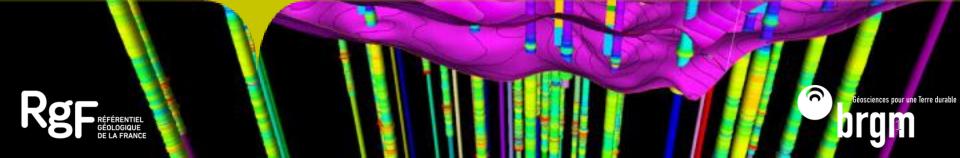


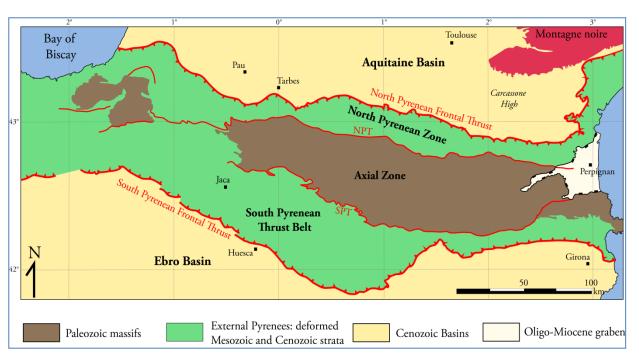
#### Amandine Sartégou

Direction: Pr. D.L. Bourlès & Pr. M. Calvet



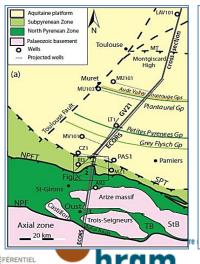


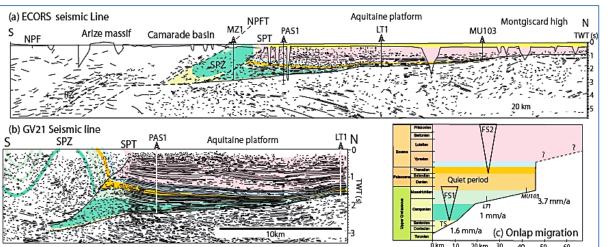
#### Pourquoi cette étude ?



#### Pyrénées:

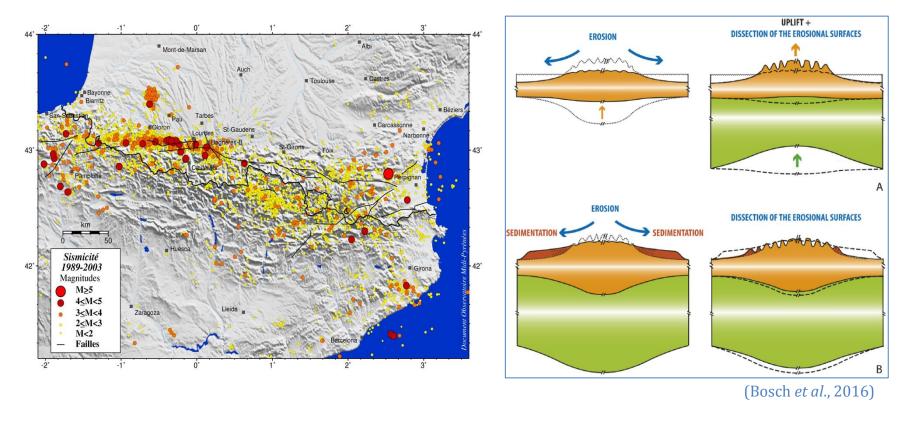
- Première phase d'orogenèse : 84 à 66 Ma;
- Phase de quiescence de 66 Ma à 59 Ma;
- Reprise de l'orogenèse de 59 Ma à ?





#### 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);



➤ 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.



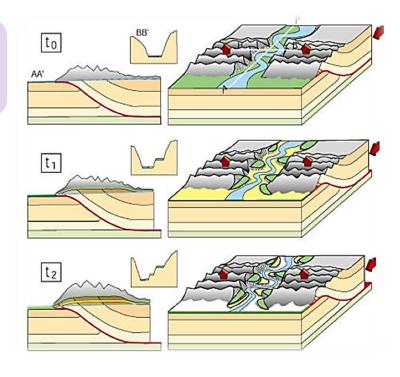
- Reconstituer les étapes de l'incision des vallées pyrénéennes sur le long terme, et quantifier les taux d'incision;
- Comparer les taux et les rythmes d'incision relativement aux trois façades maritimes de l'orogène pyrénéen, soumises à des évolutions différentielles de leurs niveaux de bases ;
- > Tenter de remonter à des taux de soulèvement.
- → Lever certains verrous analytiques inhérents aux datations <sup>26</sup>Al/<sup>10</sup>Be, limitées à 0,2 5,5 Ma, en développant les datations par le couple <sup>21</sup>Ne <sup>10</sup>Be et la RPE sur des sédiments alluviaux intrakarstiques.

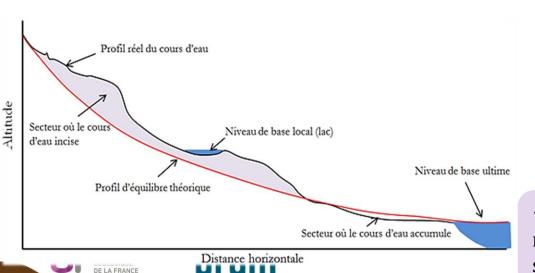




- Quantification des mouvements horizontaux précises sur les échelles de temps longues et courtes (géodésie spatiale, paléomagnétisme, etc.);
- ➤ Mouvements verticaux = sources des topographies continentales.

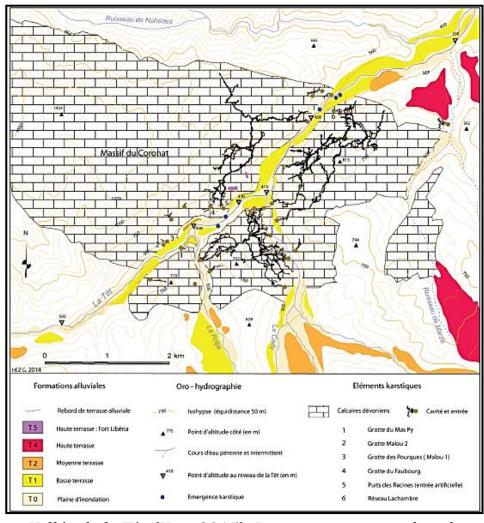
Modèle de formation et d'abandon de terrasses au cœur d'un pli actif (Lavé & Avouac, 2000) : les terrasses alluviales sont des marqueurs passifs du soulèvement →





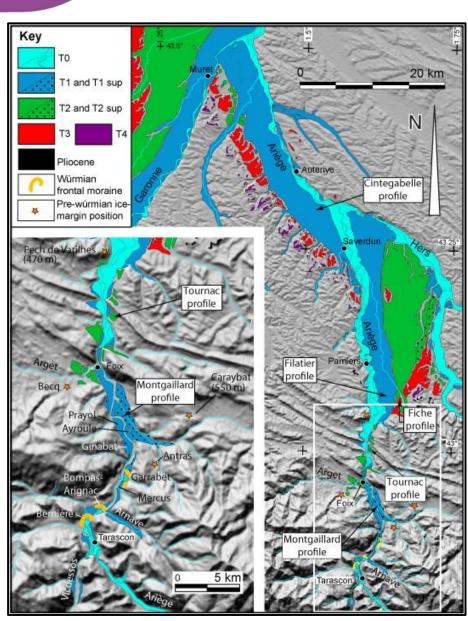
← Profil d'équilibre d'un cours d'eau : les rivières sont des marqueurs dynamiques du soulèvement

23 mars 2017



Vallée de la Têt (Hez, 2015). Datations en cours dans le piémont par C. Manel (M2 RGF)

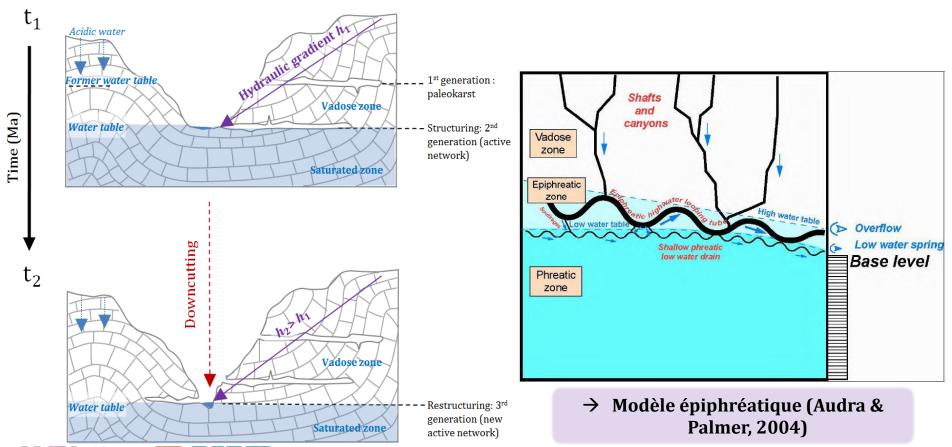




Vallée de l'Ariège (Delmas et al., 2015)

## Le karst : un outil pour comprendre l'évolution géodynamique des Pyrénées

- Réalisation très rapide d'un réseau (10-40 ka) mais conservation très longue des formes et des dépôts (plusieurs Ma);
- ➤ 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.

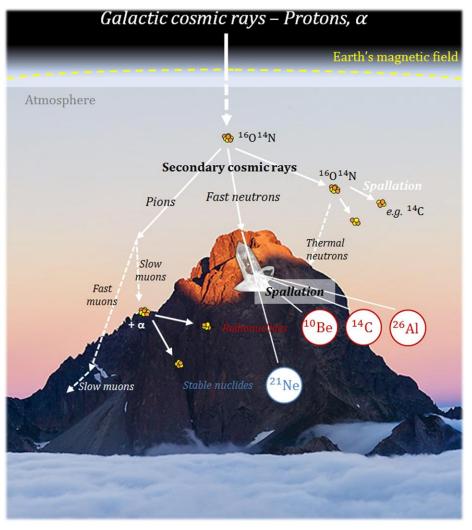


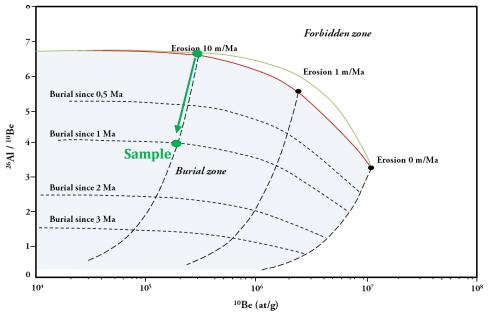
## Le karst : un outil pour comprendre l'évolution géodynamique des Pyrénées

- 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.



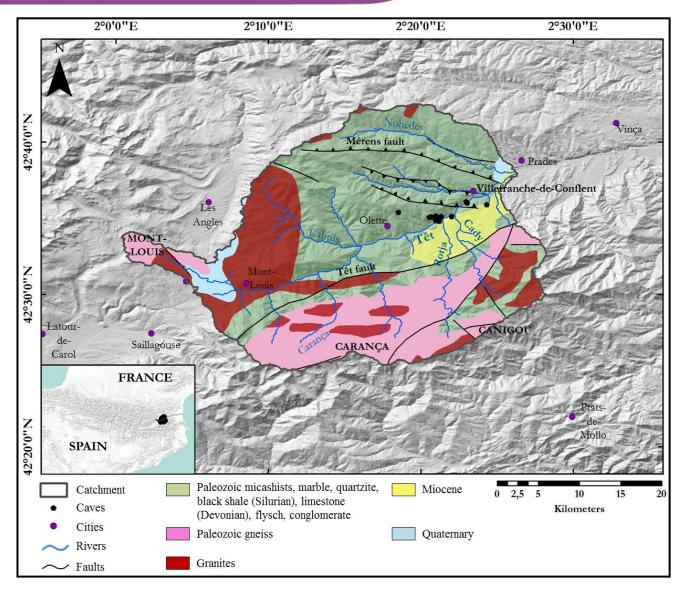
#### Détermination de la durée d'enfouissement







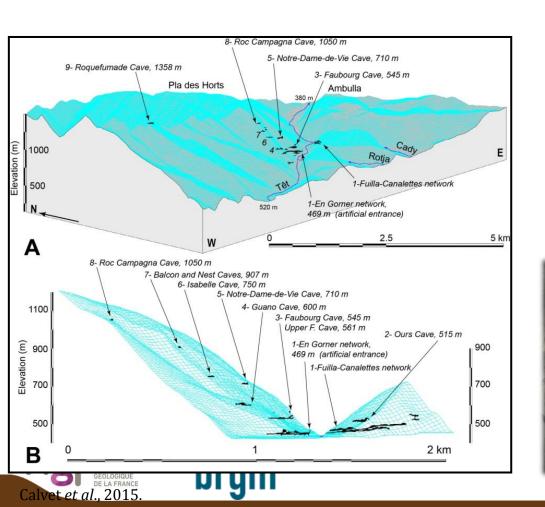








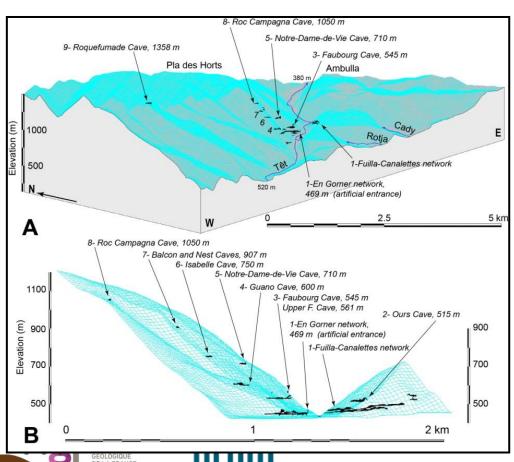
- Mode de fonctionnement : auto-captures
- ➤ Huit niveaux épinoyés étagés sur ~600 m de dénivelée, dont un particulièrement développé, marquant une longue phase de stationnarité

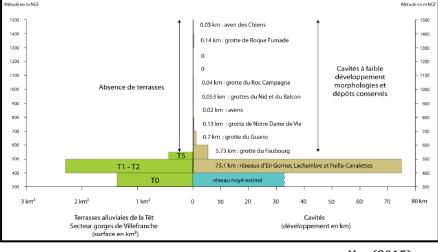






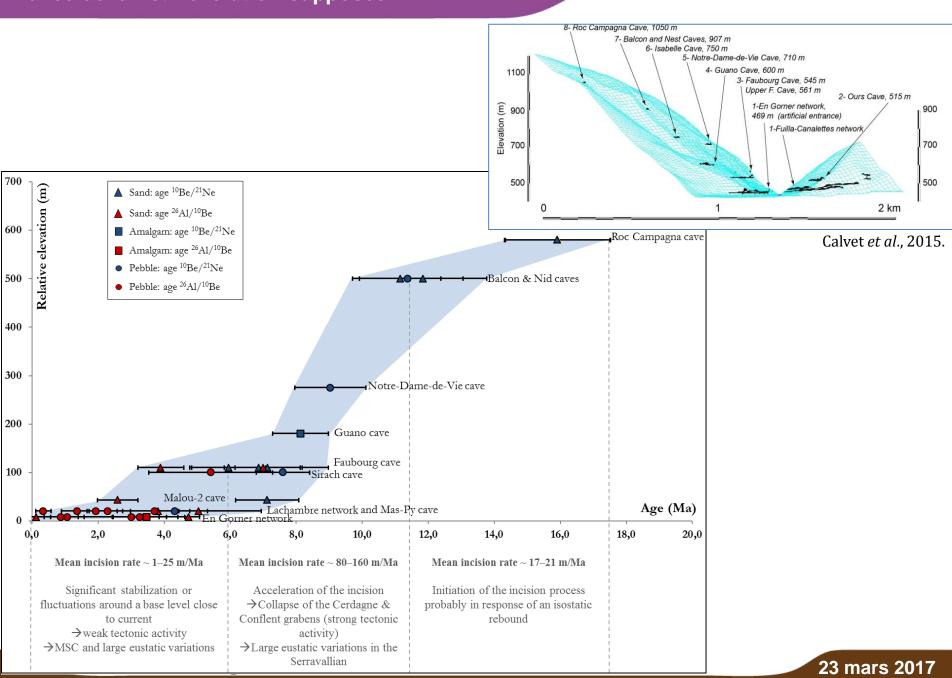
- Mode de fonctionnement : auto-captures
- ➤ Huit niveaux épinoyés étagés sur ~600 m de dénivelée, dont un particulièrement développé, marquant une longue phase de stationnarité





Hez (2015)

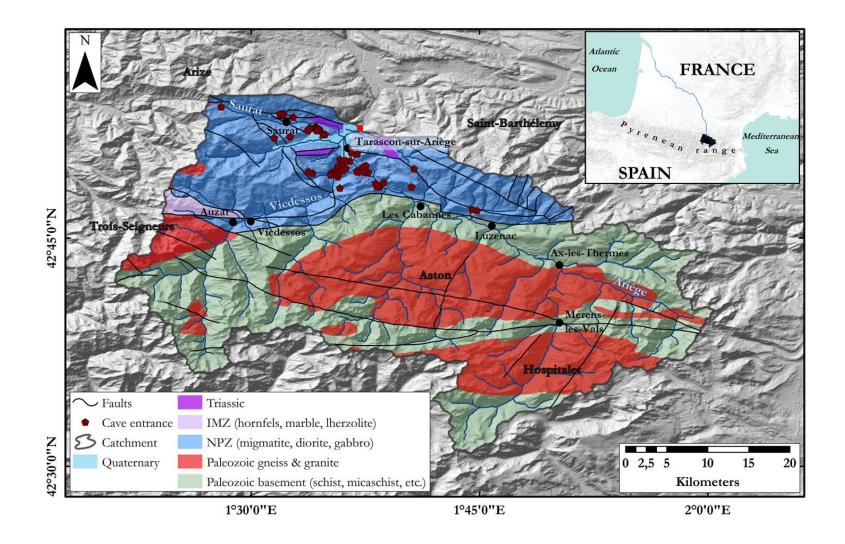
#### Vallée de la Têt : évolution supposée



#### Vallée de la Têt : pollution du signal

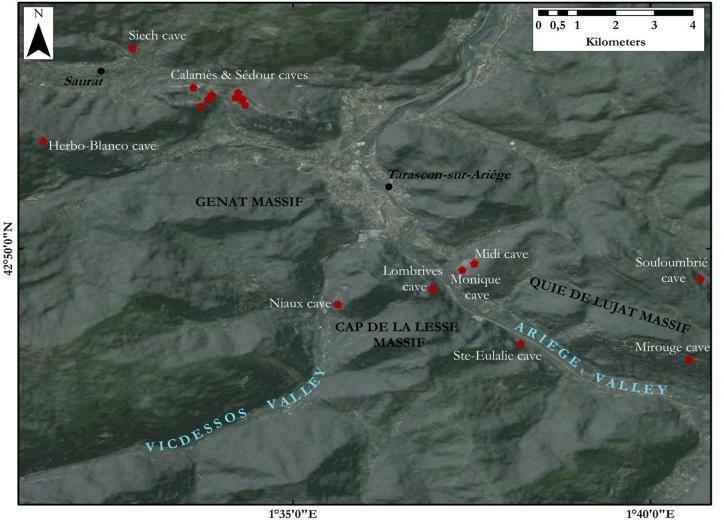


Étages inférieurs soumis à l'influence de formations détritiques qui semblent être ultérieures









- Dix niveaux épinoyés étagés sur  $\sim$ 0,9 km de dénivelée;
- ➤ Galeries assez larges, notamment en-deçà des emprises glaciaires
- ➤ 21 cavités étudiées (~40 échantillons)





#### Vallée de l'Ariège





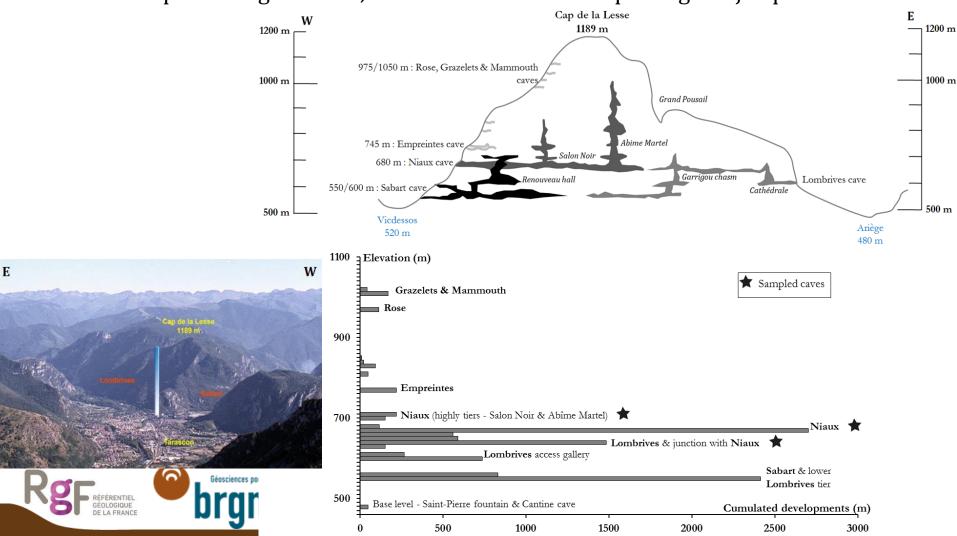






#### Vallée de l'Ariège

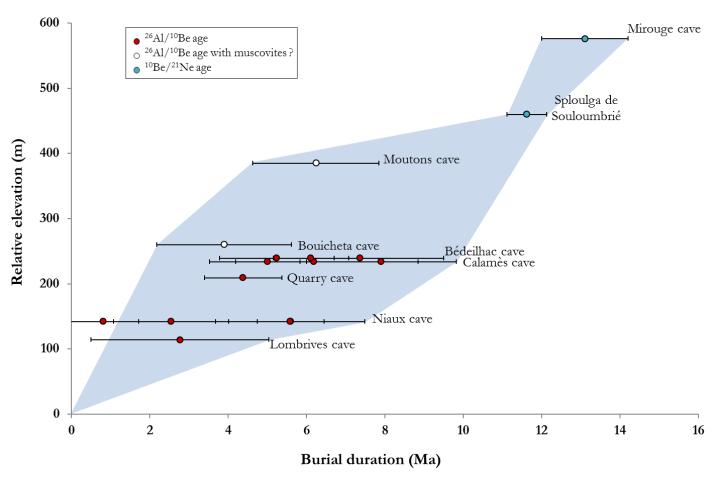
- ➤ Galeries dues aux pertes de l'Ariège et du Vicdessos à leur traversée des calcaires mésozoïques du synclinal de Tarascon ;
- ➤ Pendant les périodes glaciaires , ennoiement des vallées par la glace jusqu'à ~1050 m.



#### Vallée de l'Ariège

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



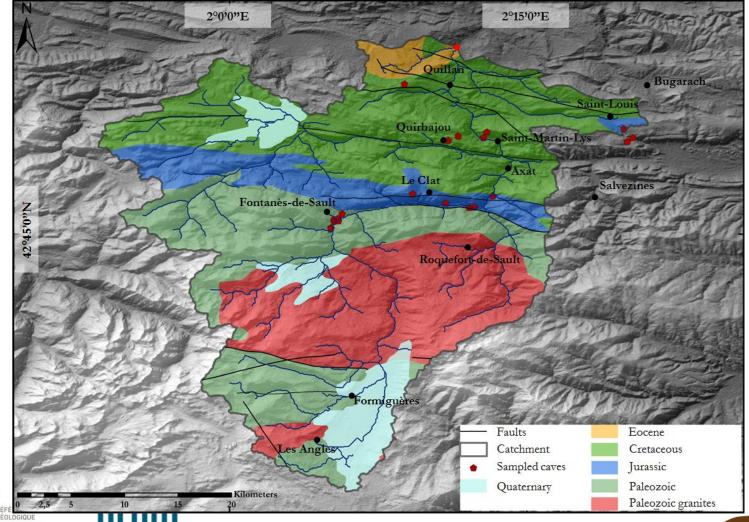


- Complexe de déconvoluer les signaux tectonique et climatique ;
- ➤ Les réseaux les plus développés comportent des indices de fonctionnements polyphasés → remobilisation de dépôts antérieurs (mélanges) → pas de possibilité de détermination des durées d'enfouissement avec les techniques actuelles.

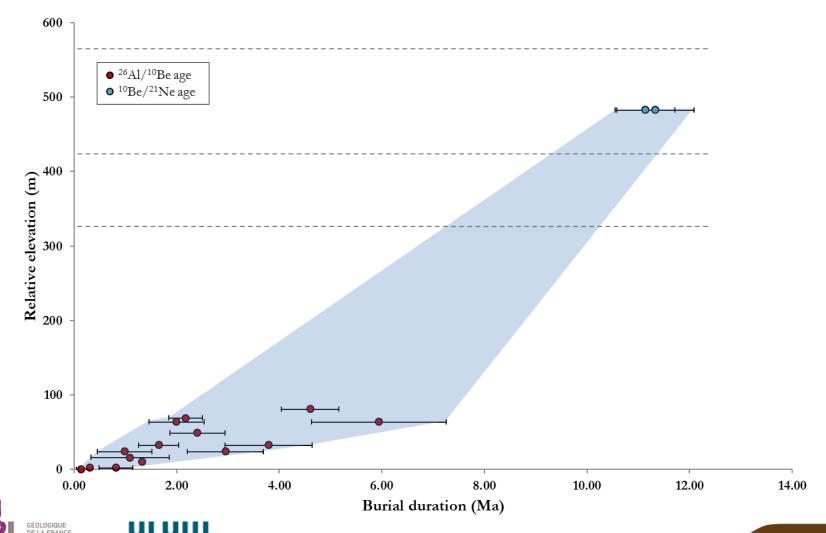




- 27 cavités échantillonnées dans les secteurs de Fontanès –de Sault, des gorges de la Pierre – Lys et du col de Saint – Louis;
- Datations complémentaires en cours.



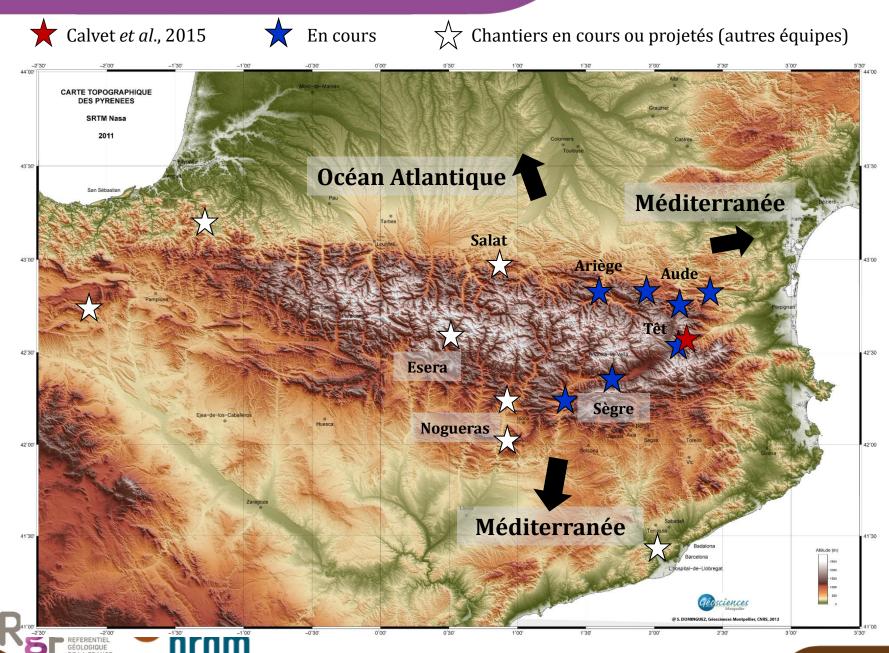
- 27 cavités échantillonnées dans les secteurs de Fontanès –de Sault, des gorges de la Pierre – Lys et du col de Saint – Louis;
- Datations complémentaires en cours.



- Incision quantifiable sur les trois vallées, mais avec des enregistrements parfois complexes;
- ➤ Taux d'incision n'excédant pas 80 m/Ma globalement, autour de 40 m/Ma au moins → cohérents avec données Pays Basque et Pyrénées centrales ;
- Taux de dénudation faibles (m à dizaine de m/Ma);
- Verrous analytiques partiellement levés ;
- → Pour généraliser, étendre à la moitié occidentale des Pyrénées.



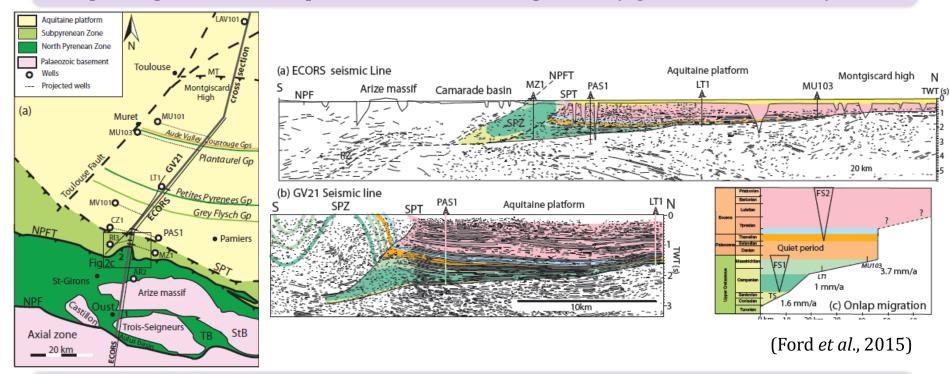




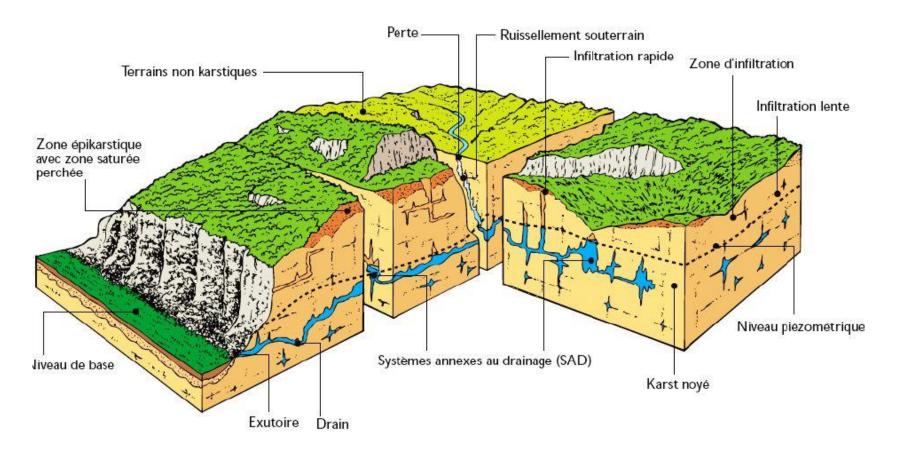


## Interactions tectonique – dénudation – climat : enjeux relativement au contexte géomorphologique des Pyrénées

➤ 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);

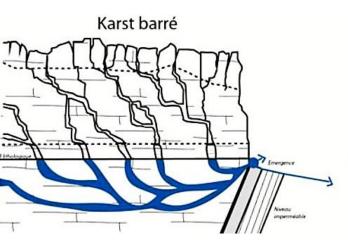


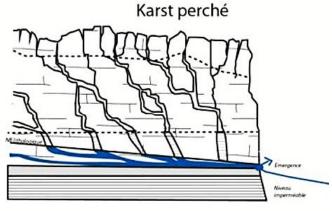
➤ Indices portant à croire qu'elle se serait soulevée de 2 km depuis 10 Ma *via* les aplanissements culminants (*e.g.* Gunnell *et al.*, 2008).



Morphologie typique des systèmes karstiques, présentant les processus et leurs distributions spatiales, ainsi que la connexion entre le principal drain souterrain et le niveau de base (d'après Mangin, 1975)

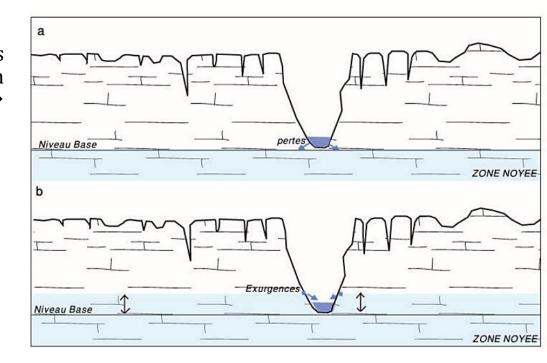
23 mars 2017





← Les types de karsts et leurs niveaux de base respectifs, selon la position de l'écran imperméable visà-vis du massif carbonaté (Nehme, 2013)

Deux types de relations entre écoulements subaérien et souterrain dans un canyon karstique (Nicod, 1997) →







# Détermination de la durée d'enfouissement des sédiments : les nucléides cosmogéniques

#### Propriétés du couple <sup>10</sup>Be-<sup>26</sup>Al :

- ➤ Datation sur une période de 200 ka à 5,5 Ma (Granger & Muzikar, 2001)
- > Sont produits et retenus dans le même minéral (quartz), ubiquiste
- ➤ Le ratio de production à la surface est connu (~6,61)

#### Limites géochimiques :

- ➤ Limite temporelle : nucléides cosmogéniques radioactifs
- > Âges limites dépendent de la concentration des nucléides et de la précision analytique des mesures

#### Limites géologiques :

- ➤ Réexposition du claste étudié possible → <u>on se place dans le cas simple</u> <u>d'exposition puis d'enfouissement</u>
- ➤ Enfouissement pas assez profond → production de nucléides dépasse la décroissance : correction de la post-production après enfouissement.
- > Présence de minéraux indésirables complexes à éliminer et faussant les mesures
- → biotites et muscovites





## Les morphologies endokarstiques

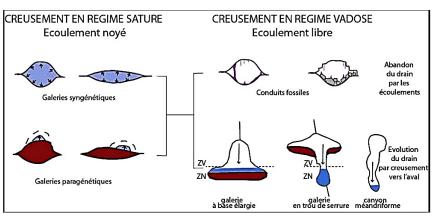


Schéma récapitulatif et synoptique des principales formes de drains, de leur formation et de leur évolution (Renault, 1967; Collignon, 1988, Delannoy, 1997, Nehme, 2013)



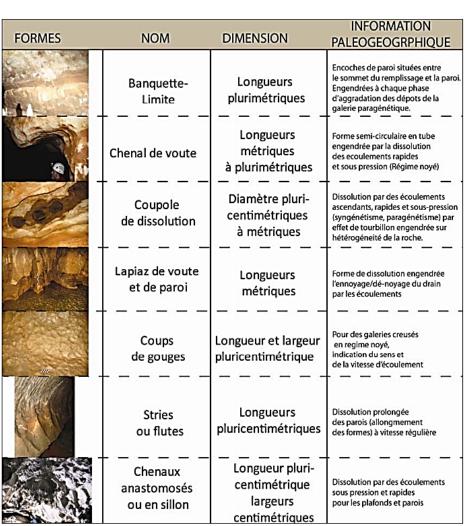
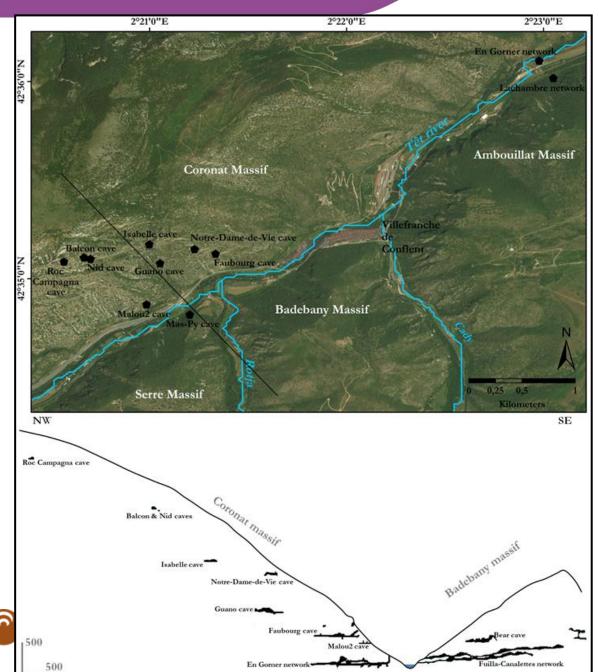
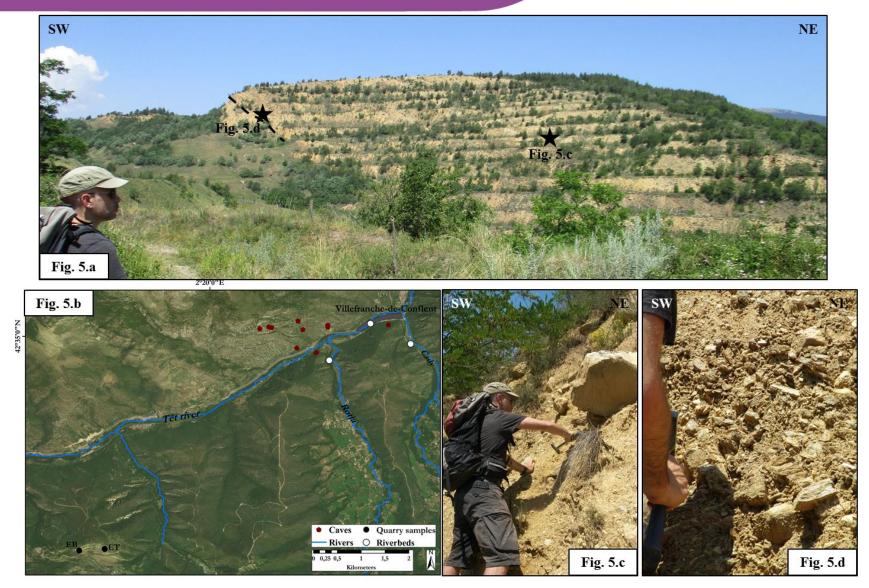


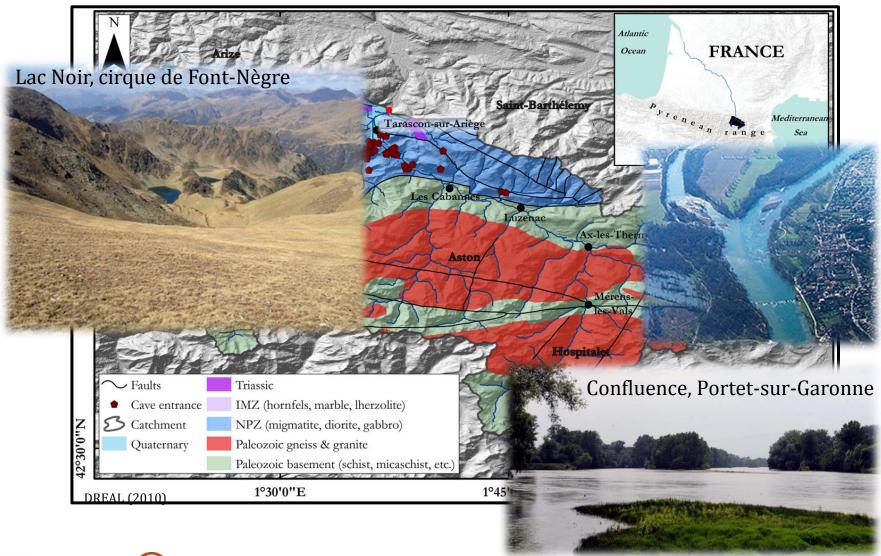
Figure 2.9. Récapitulation des différentes formes en zone noyée et de l'information paléogéographique associée, d'après Renault P., 1967, 1970; Delannoy J.J., 1981; Lismonde B. et Lagmani A., 1987; Gilli E., 1995; Slabe T., 1995; Jaillet S., 2005 (Simplifiée d'après Perroux A.S., 2005). Clichés G. El-Haibe, T. Comaty, C. Nehme, B. Sadier, M. Alejandra-Perez, C. Arnoux.







- Taux d'incision faibles ;
- Corrélation avec les terrasses alluviales?
- Surface perchée burdigalienne?



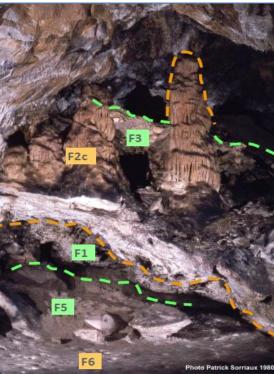




## Exemple de la grotte de Niaux

Les grès F3 (Ni13-20 & 23) sont scellés par des planchers datés entre 90 et 150 ka. Mais F2c a un âge d'environ 336 ka.





## Exemple de la grotte de Niaux

Les grès F3 (Ni13-20 & 23) sont scellés par des planchers datés entre 90 et 150 ka. Mais F2c a un âge d'environ 336 ka.

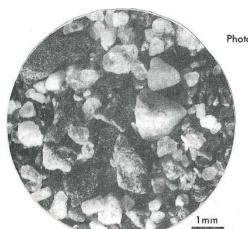


Photo 50 – Sable moyen (M<sub>z</sub> = 1,284 Φ) à grains non usés et éléments lithiques.

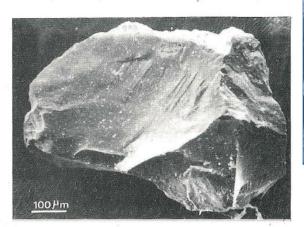
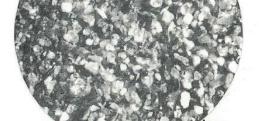


Photo 52 - Quartz non usé d'origine glaciaire.

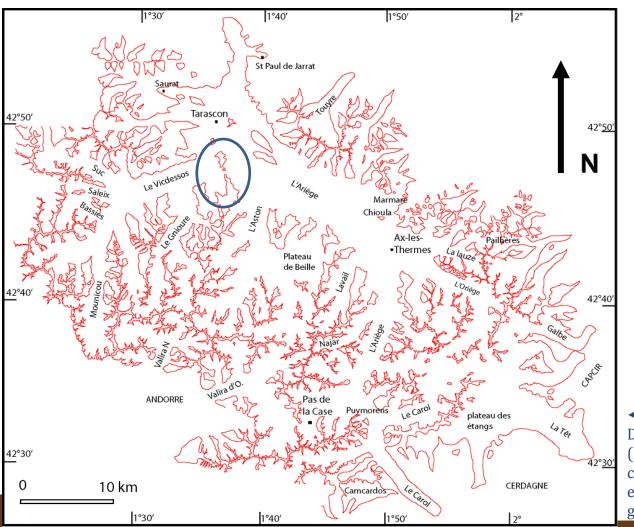


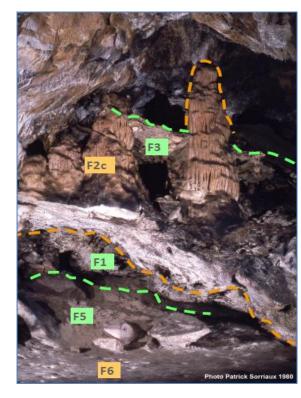


Sorriaux, 1982 - formation alluviale de Niaux (F5)

## Exemple de la grotte de Niaux

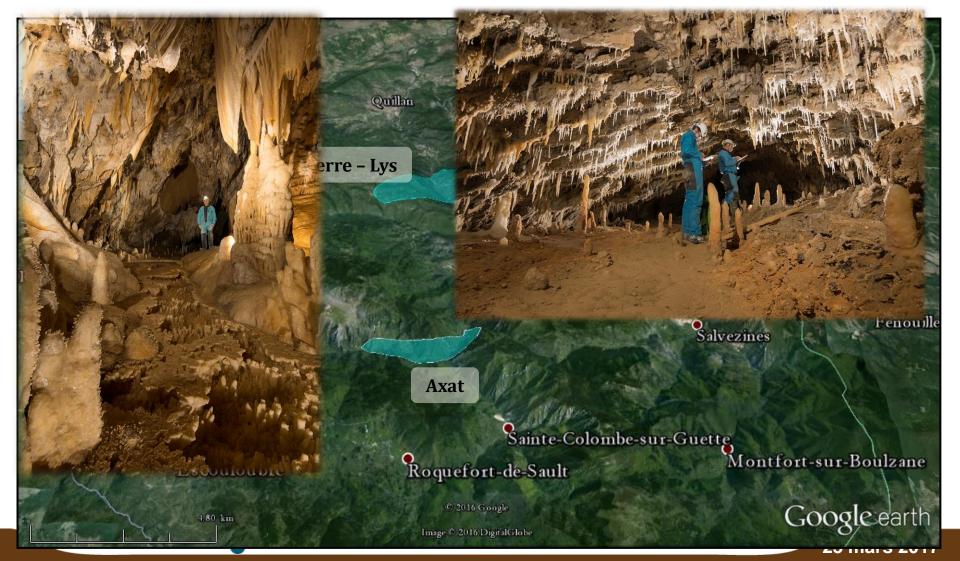
Les grès F3 (Ni13-20 & 23) sont scellés par des planchers datés entre 90 et 150 ka. Mais F2c a un âge d'environ 336 ka.





Delmas *et al*. (2012): chronologie et emprise glaciaires

- 27 cavités échantillonnées dans les secteurs de Fontanès –de Sault, des gorges de la Pierre – Lys et du col de Saint – Louis ;
- Datations complémentaires en cours.



Réseau du Cthulhu Démoniaque : sables et graviers remaniés à chaque crue dans les siphons. Quatre âges entre  $1,75 \pm 0,31$  et  $1,37 \pm 0,26$  Ma

