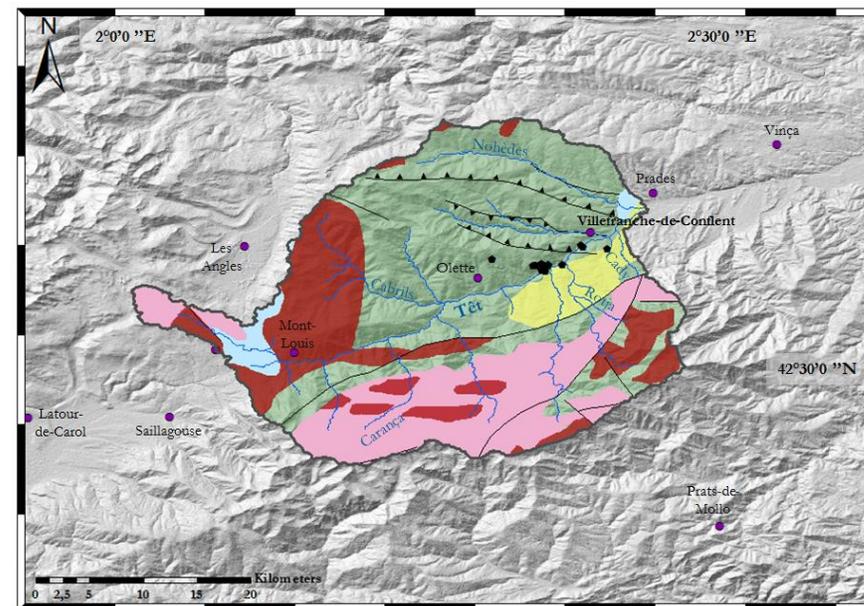
★ Non réalisable durant ma thèse (à l'état de prospection)

Vallée de la Têt

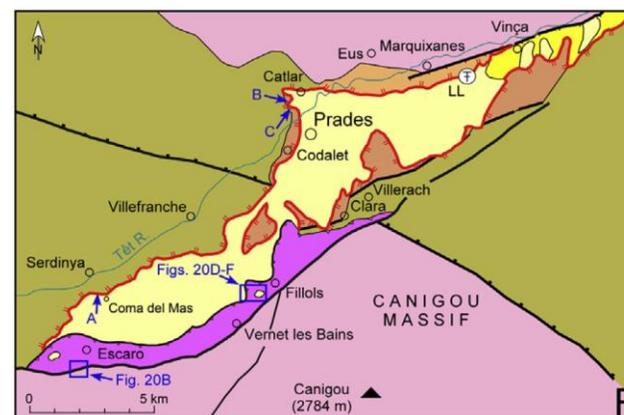


Formations alluviales	Oro - hydrographie	Eléments karstiques
<ul style="list-style-type: none"> Rebord de terrasse alluviale T5 Haute terrasse : Fort Libéria T4 Haute terrasse T2 Moyenne terrasse T1 Basse terrasse T0 Plaine d'inondation 	<ul style="list-style-type: none"> 750 Isohypse (équidistance 50 m) ▲ 775 Point d'altitude côté (en m) — Cours d'eau pérenne et intermittent ▼ 419 Point d'altitude au niveau de la Têt (en m) • Emergence karstique 	<ul style="list-style-type: none"> Calcaires dévoniens 1 Grotte du Mas Py 2 Grotte Malou 2 3 Grotte des Pourques (Malou 1) 4 Grotte du Faubourg 5 Puits des Racines (entrée artificielle) 6 Réseau Lachambre Cavité et entrée

Provenance des sédiments



□ Catchment	— Rivers	■ Paleozoic gneiss	■ Quaternary
• Caves	— Faults	■ Granites	
• Cities	■ Paleozoic micashists, marble, quartzite, black shale (Silurian), limestone (Devonian), flysch, conglomerate	■ Miocene	

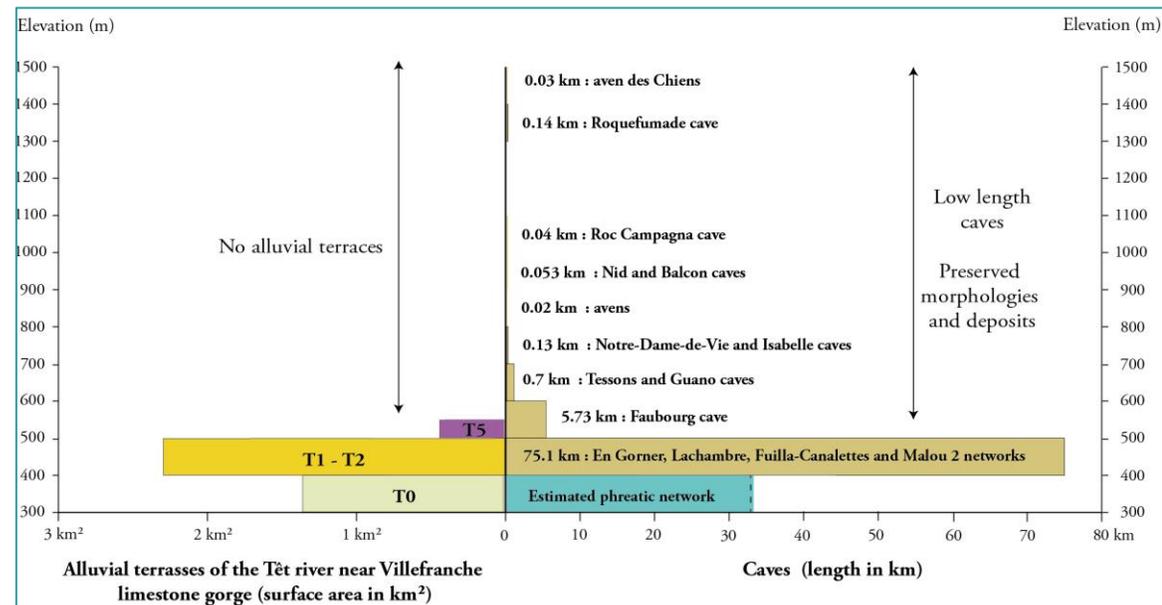
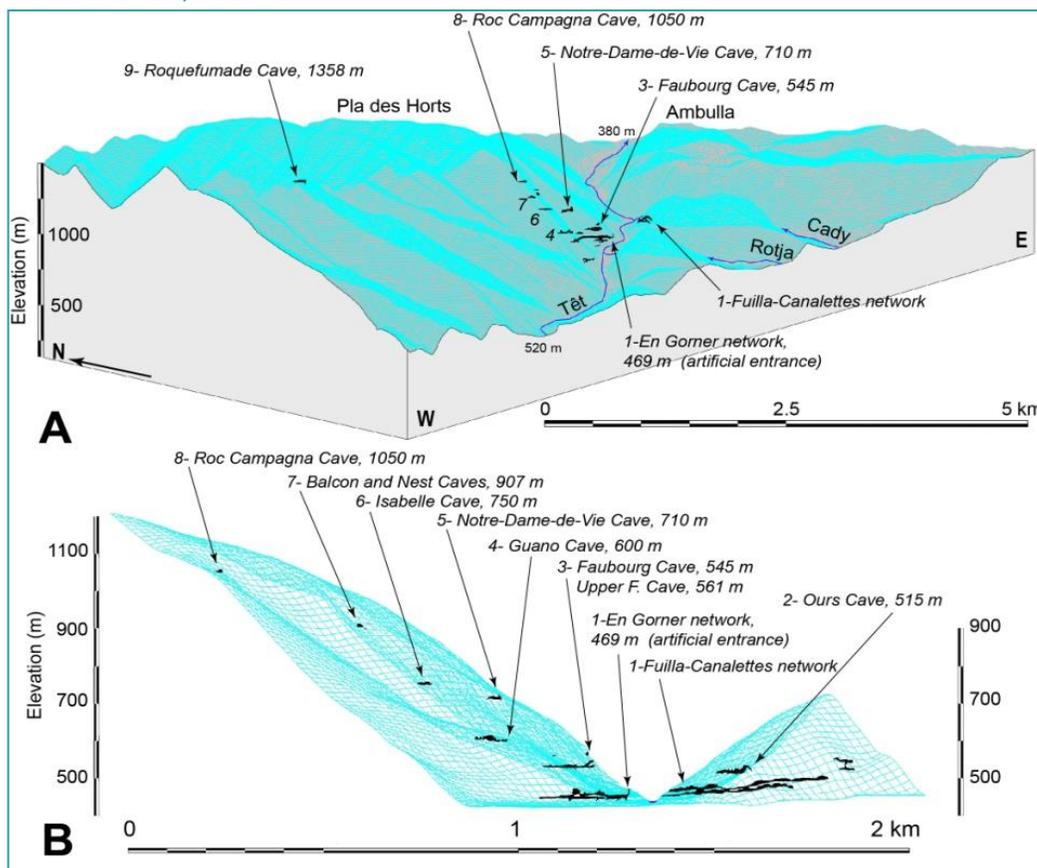


— Front of collapsing Zanclean structures
— Canigou faults
— Prades fault
— Mérens fault
— Messinian Erosional Surface
■ Continental Pliocene (Escaro F.)
■ Marine Pliocene
■ Continental Miocene (a, Codalet F.; b, Marquixanes F.)
■ Olistostrome
■ Undifferentiated metamorphic basement
■ Granite, orthogneiss

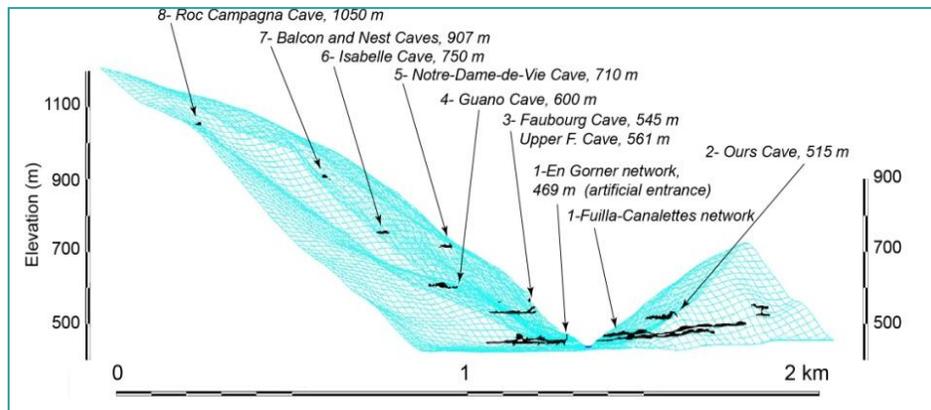
Vallée de la Têt

- Mode de fonctionnement : auto-captures ;
- Neuf niveaux épinoyés étagés sur ~1 km de dénivelée, dont un particulièrement développé.

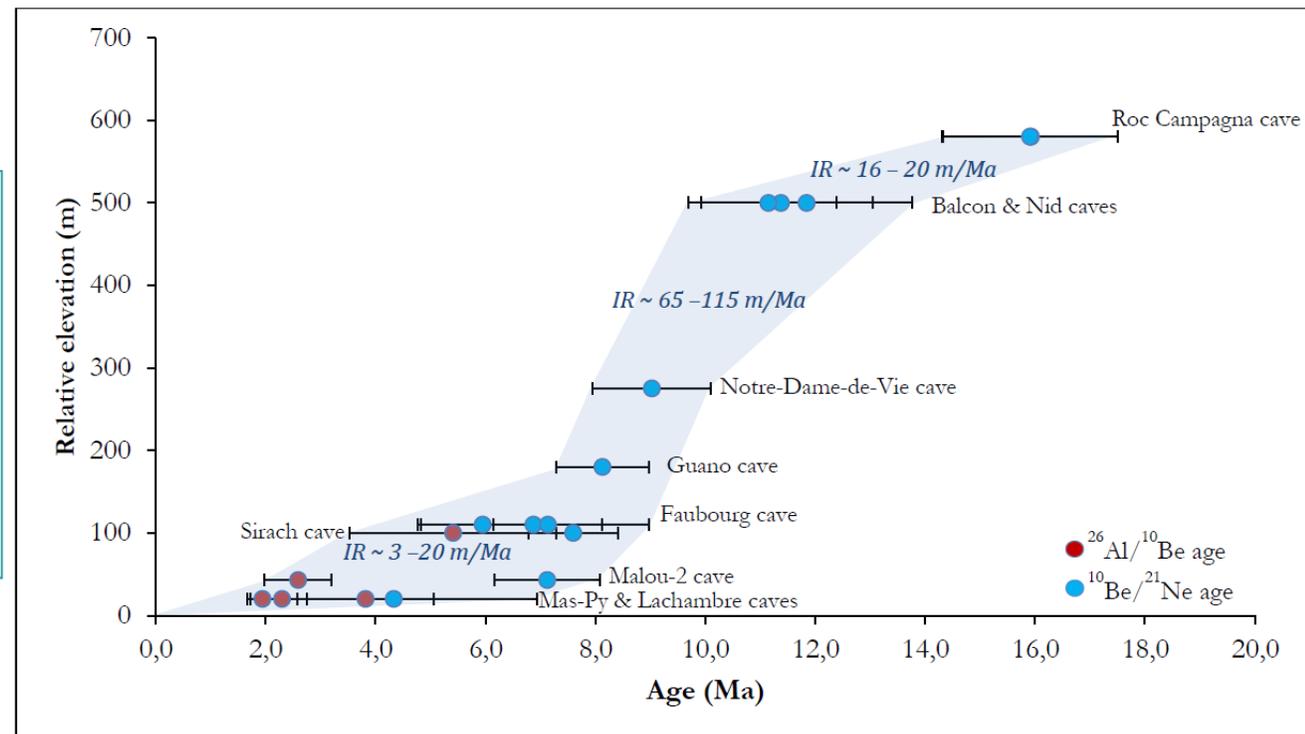
Calvet *et al.*, 2015.



Évolution de la vallée de la Têt



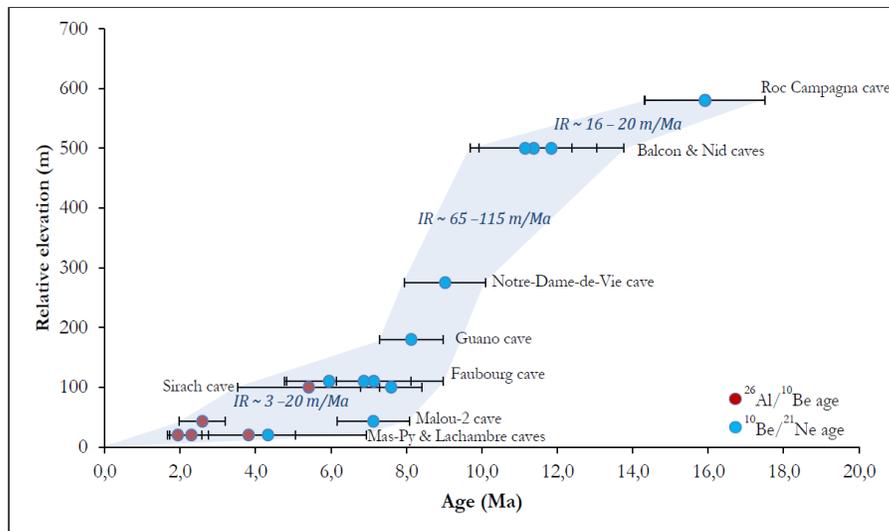
Calvet *et al.*, 2015.



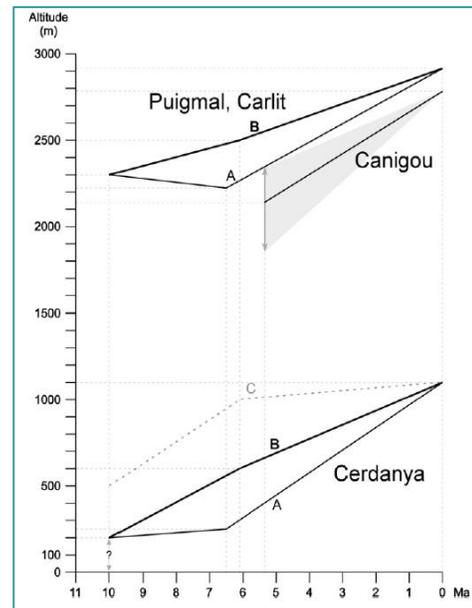
Encaissement de la vallée au cours du temps

- Incision continue mais polyphasée de la vallée depuis le Burdigalien ;
- Problème de corrélation avec les lambeaux de terrasses (datations incertaines) ?
- Influence du Messinien ?
- Paléotaux moyens de dénudation faibles. Taux de dénudation initial à ~ 16 Ma < 1 m/Ma \rightarrow surface plane peu incisée. Résolution de l'enregistrement insuffisante pour caractériser la transition Plio-quaternaire ;
- Par extrapolation, la surface perchée du Pla des Horts daterait au minimum du Burdigalien inférieur.

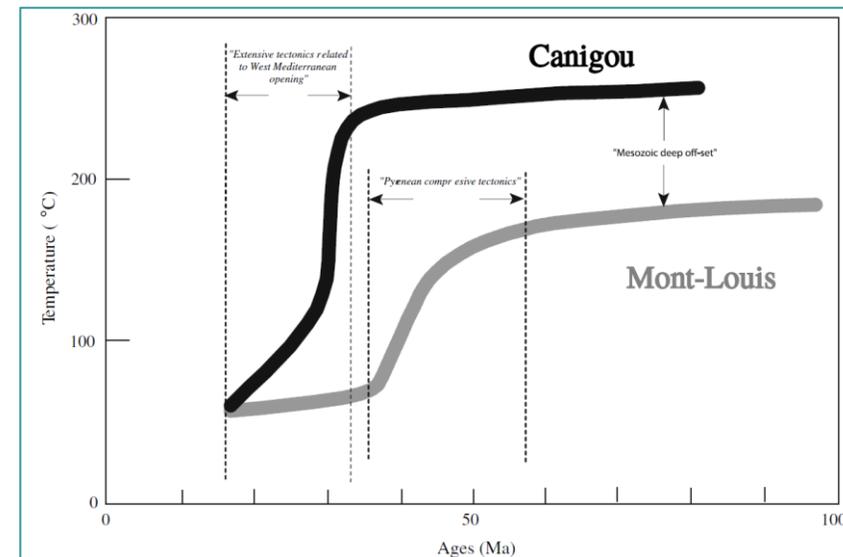
Évolution de la vallée de la Têt



Encaissement de la vallée au cours du temps



Suc & Fauquette, 2012

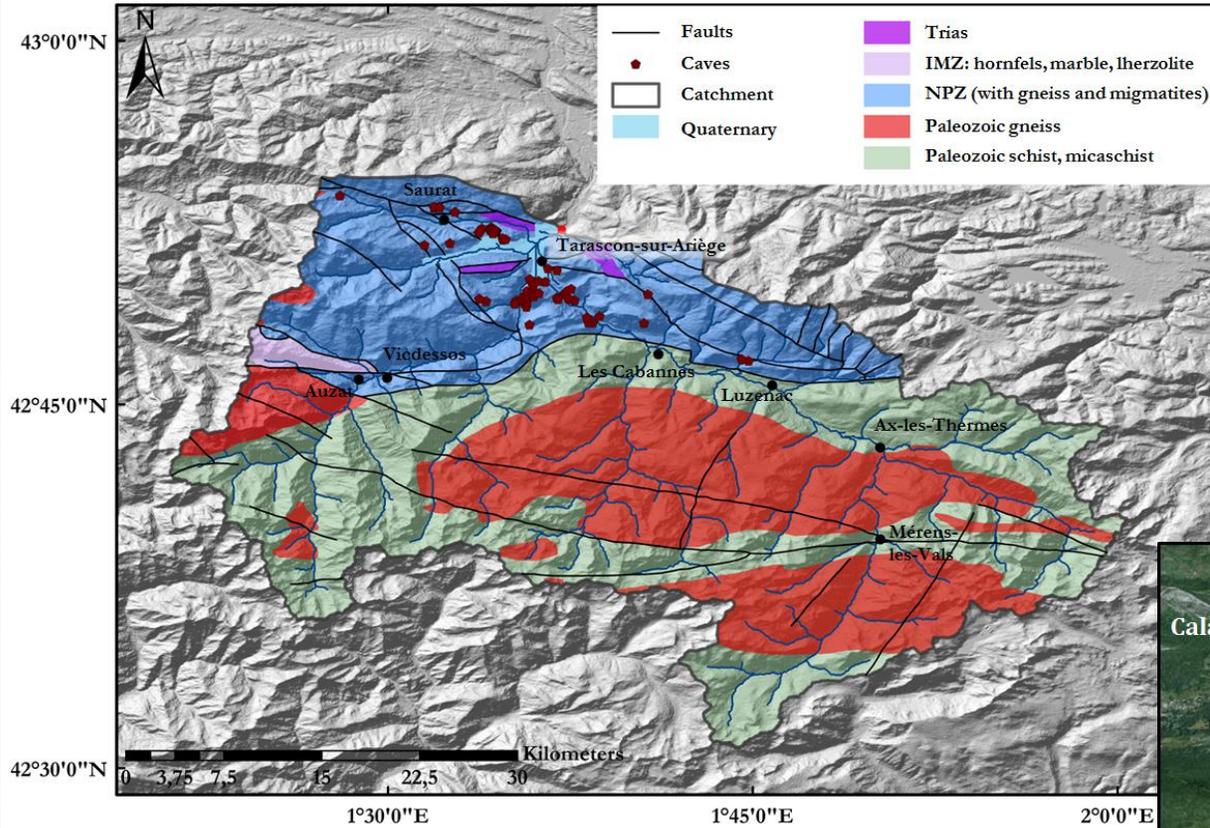


Maurel et al., 2008

- Incision continue mais polyphasée de la vallée depuis le Burdigalien ;
- Problème de corrélation avec les lambeaux de terrasses (datations incertaines dans la plaine) ?
- Influence du Messinien ?

- Paléotaux moyens de dénudation faibles. Taux de dénudation initial à ~16 Ma < 1 m/Ma → surface plane peu incisée. Résolution de l'enregistrement insuffisante pour caractériser la transition Plio-quaternaire ;
- Par extrapolation, la surface perchée du Pla des Horts daterait au minimum du Burdigalien inférieur.

Vallée de l'Ariège



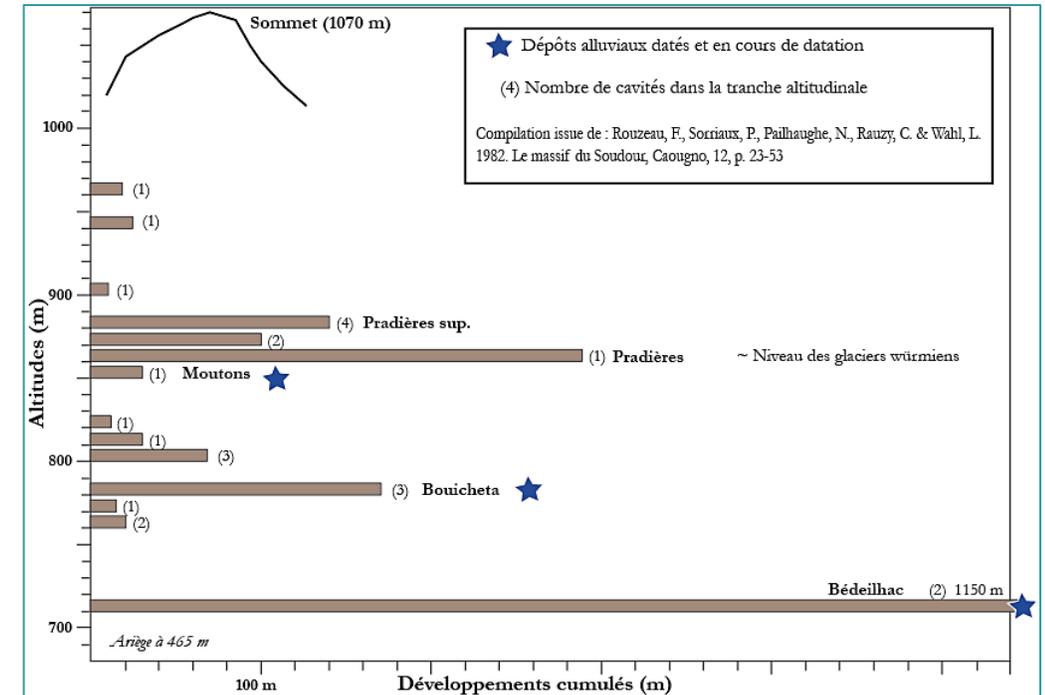
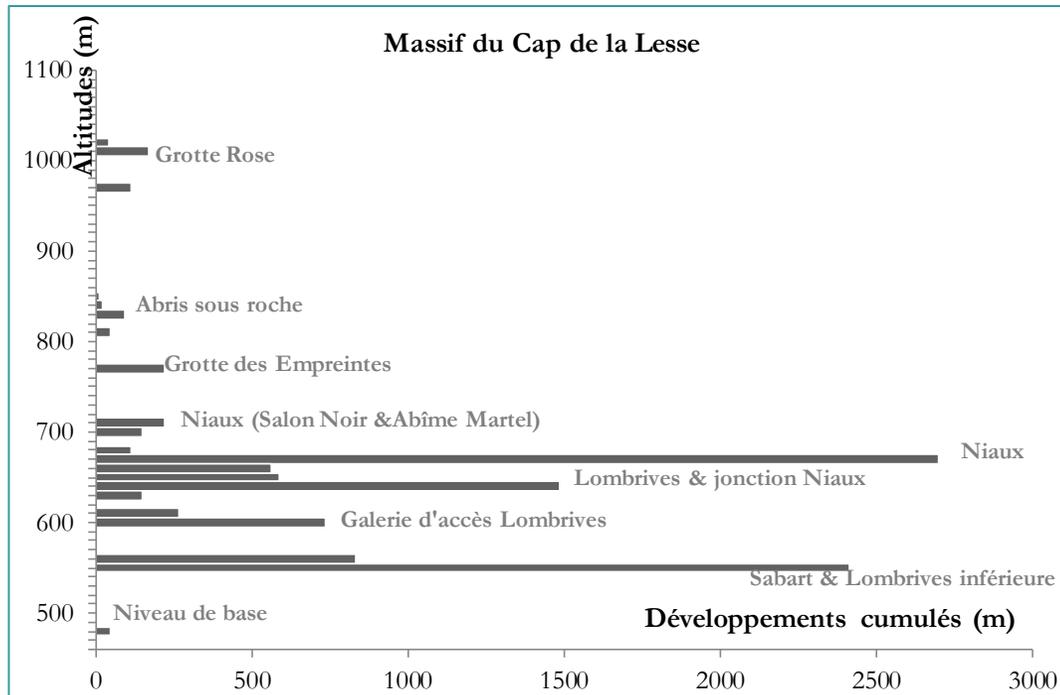
- Dix niveaux épinoyés étagés sur ~0,9 km de dénivelée ;
- Galeries assez larges, notamment en-deçà des emprises glaciaires ;

- 21 cavités étudiées (~40 échantillons) sur 4 massifs ;
- Sédiments provenant de massifs cristallins.

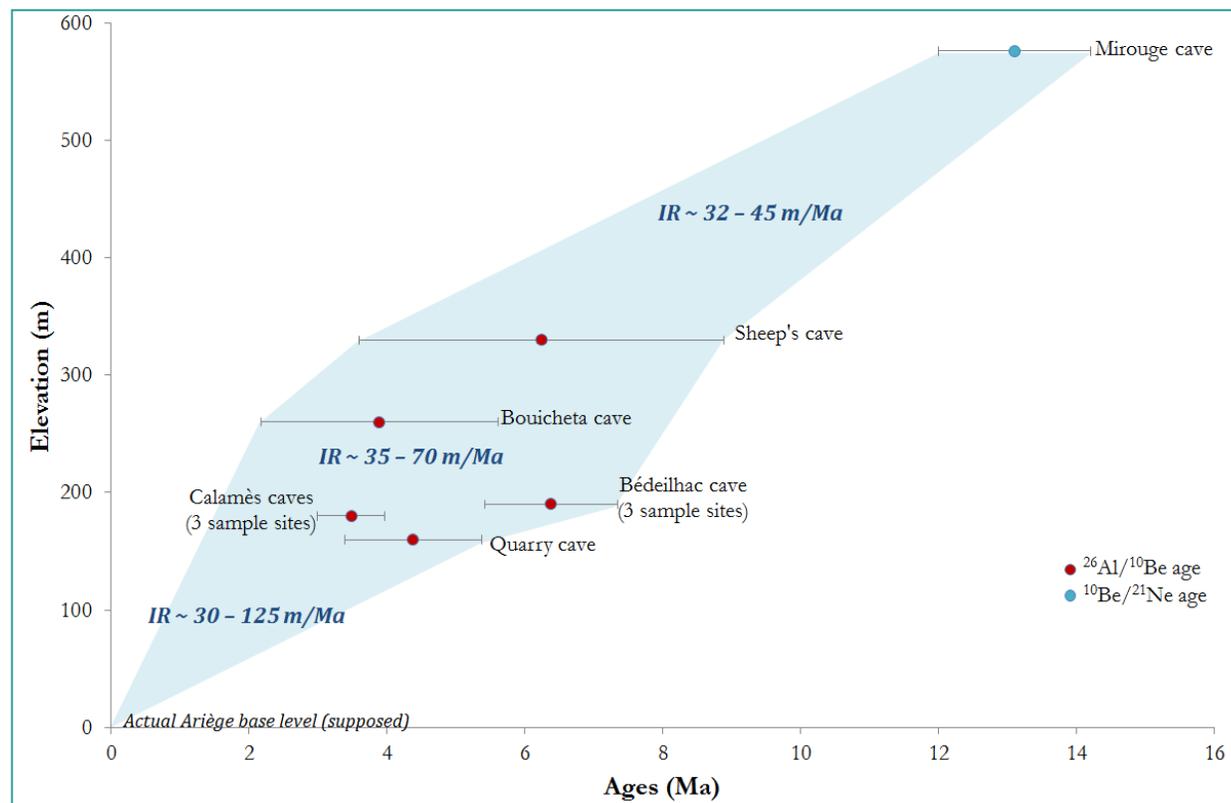


Vallée de l'Ariège

- Galeries très larges : signes de circulations polyphasées → mélanges de sédiments ;
- Durées d'enfouissement hétérogènes du fait des mélanges + incohérences inter-méthodes.



Évolution de la vallée de l'Ariège



Encaissement de la vallée au cours du temps

- Incision depuis le Serravalien ;
- Les réseaux les plus développés comportent des indices de fonctionnements polyphasés → remobilisation de dépôts antérieurs (mélanges) → complexe de déconvoluer les signaux tectonique et climatique.

Synthèse

Ariège

- Enregistrement de l'incision depuis ~13 Ma ;
- Résultats à affiner ;
- Influence des glaciations visible et problématique pour les plus grands réseaux → taux d'incision ≠ taux de surrection.

Têt

- Enregistrement de l'incision depuis *a priori* ~16 Ma ;
- Résultats en cours d'affinage du fait d'incohérences ;
- Influence de l'eustatisme probablement non négligeable → taux d'incision ≠ taux de surrection.

- Application prometteuse de la méthode $^{10}\text{Be}/^{21}\text{Ne}$ (Miocène), mais à affiner ;
 - Problèmes méthodologiques persistants pour certains réseaux, dus à la présence de plusieurs populations de quartz (confirmées par la luminescence) ;
 - Acquisitions en cours pour l'Aude et l'Agly.

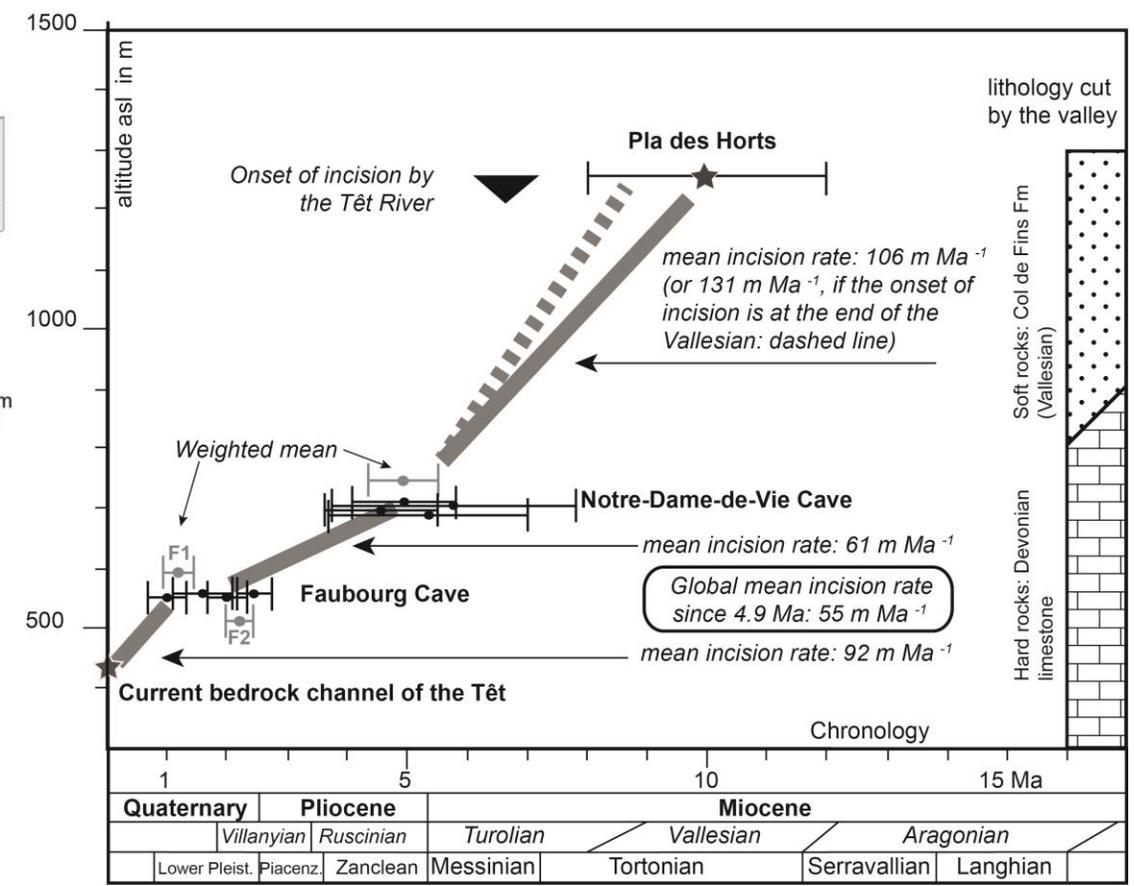
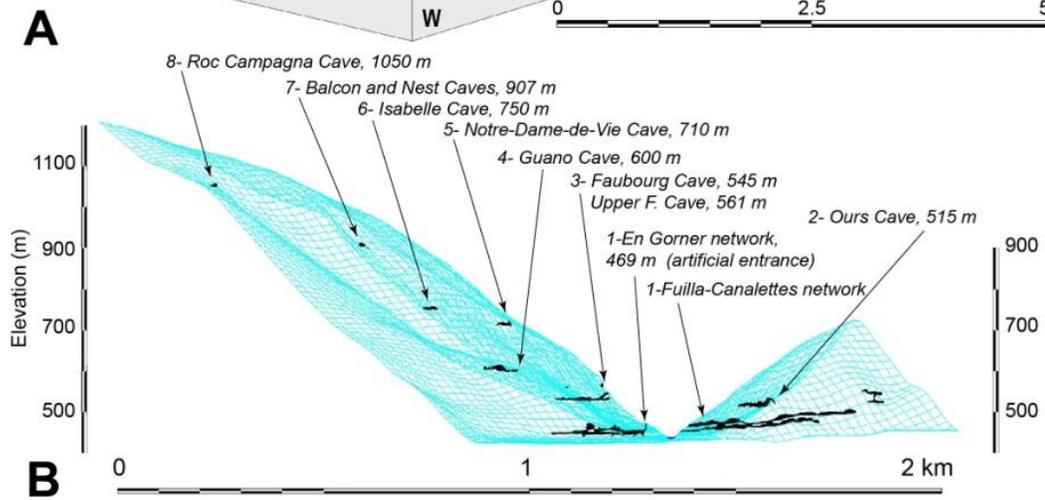
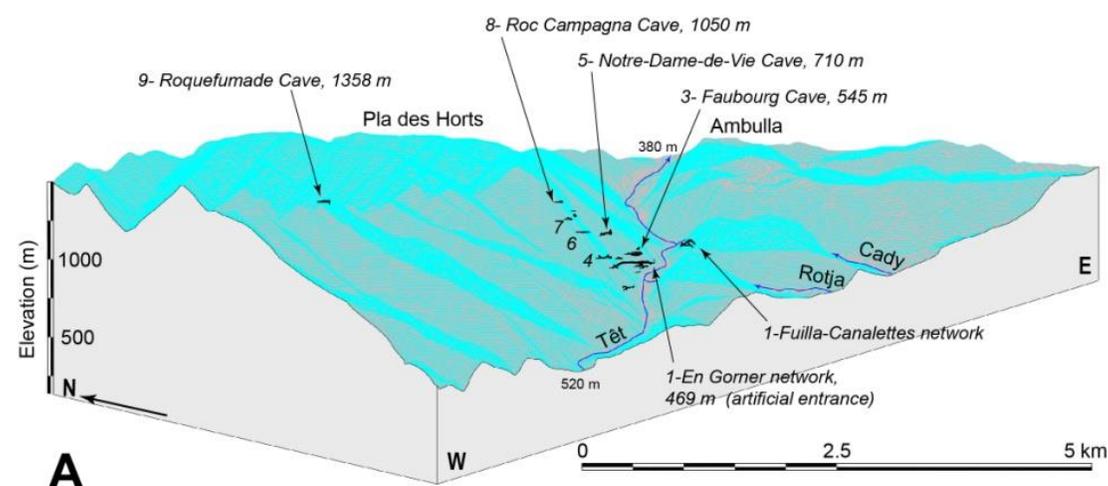


**MERCI DE
VOTRE
ATTENTION !**



Grotte de
Lombrives, partie
inférieure (vallée
de Tarascon-sur-
Ariège). Photo V.
Guinot

Premiers résultats sur la vallée de la Têt (Calvet *et al.*, 2015)

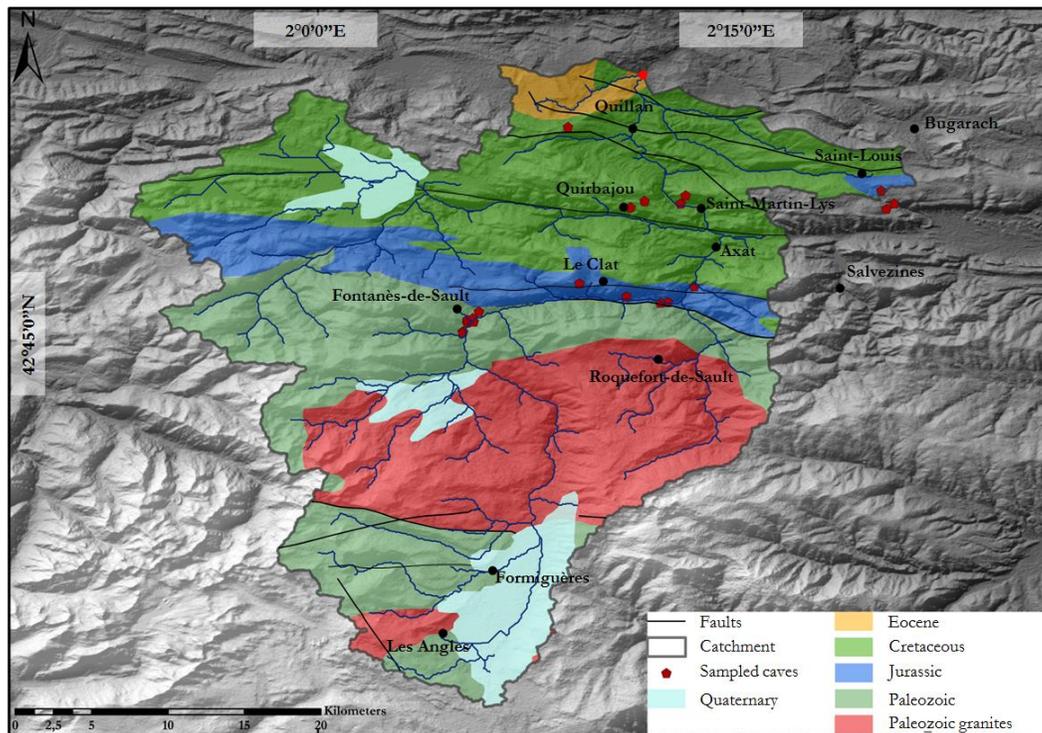


- Neuf niveaux épiphréatiques étagés sur ~1 km de dénivelée ;
- Deux niveaux datés (8 âges) à + 270 m ($4,93 \pm 0,57$ Ma) et à +110 m (deux galeries à $2,23 \pm 0,23$ Ma et $1,20 \pm 0,286$ Ma) ;

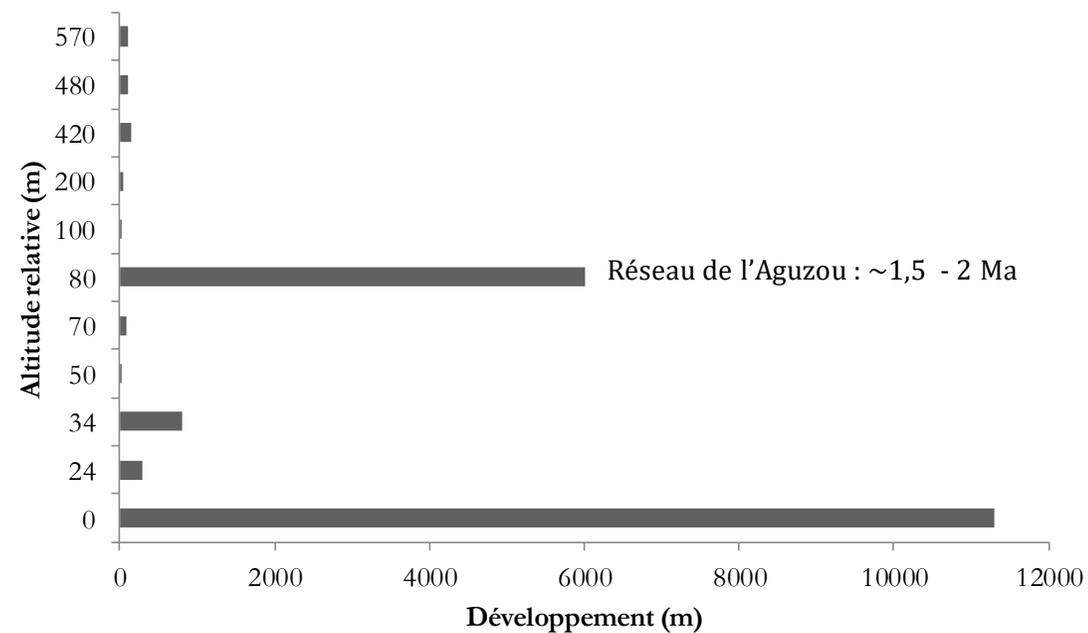
- Taux moyen d'incision de 55 m/Ma depuis le début du Pliocène, accélération au Quaternaire ;
- Pla des Horts daté indirectement, par extrapolation de la vitesse d'incision, à 15 Ma.

Calvet *et al.*, 2015

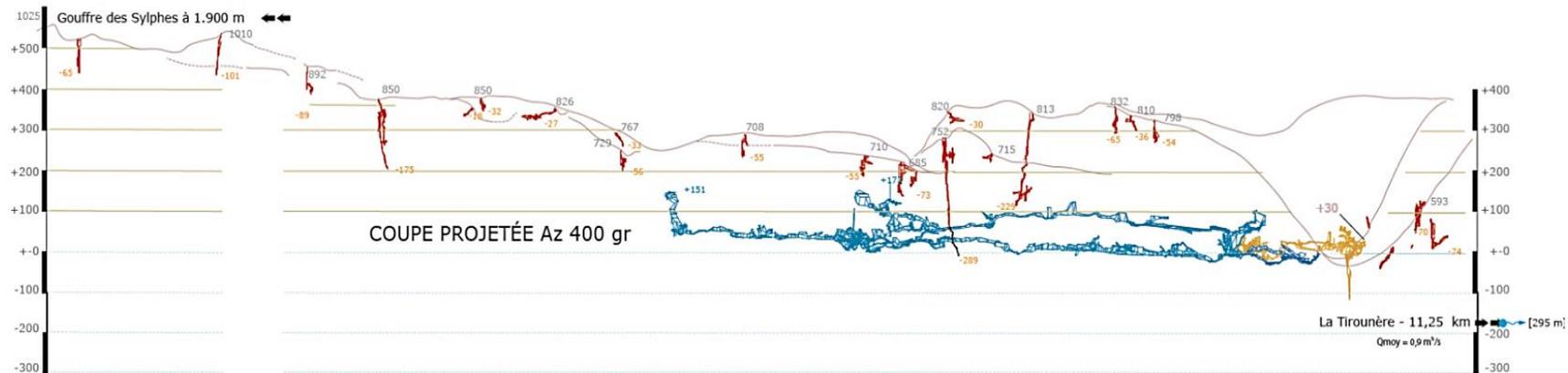
Vallée de l'Aude



Cavité	âge	
	(Ma)	1s (Ma)
Aguzou	1,66	0,41
Aguzou	1,91	0,21
Muraille du Diable 1	2,40	0,54
Muraille du Diable 2	8,09	2,78
Muraille du Diable 3	7,11	2,87



Vallée de l'Agly



Cavité	Âge (Ma)	1s (Ma)
Cthulhu Démoniaque	1,75	0,31
Cthulhu Démoniaque	1,43	0,33
Cthulhu Démoniaque	1,37	0,26
Cthulhu Démoniaque	1,48	0,28
Grelot	1,46	1,01