

Grotte des Chamois

(Alpes-de-Haute-Provence)

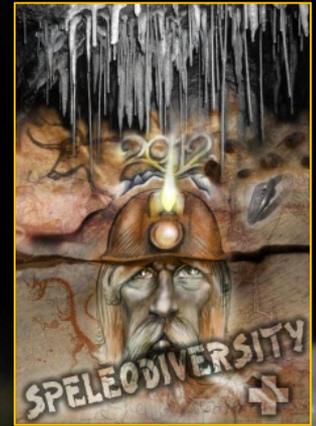
**Sulfates rares (mirabilite, eugsterite)
dans une cavité de montagne
sous l'effet d'un microclimat sec**

Philippe AUDRA

Jean-Claude NOBECOURT

13^e Congrès national de spéléologie

Muotathal, Suisse



Introduction

- **Sulfates** (ex. gypse) = minéraux

grotte + répandus après calcite

- Rares cavités froides et humides

(saturation slt resp. calcite-aragonite)

- autres minéraux => seule

évaporation permet concentration

solutions aboutissant précipitation

- gradation **sulfates très solubles**

=> epsomite, mirabilite...

- stabilité sulfates solubles dépend conditions micro-climatiques (**HR**)

=> présence **saisonnaire**

- croissance par **extrusion**

=> (formes variées)

- **origine** sulfates :

- interstrates évaporites
- pyrites calc. ou couverture (Mammoth Cave)
- oxydation sulfures profonds (Lechuguilla)
- saumures (Naica)

=> **Grotte des Chamois**

Plan

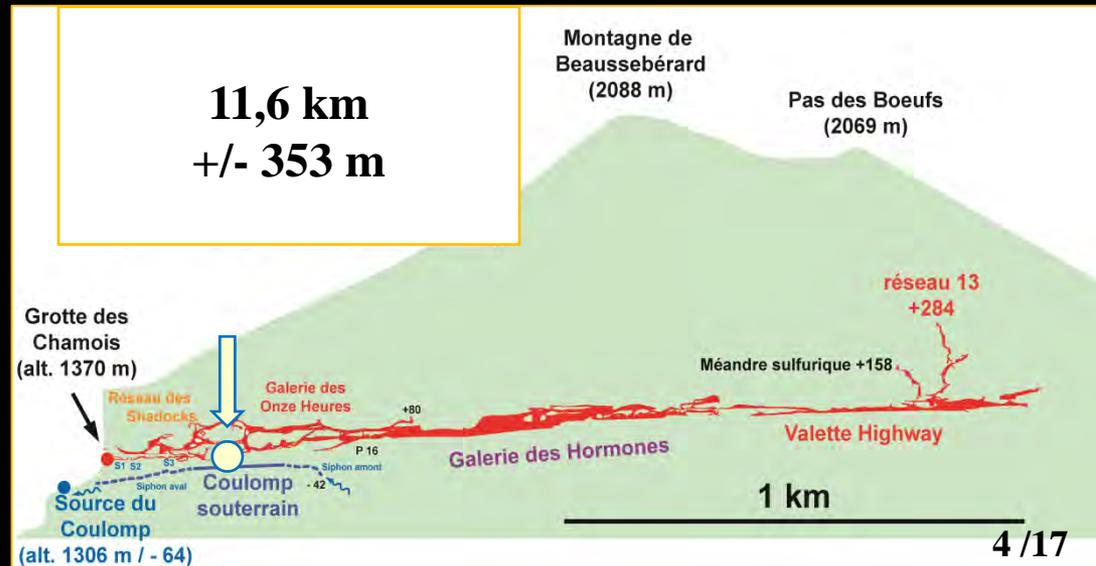
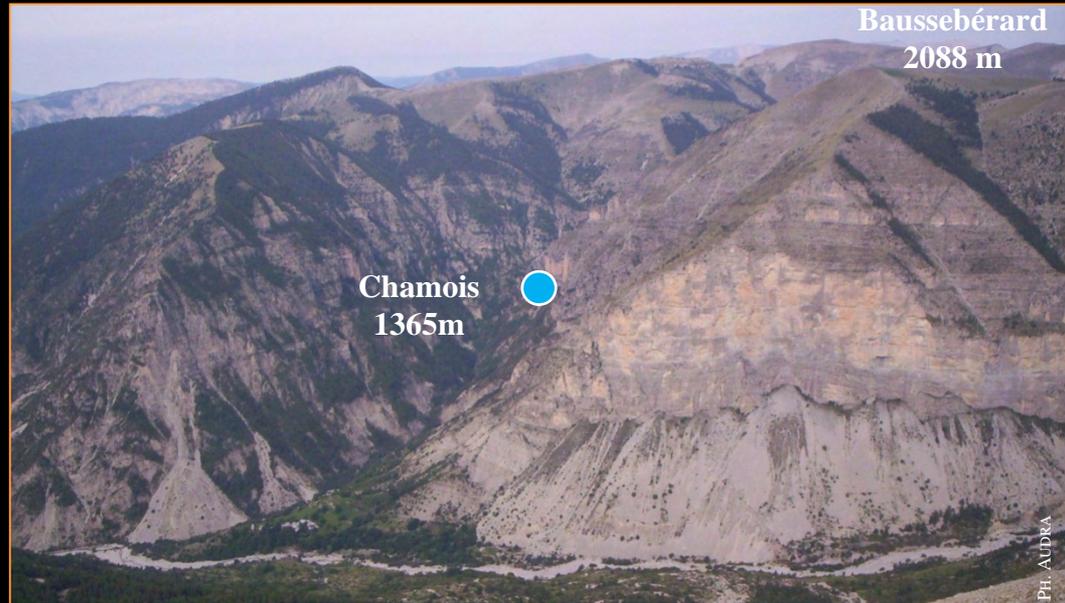
1 – Contexte du site

2 – Problématique et méthodologie

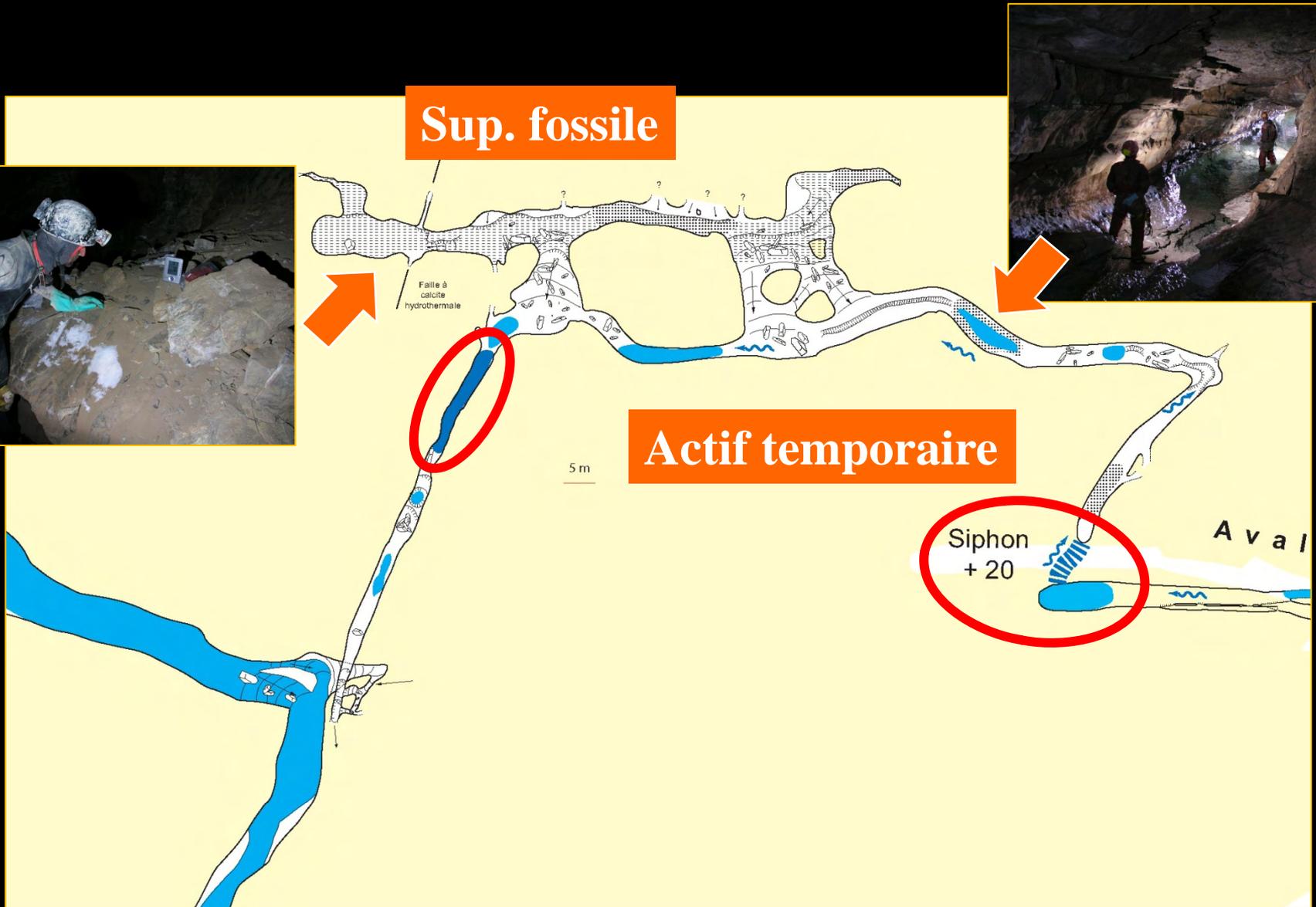
3 – Résultats

4 – Discussion

1 – Contexte du site (localisation)



1 – Contexte du site (topographie)



1 – Contexte du site (sulfates)



Crosses, croûtes => gypse



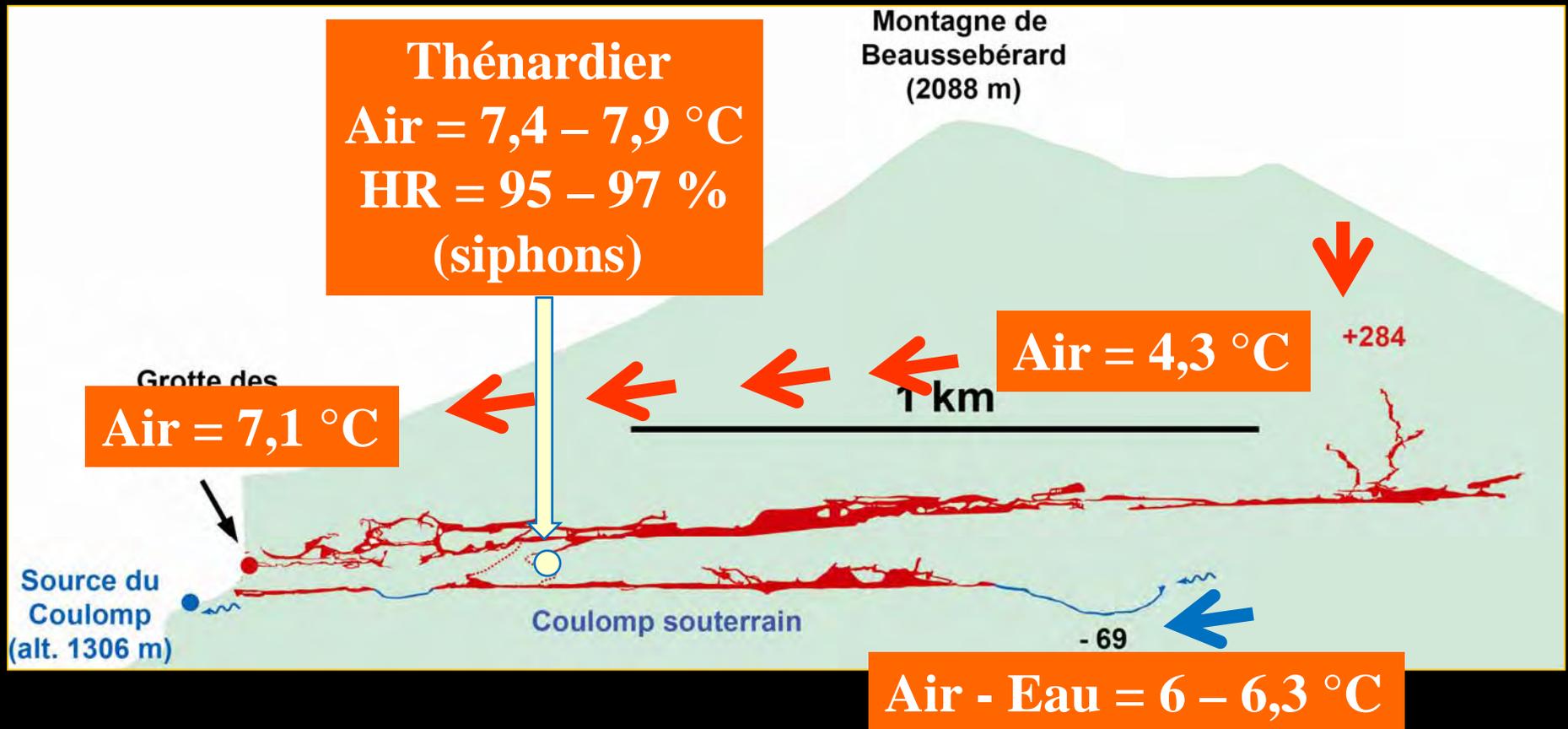
« neige fraîche »

=> Sulfates + solubles (goût salé)



« barbapapa » transparente

1 – Contexte du site (microclimat)



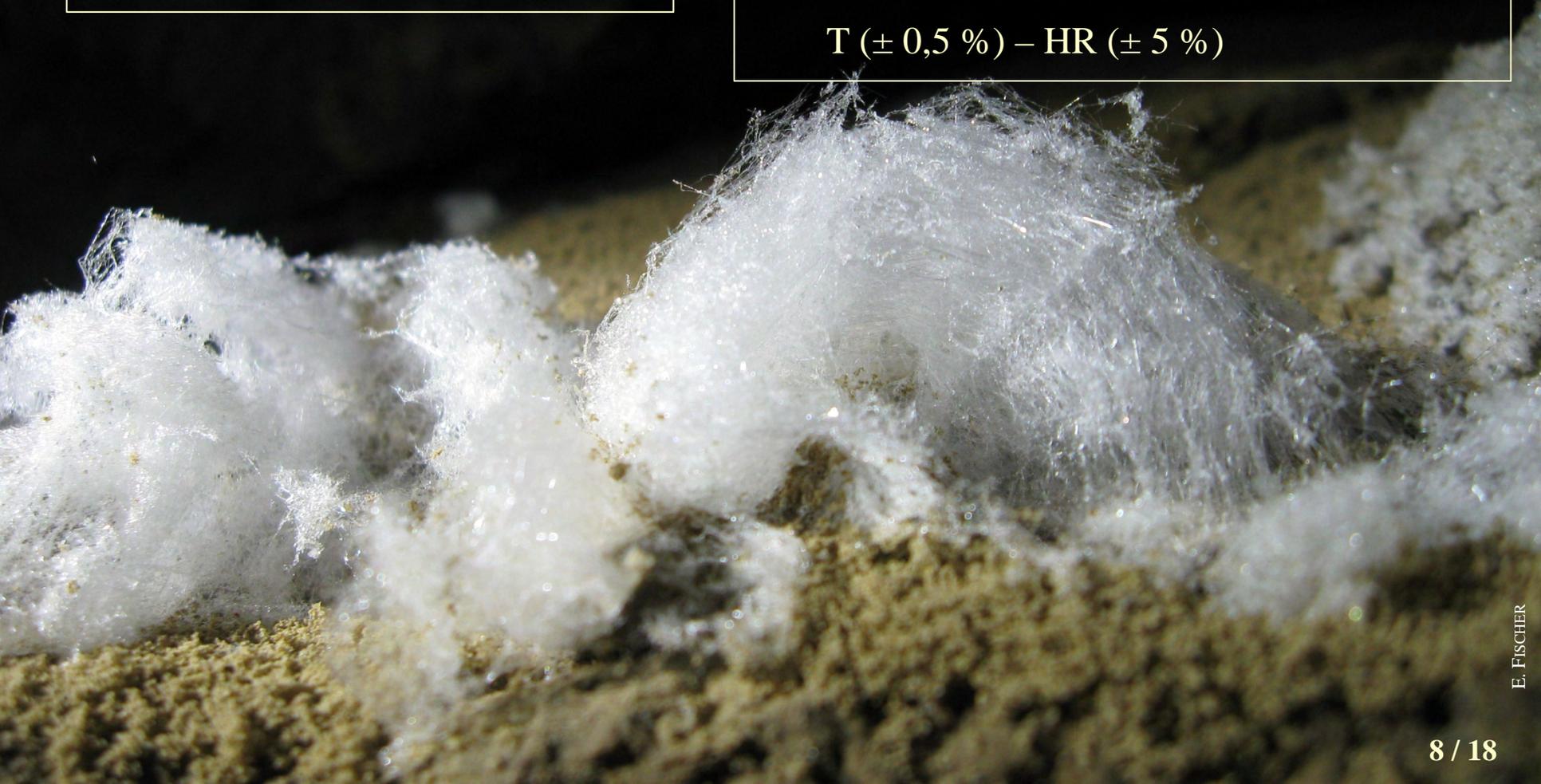
2 - Problématique et méthodologie

Problématique

- ⇒ identification minéralogique
- ⇒ conditions de formation (stabilité)

Méthodologie

- ⇒ Minéralogie : Diffraction RX
- ⇒ climatologie / stabilité : data logger
T ($\pm 0,5$ %) – HR (± 5 %)



3 – Résultats (minéralogie)

Minerals	Sample no.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quartz	x	x	x	x			x	x		
Calcite	x	x	x	x			x			
Hydromagnesite										x
Gypsum		x	x	x		x	x	x	x	
Thenardite	x	x	x (*)	x	x					
Mirabilite			x (*)							
Eugsterite	x									

3 – Résultats (minéralogie)



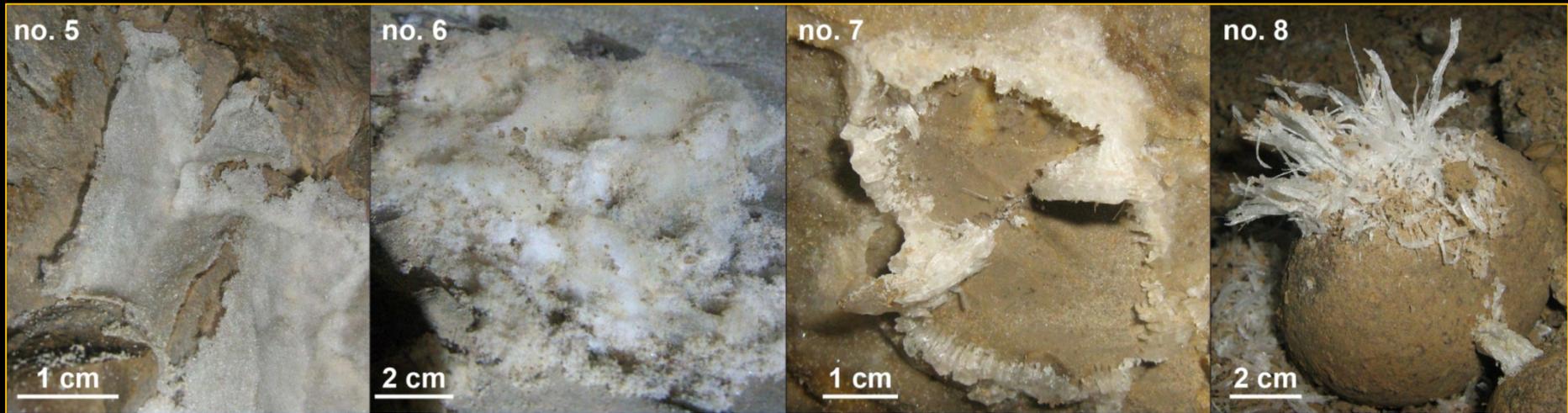
Hydromagnésite



Calcite $[\text{CaCO}_3]$

3 – Résultats (minéralogie)

Gypsum [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]



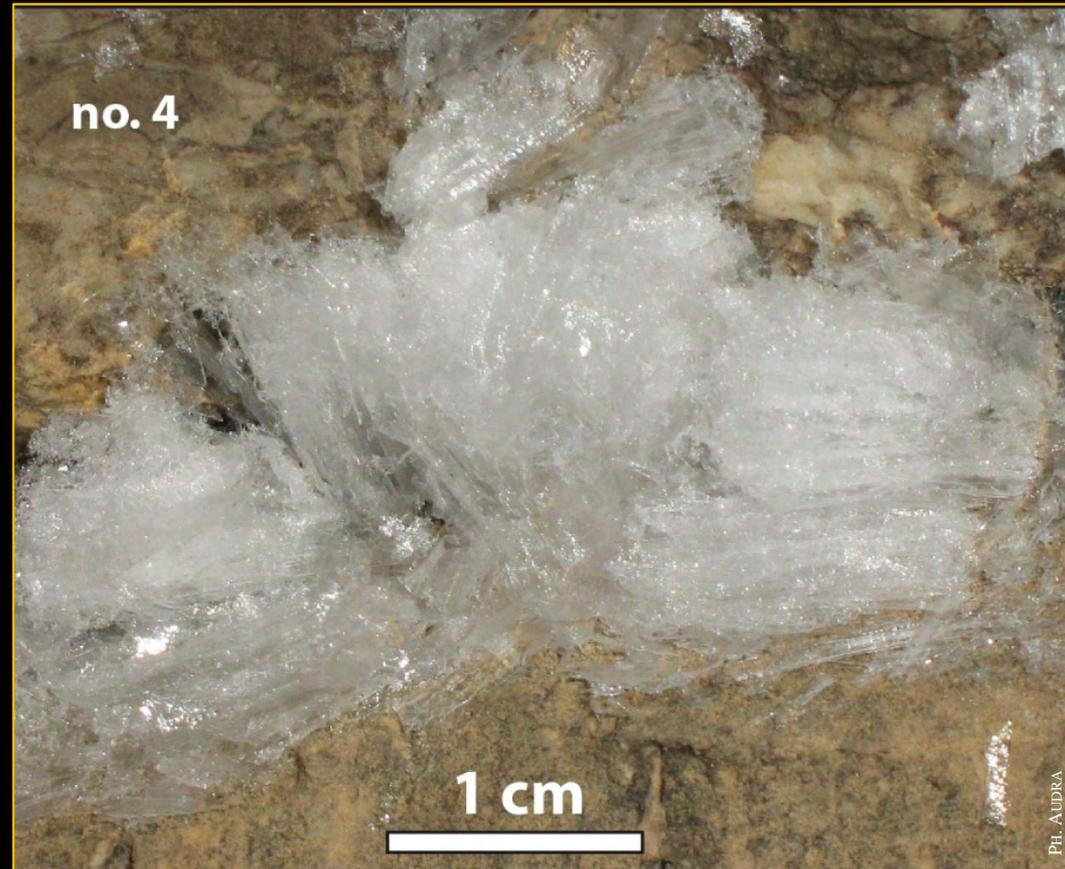
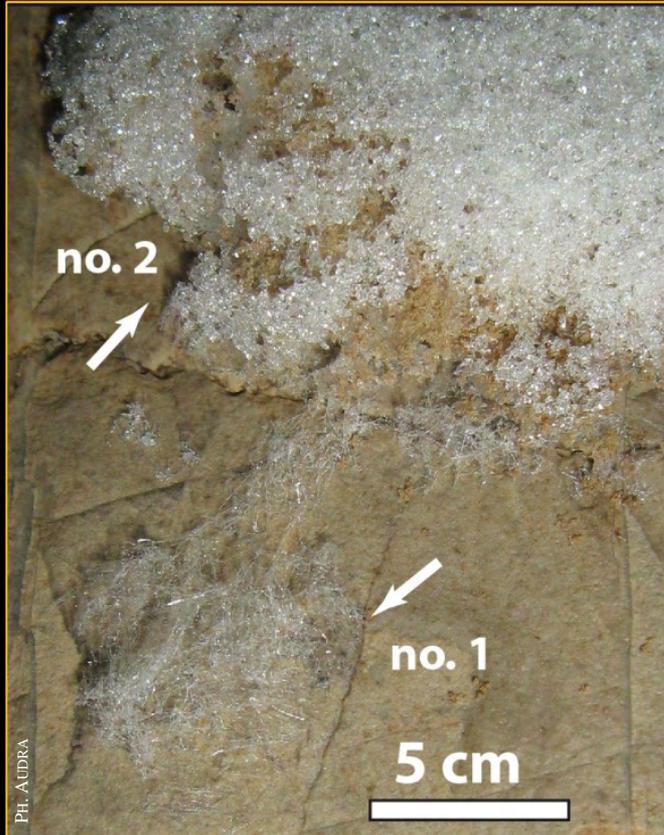
Croûte

Aspect
“salpêtre”

Fleur

Crosses

3 – Résultats (minéralogie)



Mirabilite $[\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$
Eugsterite $[\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

4 – Discussion (déshydratation en thénardite)

- 1^e RX conditions labo. (29 °C – 30 % HR) => Thénardite [Na₂SO₄]
 - 2^e RX sous atm. humide => Mirabilite [Na₂SO₄ · 10H₂O]
 - 3^e RX après 50 mn atm. labo => Thénardite
- => Grotte = Mirabilite ; déshydrate spontanément en Thénardite**

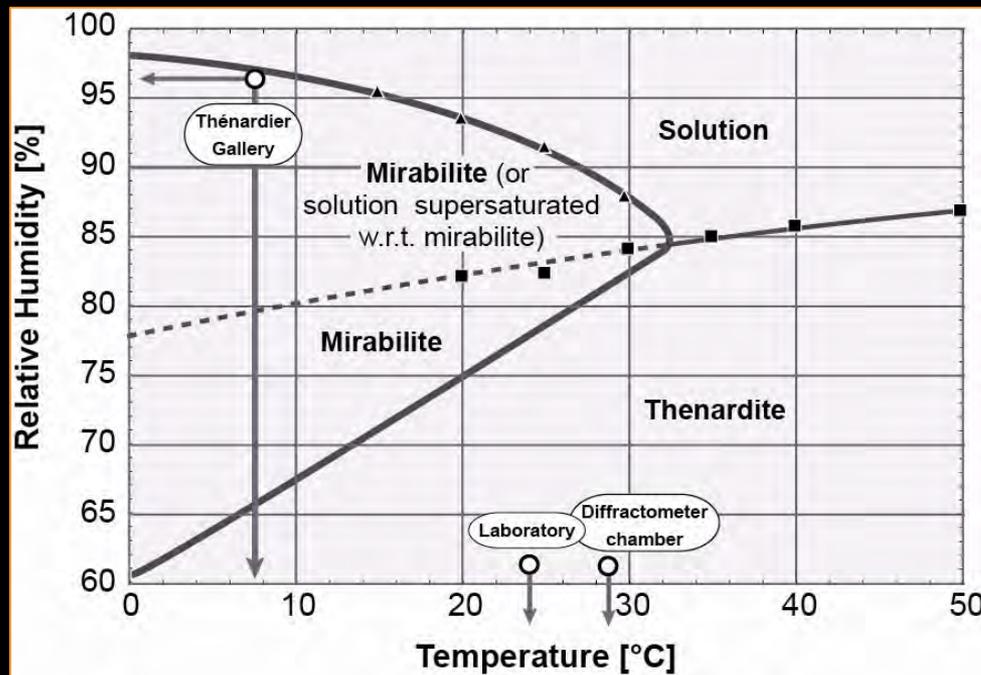


Diagramme de phase des sulfates de sodium [FLATT 2002]

4 – Discussion (origine espèces minérales)



Hydromagnésite $[\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$

Ca, Mg = roche encaissante

Calcite => évaporation (\uparrow rapport Mg/Ca) + forces capillarité
centrifuges => auréole hydromagnésite contact parois sèches



Gypse $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ **Mirabilite** $[\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$

Eugsterite $[\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

Ca = roche encaissante S = oxydation pyrites

Na = altération galets grès d'Annot

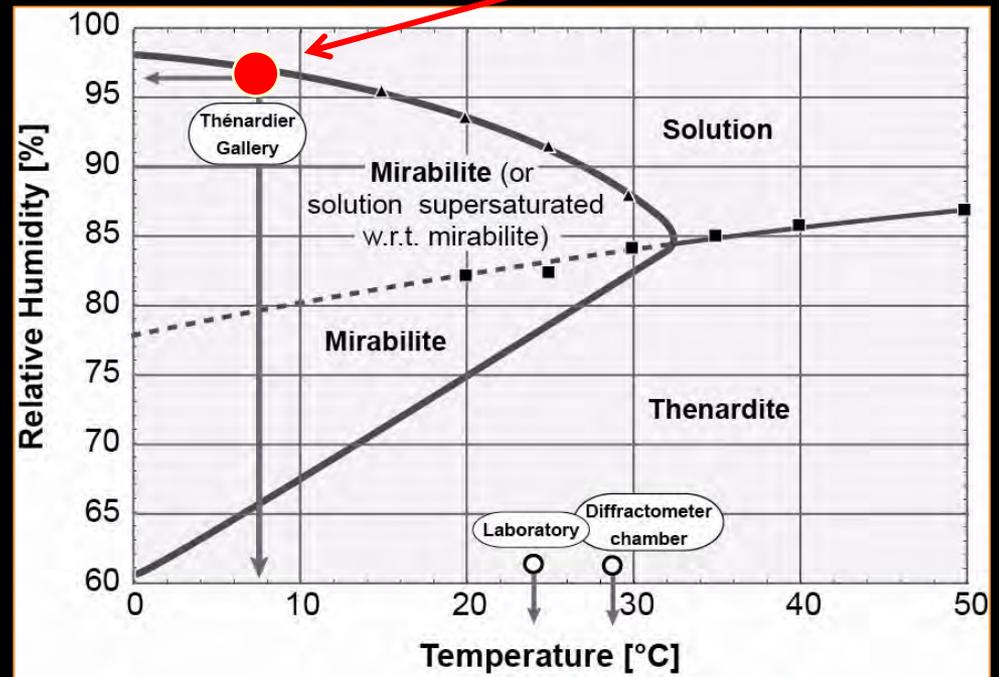
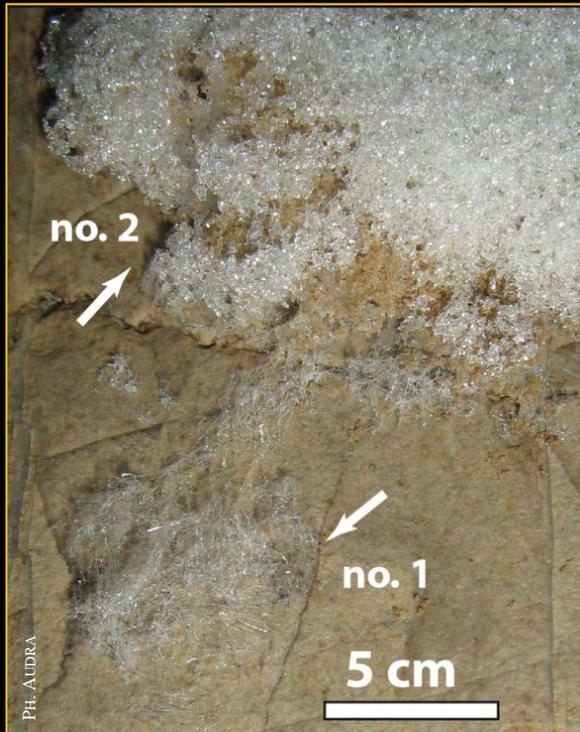
avec plagioclases sodiques (albite) + perthites

=> Évaporation forte (HR < saturation) ; gypse => mirabilite => eugstérite

=> **Eugsterite = 2^e mention en grotte (après Mammoth Cave)**

4 – Discussion (stabilité mirabilite)

no. 1 fibreux / no. 2 « neige de printemps »
7,5-8 °C et 95-97 % HR = changement phase



⇒ **fusion** (partielle ou totale) si HR ↑

⇒ **recristallisation** si HR ↓

Diagramme de phase des sulfates de sodium [FLATT 2002]

4 – Discussion (stabilité mirabilite)

⇒ si $T \downarrow$, résistance HR $\uparrow \Rightarrow$ moins soluble

⇒ présente en grottes froides, si sèches (confinement, étiage hivernal)

(Castelguard, Picos de Europa, Salzburg Alpen, Norvège...)

⇒ Chamois : percolations rares (géol.) ; air subsident asséché ; confiné

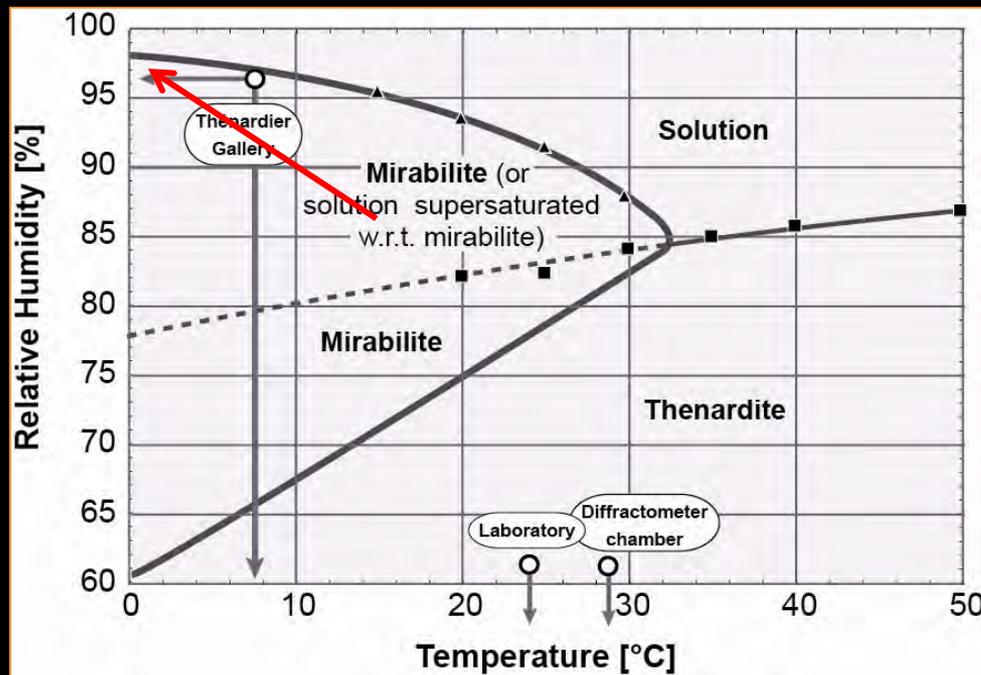
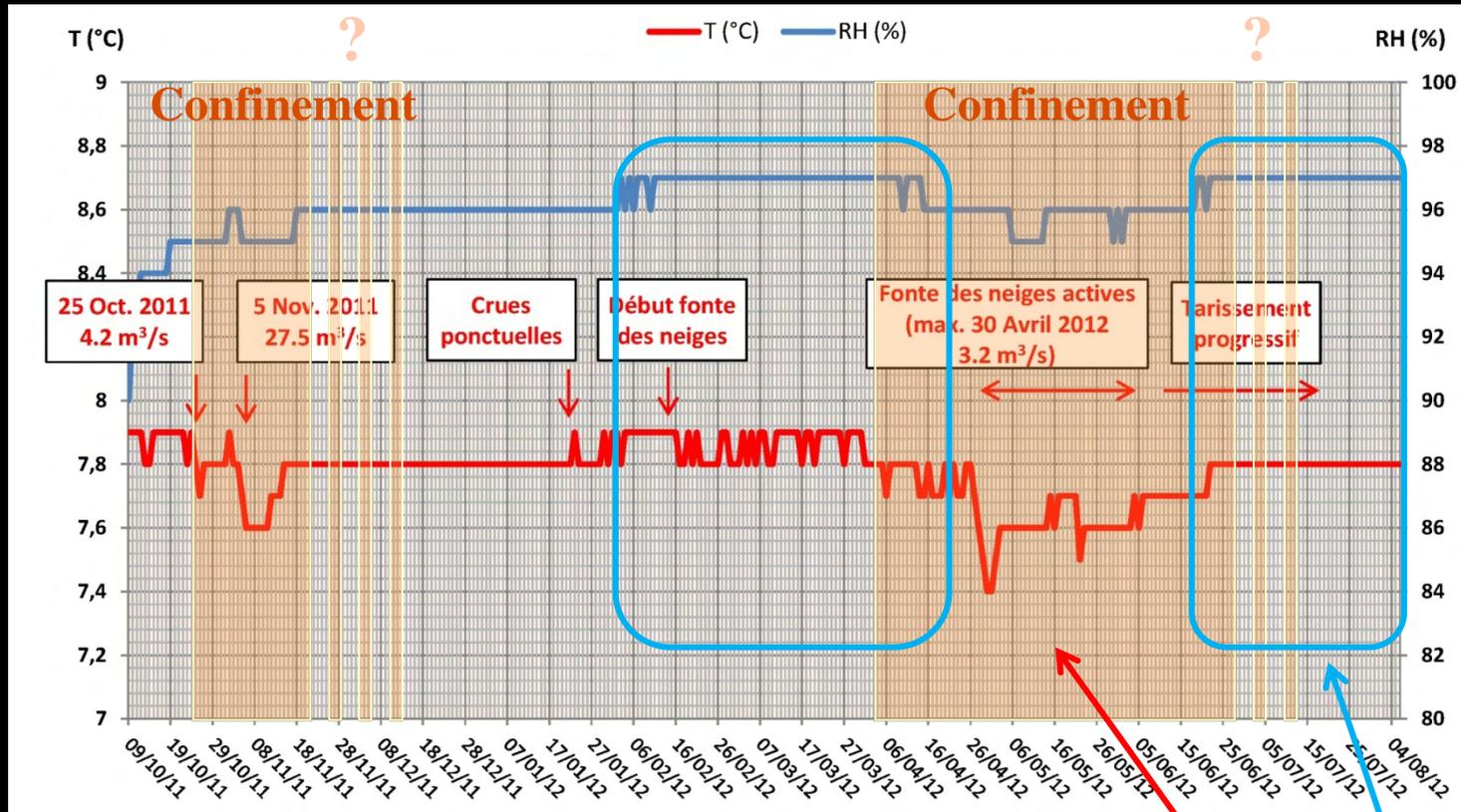


Diagramme de phase des sulfates de sodium [FLATT 2002]

4 – Discussion (stabilité mirabilite)



⇒ crue => **confinement** total => ↓ T et ↓ HR => **cristallisation ?**

⇒ Tariissement => **siphon ouvert** => ↑ T et ↑ HR => **fusion partielle ?**

Conclusion

⇒ évaporites sulfatées rares (Mirabilite, 2^e mention monde pour Eugstérite)

⇒ présentes milieu aride ou volcanique, moins fréquemment cavité froides

⇒ Thénardite = forme déshydratée mirabilite (artéfact d'analyse)

⇒ origine : altération encaissant calcaire (Ca, Mg), pyrites (S), alluvions (Na)

⇒ formation par évaporation :

- faibles percolations (géol. + étiage hiver)
- assèchement air subsident
- confinement saisonnier (↓ T et ↓ HR)