

Conférence UIAD, groupe Paléo, le 1<sup>er</sup> décembre 2014

# Réseaux souterrains du Vercors Comment ils se sont fabriqués...

Baudouin Lismonde

# Programme de l'exposé

9 h : le système karstique Luire-Arbois-Bournillon

9 h 40 : la formation des cavernes

10 h 40 : interruption de 20 mn

11 h 00 : le réseau gouffre Berger – Cuves de Sassenage

**1<sup>ère</sup> partie :**

**Le système souterrain**

**Luire – Arbois – Bournillon – Siphon d'Arbois**

# Plan de l'exposé

Les sorties d'eau et le bassin-versant

Les observations et les traçages

Les mesures en cours

Objectif de l'étude en cours

Les difficultés : dénouer l'écheveau de la complexité du système ; faire collaborer beaucoup de gens différents



Les sources d'Arbois







Le trop-plein : Bournillon

Le site de Bournillon  
est grandiose

C'est une reculée

Le porche dépasse  
100 m de hauteur





Porche de Bournillon





Bournillon à sec





Le Village Nègre  
À Bournillon





Le siphon de 30 m à Bournillon



La noire galerie amont de Bournillon





## Formes de corrosion













# Le siphon Alpha à Bournillon







La deuxième sortie de  
trop-plein : Siphon d'Arbois

Ici en grande crue,





L'entrée de la Luire sans eau (3<sup>e</sup> sortie de trop-plein)





Crevasion de la Luire (photo Internet)

# Délimitation du bassin versant

Elle se construit à partir :

- des observations,
- des conditions géologiques,
- et des traçages (toujours en cours)

La combe de Loscence est à conserver, mais pas le plateau de Beurre,

L'est de l'anticlinal des Coulmes est à rattacher,

La grotte du Fernet n'appartient pas au système.

Reste la question du Pic de la Gagère à Font d'Urle (très probablement à rattacher). Traçage 2014 en cours...





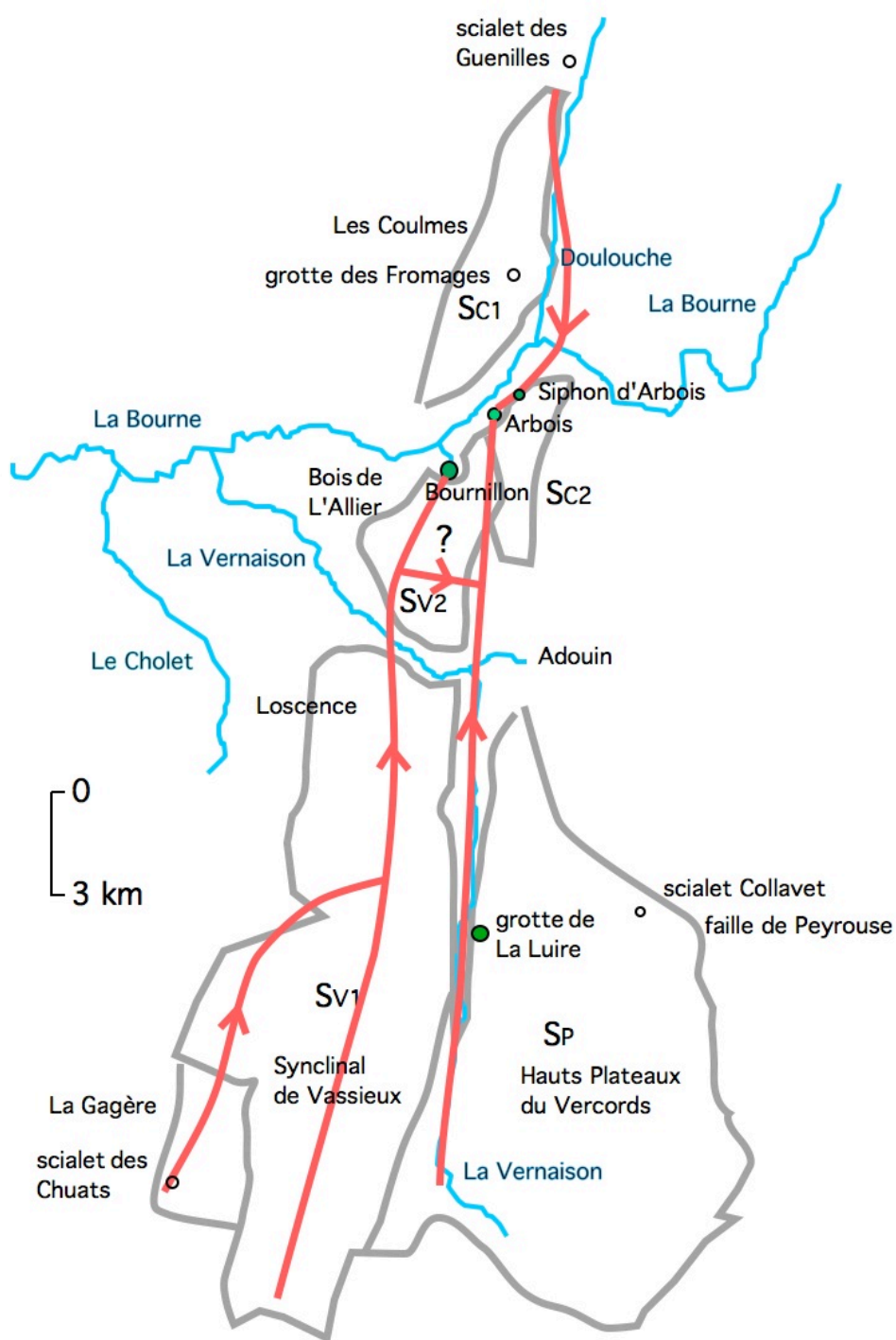
Un des accès au plateau du Vercors  
La montée au Pas de Serre Brion





Les hauts-Plateaux du Vercors et le bassin versant des sources d'Arbois





# Vue d'ensemble

Une sortie pérenne : source d'Arbois

Trois sorties temporaires :

Bournillon

Siphon d'Arbois

Luire

Les bassins-versants du système

Les trois collecteurs principaux (rouge)

Afluent de Vassieux

Afluent de Saint-Agnan

Afluent des Coulmes

La grande question est :

Comment sont-ils connectés ?

# Les traçages

La Luire (GSV)

Perte à Vassieux (Rousset)

Pertes de la Vernaison (Bourgin)

Combe de Loscence (2004, CDS 38 et 26)

Scialet des Guenilles (2014, CDS 38)

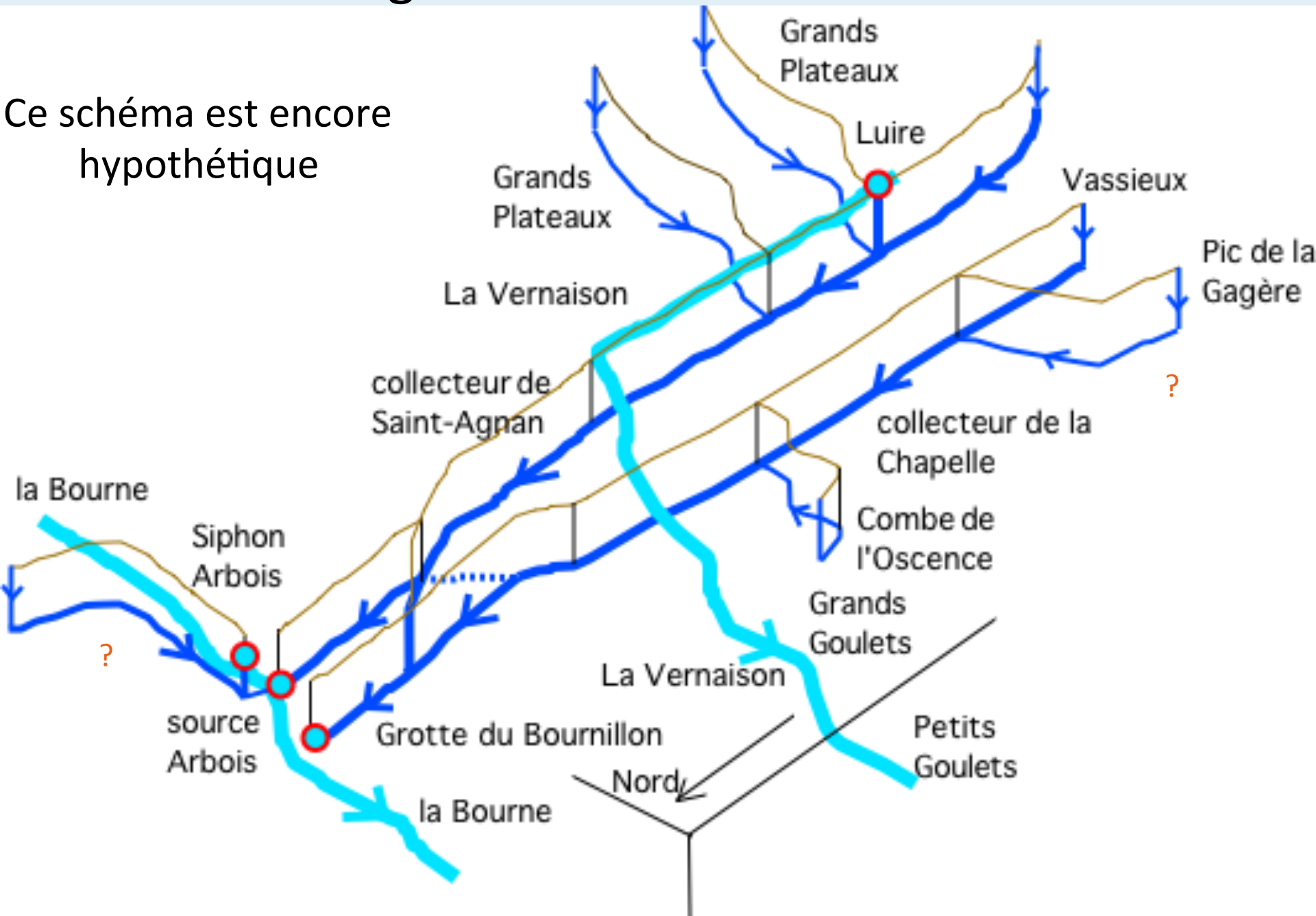
Grotte des Fromages (2014, CDS 38 et à venir)

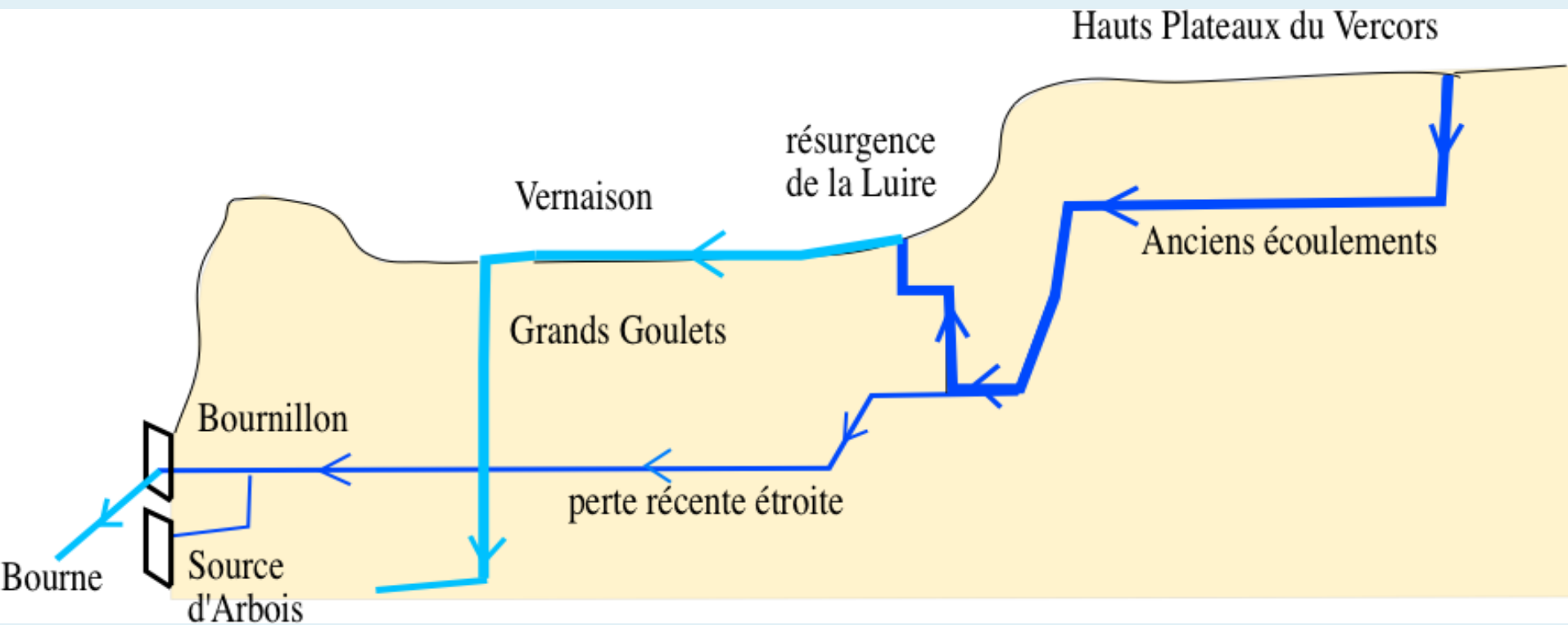
Scialet des Chuats (2012 et en cours en 2014)

Scialet Collavet (2014, CDS 38)

# Les deux grands collecteurs venant du sud

Ce schéma est encore hypothétique





## Fonctionnement de la Luire

Ici, nous proposons de considérer que la Luire est une ancienne sortie d'eau qui a été capturée plus récemment par la source d'Arbois.

# Observations sur le fonctionnement hydrologique

Le Bournillon coule quand Arbois dépasse  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

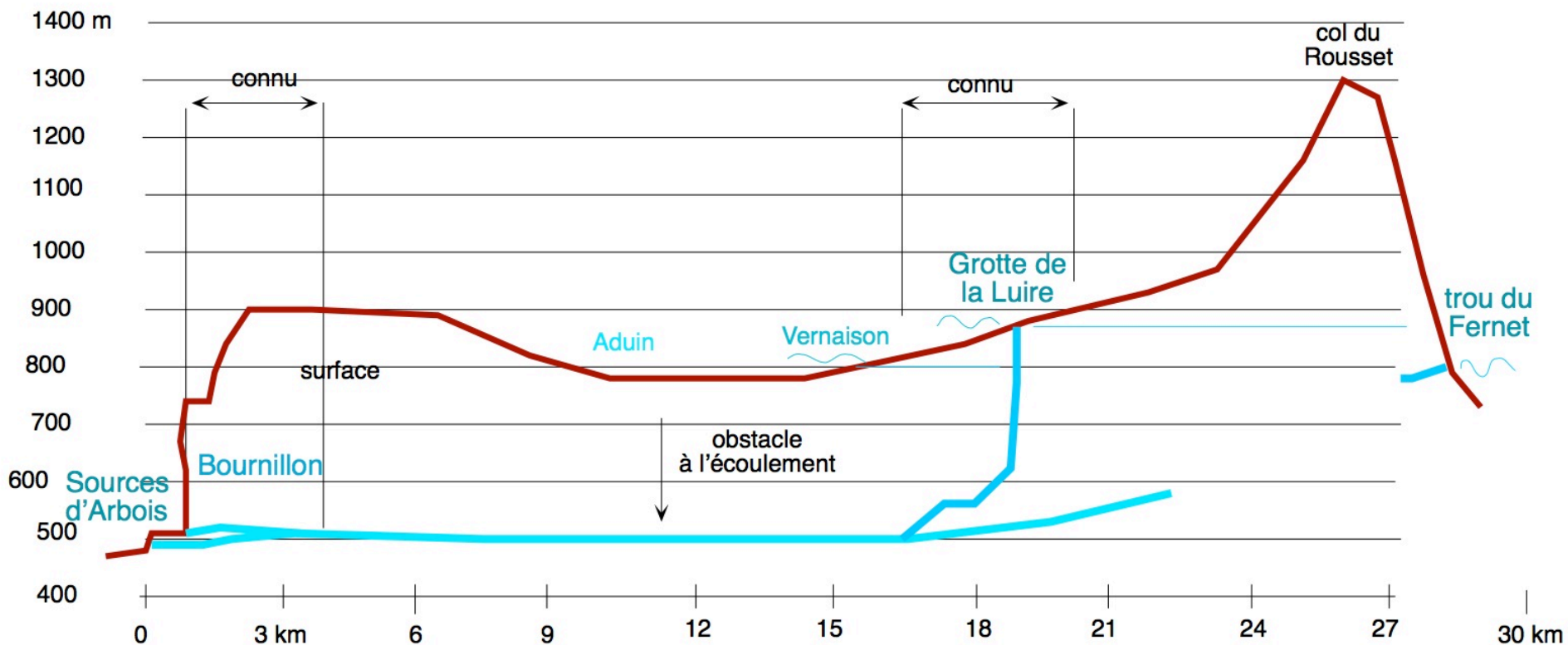
La Luire coule quand Bournillon dépasse  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ . La Luire est 482 m plus haut qu'Arbois !

La remontée de l'eau dans la Luire est de 451 m.

Le seul cours actif de la Luire à l'étiage est de 40 l/s pour  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  à Arbois.

Le bassin versant total est estimé à  $227 \text{ km}^2 + 15 \text{ km}^2$  du côté des Coulmes.

# Le système hydrologique des sources d'Arbois



Coupe en long du réseau

# La question du Fernet (éliminé)

Au sud du Vercors, au-dessous du col du Rousset (vallée de la Comane), une grotte devient émissive en grandes crues : le Fernet.

J.X. Chirossel a, jadis, émis l'idée qu'elle constituerait un trop-plein pour la grotte de la Luire.

Nous avons démontré en 2005 que le Fernet n'appartient pas au système (non corrélation des mises en charge).





En amont de la Comane,  
on trouve, en crue,  
deux sorties d'eau :  
Le Touron et le Fernet

(ici le 23 nov. 2007)

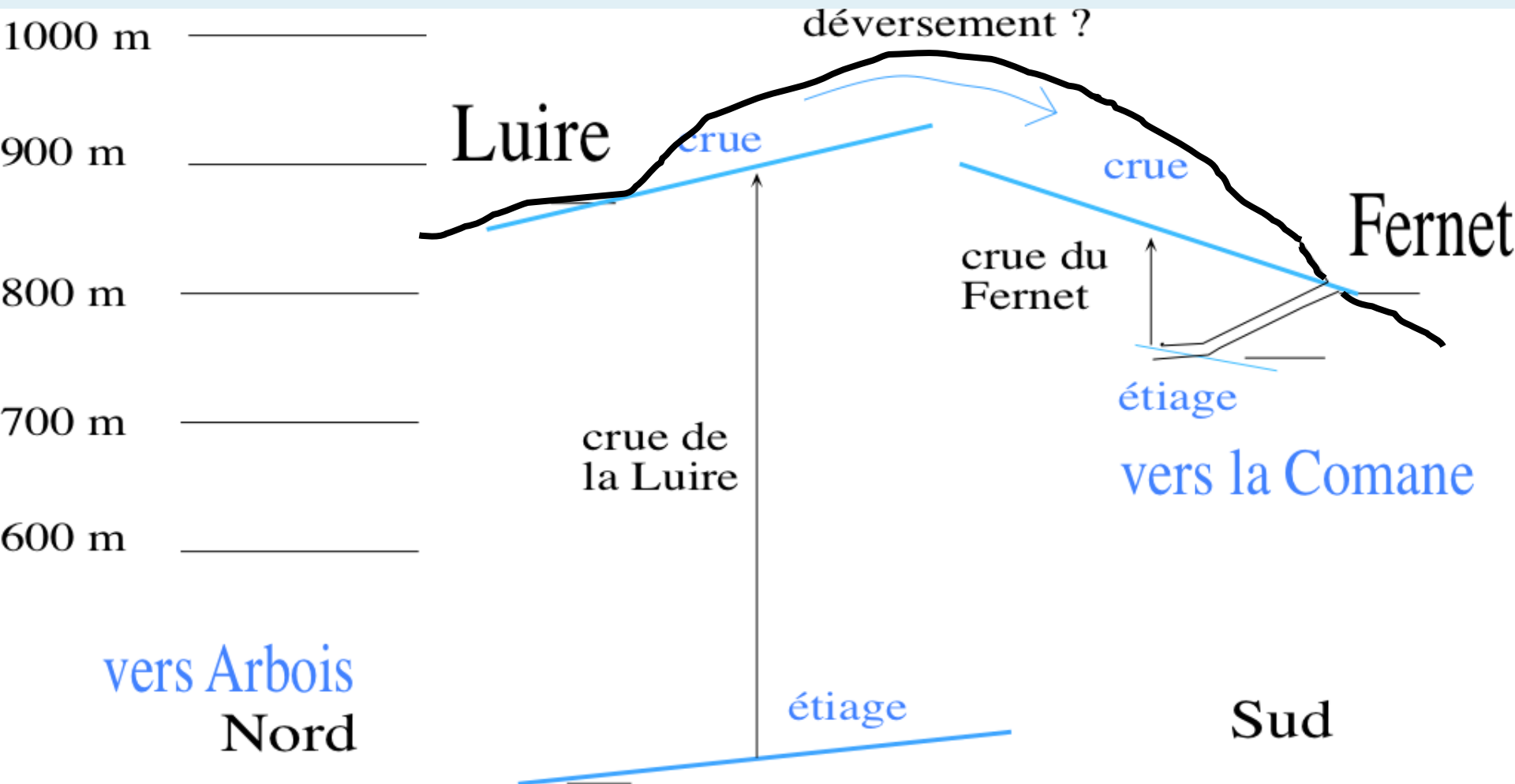
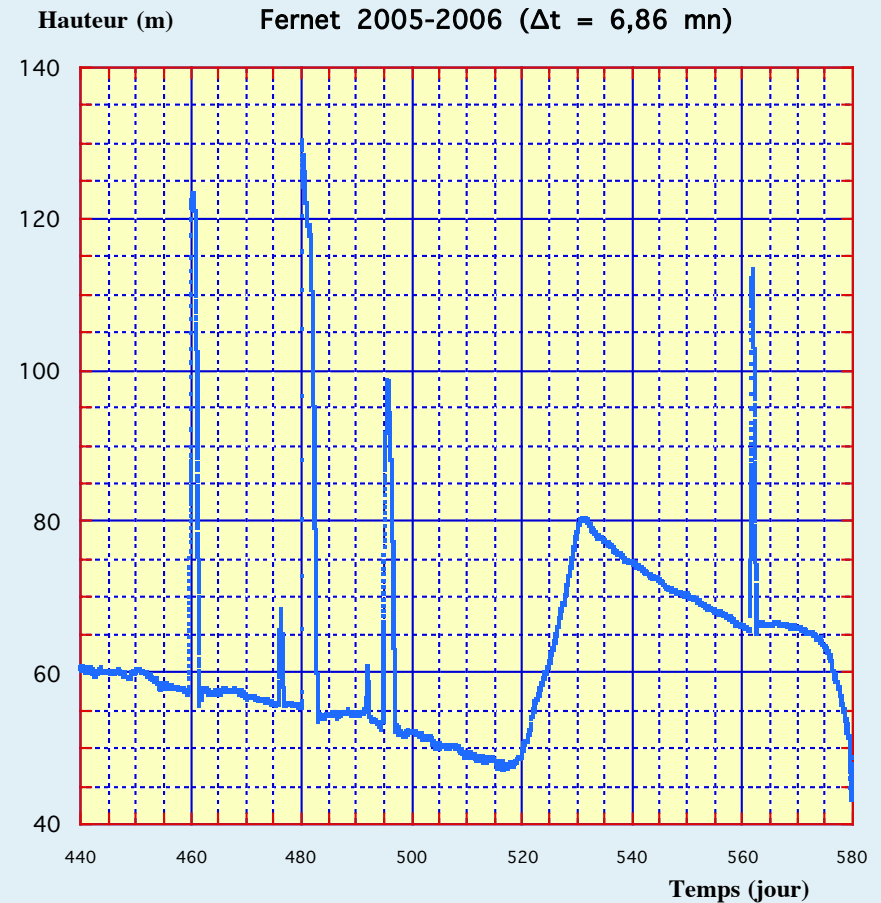
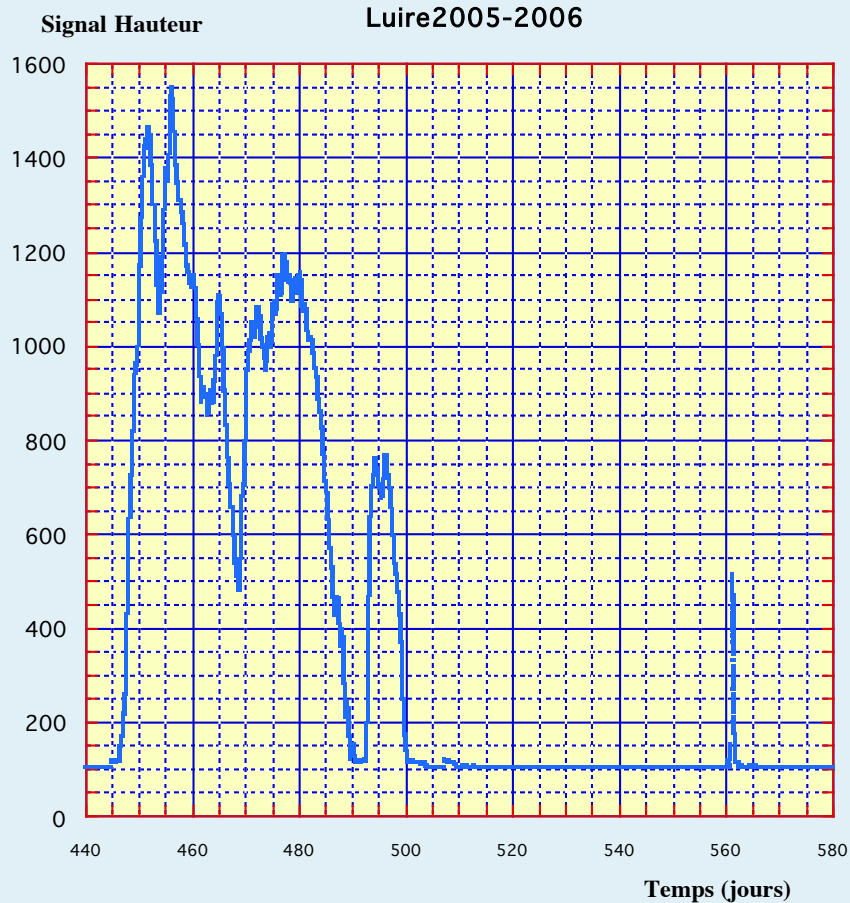


Schéma de principe montrant le déversement possible de l'eau vers le Fernet, au sud

## Signal à la Luire (à gauche), signal au Fernet (à droite)



Les crues sont synchrones (mesurées aux Luirographes).

Mais la hiérarchie n'est pas la même, de même que les durées.

Il est donc presque certain que la grotte du Fernet n'est pas un trop-plein de la Luire.

# Les mesures à Bournillon

Laurent Morel, avec un Lurographe, observe les épisodes de crue (l'appareil est placé une dizaine de mètres au-dessus des niveaux d'étiages).

EDF mesure les puissances turbinées entre 3 et 9,2 m<sup>3</sup>/s

Le CDS 38 mesure les hauteurs d'eau au lac de la prise d'eau EDF

Le CDS 38 a placé aussi plusieurs Reefnets aux siphons Alpha et Béta pour comprendre les mises en charge au voisinage des étiages (mais il semble qu'ils soient perdus).

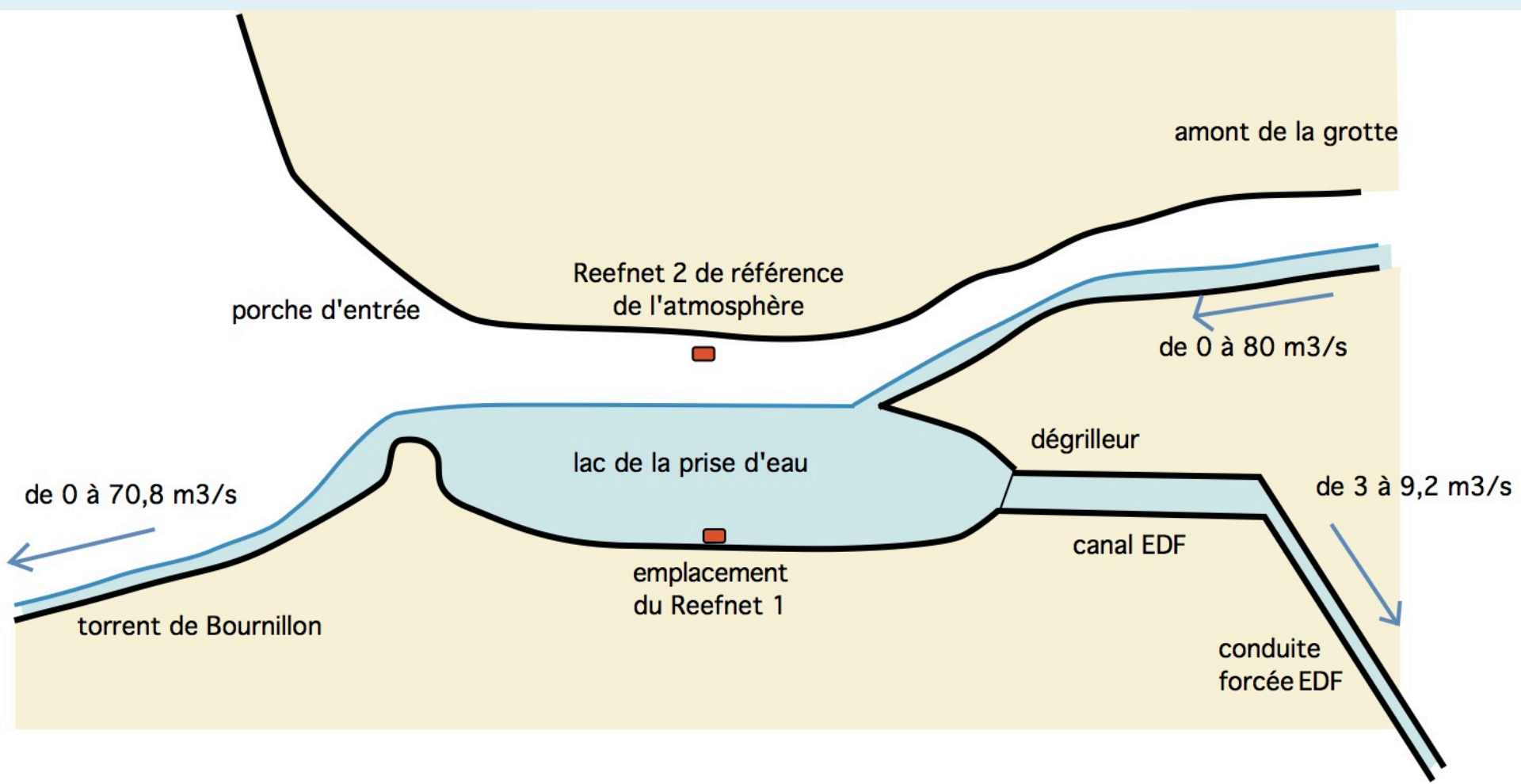
# Mesure du débit de Bournillon

Variations du débit : de 0 m<sup>3</sup>/s à 80 m<sup>3</sup>/s

Turbinage partiel de l'eau par EDF de 3 m<sup>3</sup>/s à 9,2 m<sup>3</sup>/s

Entre 9,2 m<sup>3</sup>/s et 80 m<sup>3</sup>/s, l'eau passe par dessus le barrage

Ce que les spéléos mesurent, c'est ce qui passe au-dessus du barrage.



## Les trois débits à Bournillon :

Le débit amont

Le débit turbiné

Le débit du trop-plein (barrage)

# La mesures des débits de Bournillon

C'est le débit amont qui nous intéresse.

Mais seul le débit du trop-plein est accessible.

On est donc tributaire de la donnée du débit turbiné par EDF (en effet, la régulation se fait en maintenant la hauteur du lac constante) :

$$Q_{\text{amont}} = Q_{\text{trop-plein}} + Q_{\text{EDF}}$$
$$(0 \text{ à } 80) = (0 \text{ à } 71) + (0 \text{ à } 9)$$

Mais EDF ne donne plus rien !

Il y a un problème pour les débits entre 0 et 3 m<sup>3</sup>/s :

EDF ne turbine pas, donc le niveau remonte, donc la centrale redémarre, d'où un fonctionnement en éclusées, très bref en général.



# La mesure du débit du barrage trop-plein

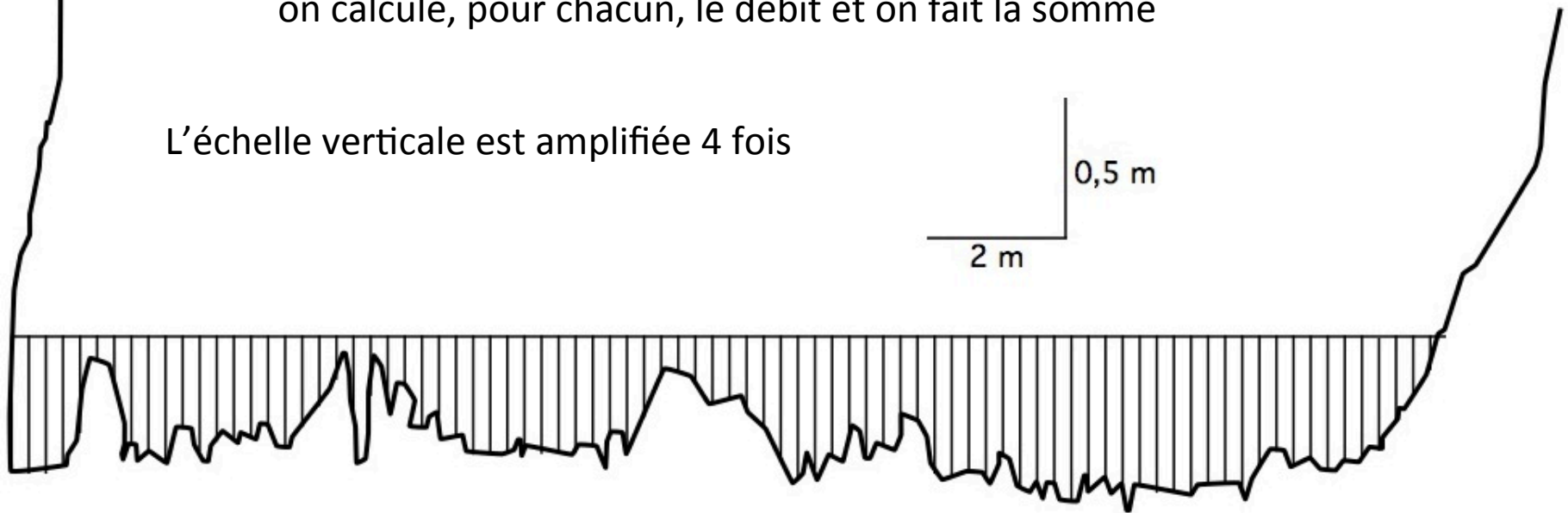






On a décomposé le seuil en petits rectangles de 0,25 m de largeur, on calcule, pour chacun, le débit et on fait la somme

L'échelle verticale est amplifiée 4 fois



# Débit de déversement à Bournillon

On adopte comme relation (Lencastre, p 339)

$$Q = \text{somme} (0,25 L \text{ Racine}(2 g) h^{3/2})$$

Dans cette relation  $L = 0,25 \text{ m} ;$

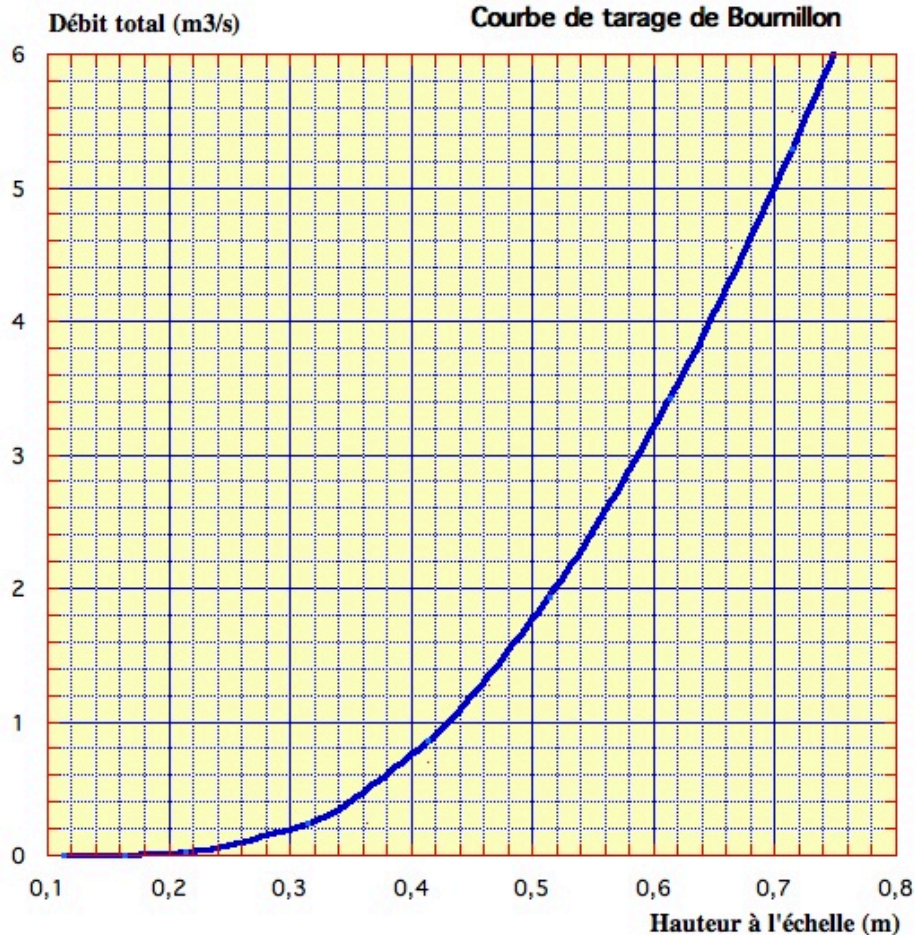
$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 ;$$

$h$  est la hauteur d'eau (variable pour chaque rectangle et dans le temps).

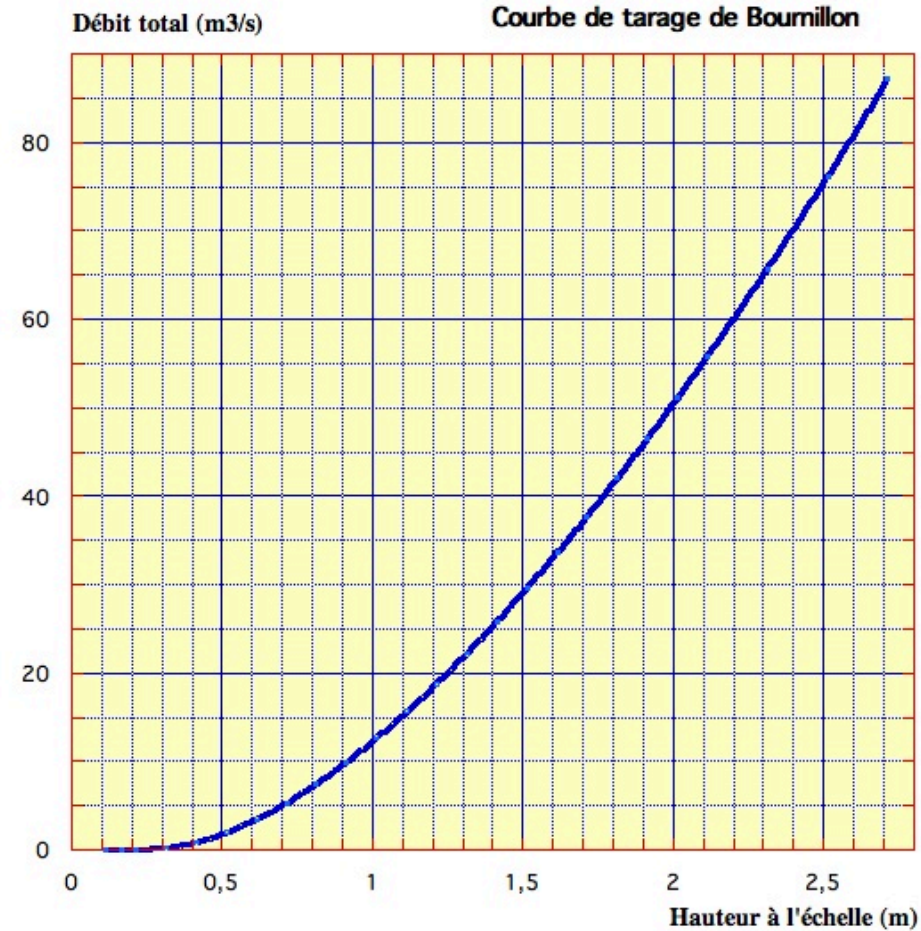
Cette hauteur est la différence des cotes entre Reefnet et seuil

# La courbe de tarage du barrage

Pour les bas débits



Pour les hauts débits



On a représenté la courbe par un polynôme du 5<sup>e</sup> degré qui est bien adapté



# Quelle précision peut-on espérer ?

L'hypothèse que le débit est la somme de nos débits partiels n'est pas très précise (hypothèse d'un écoulement 2-D). En réalité, bien sûr, l'écoulement est 3-D.

On peut penser qu'une erreur de 20% pour les faibles débits est possible.

Pour les gros débits, l'erreur doit diminuer car les rugosités sont comme lissées, disons 10%.

Nous avons fait une mesure à  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  qui nous a permis de mieux caler le 0.

# Comment mesurer les anciennes crues ?

Souvent, on dispose de photos montrant le barrage de déversement.

Alors, nous avons raccordé les défauts de la paroi à des hauteurs.

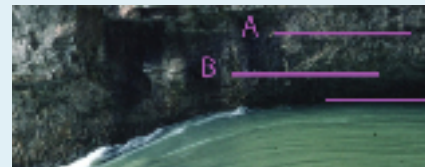
Dans certains cas, on distingue bien le niveau de l'eau.

Nous avons repéré deux points (donc deux niveaux : A et B).

Le niveau de l'eau sur la photo est calculé par un simple produit en croix.



# Exemple d'une crue le 26 mars 1981



Le niveau de l'eau est visible sur la paroi en face.

La hauteur est déduite des deux niveaux de référence A et B : on obtient  $32 \text{ m}^3/\text{s}$

Auquel on doit ajouter  $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$  turbinés par EDF, soit  $41 \text{ m}^3/\text{s}$

# Une photo extraordinaire

Le 3 décembre 2003 a eu lieu, sans doute la plus grande crue depuis 50 ans.

Il y avait un photographe : Jacques Masson des FJS.

C'est la plus forte crevaision de la Loire depuis 1935 (d'après le GSV). Le débit au Pont de Manne a atteint  $567 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La hauteur qu'on déduit de la photo est de 209 cm,

Le débit était donc de  $54,8 + \text{débit EDF} = 64 \text{ m}^3/\text{s}$

Mais ce n'était pas le débit maximal qui a eu lieu vers 0 h.

C'est probablement un débit voisin de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  qui est passé au maximum.

Cela rejoint les estimations anciennes d'EDF sur les crues de Bournillon.





Le déversoir le 3 décembre 2003 (photo Jacques Masson)

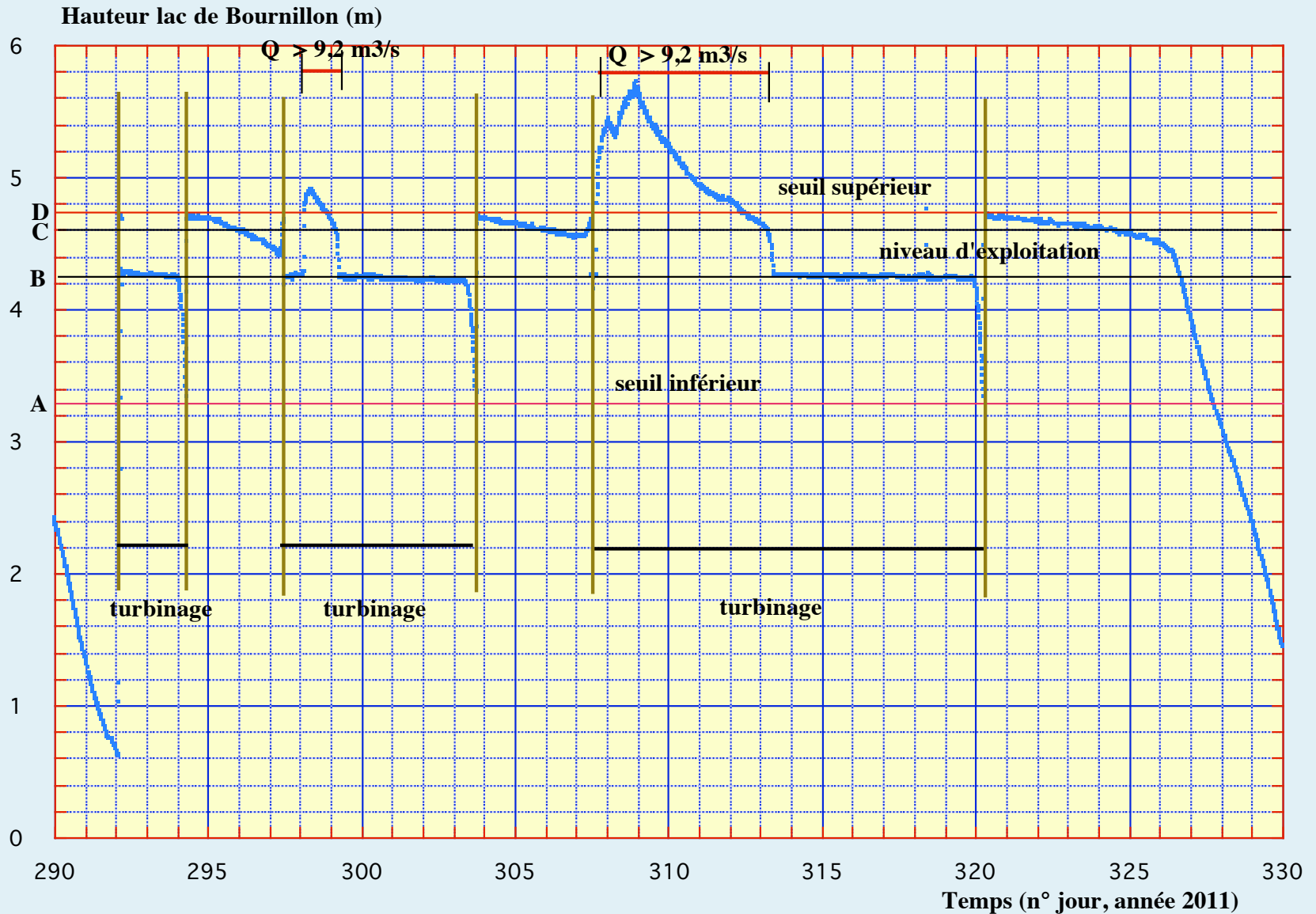




La passerelle le 3 décembre 2003 (photo Jacques Masson)



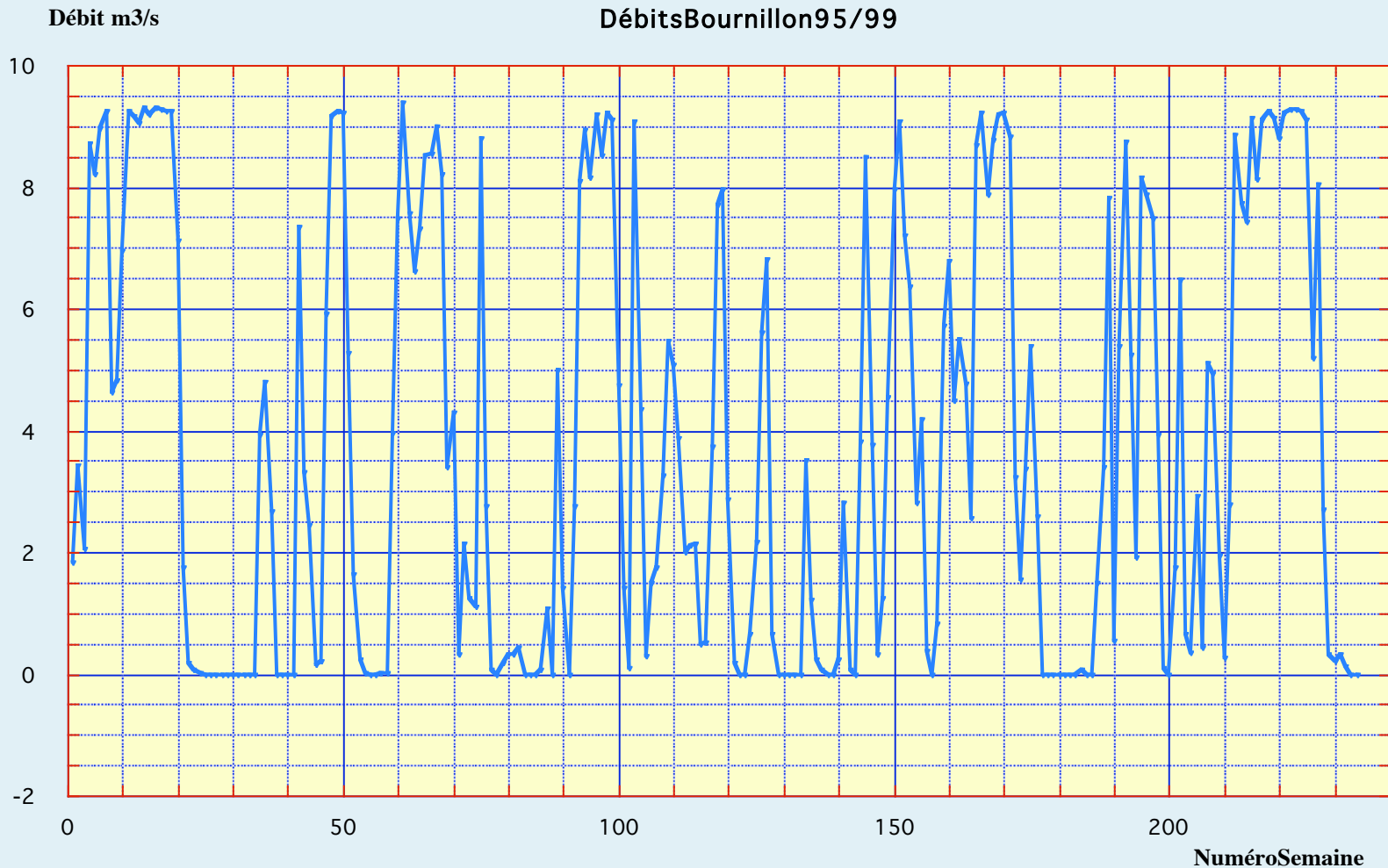
# L'aspect compliqué du signal de hauteur





# Débits turbinés par EDF entre 1995 et 1999

(on n'a pas les données récentes)



# Les différentes campagnes de mesures à Bournillon

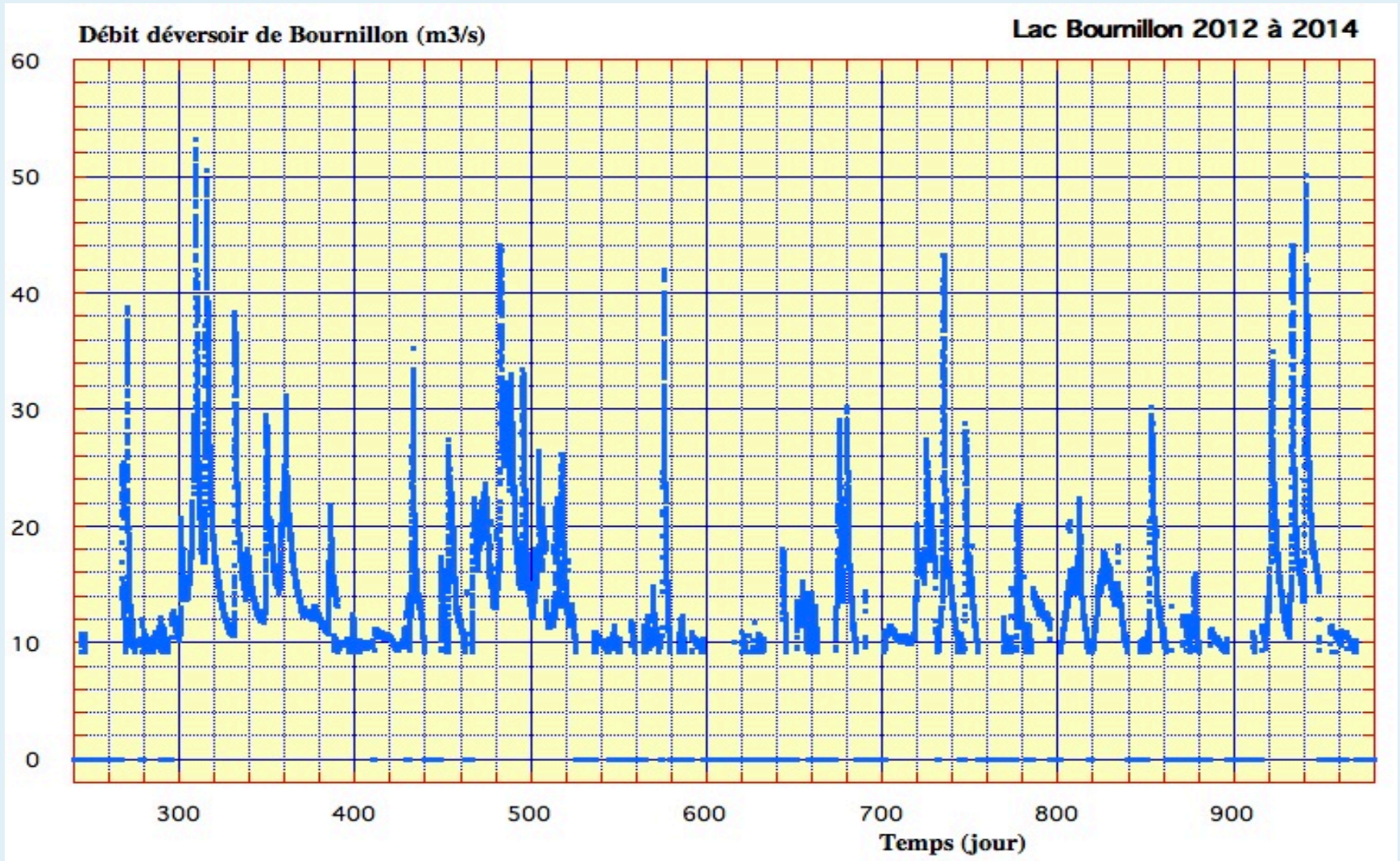
Des mesures ont lieu depuis 2009.

Montrons le débit de Bournillon entre juillet 2012 et juillet 2014.

Ce débit n'est connu que lorsqu'il dépasse  $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Heureusement, cette campagne a été pluvieuse.

# Le débit total de Bournillon de 2012 à 2014





# La question du Siphon d'Arbois :

L'énigme du drainage du flanc Est de l'anticlinal des Coulmes



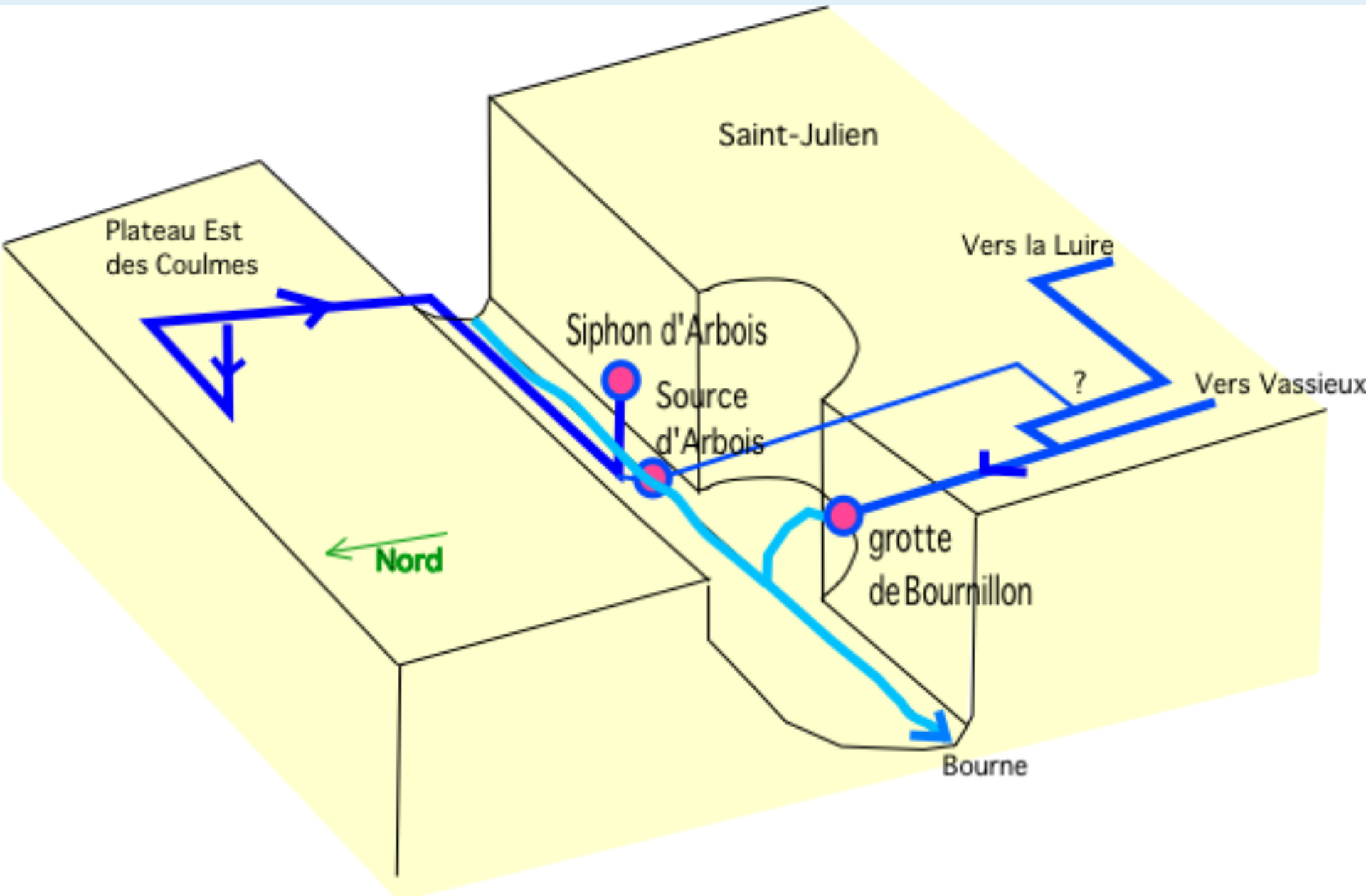


## La grotte du Siphon d'Arbois

Crevaision du 26 mars 1981  
(la mise en charge est de 73 m)



# Les sorties d'eau, et l'hypothèse sur le fonctionnement hydrologique



# Les mesures au Siphon d'Arbois

Il s'agit de la mesure des pressions (hauteur d'eau) et des températures (Reefnets).

Le pas de temps est 15 mn.

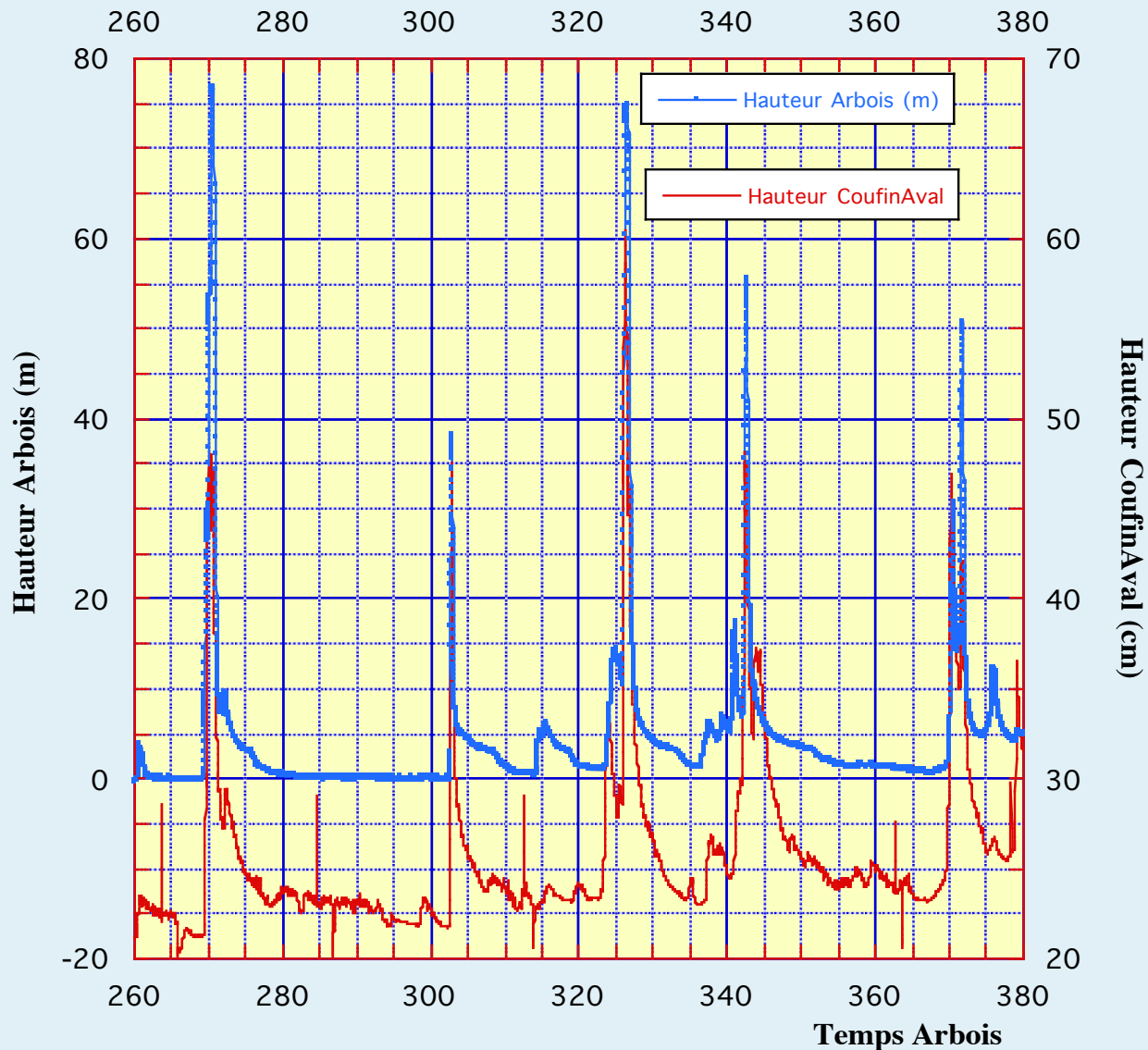
Une première campagne en 2011. Elle a montré la bonne corrélation entre le Siphon d'Arbois et les pluies sur les Coulmes.

Une deuxième campagne de 2012 à 2014. Elle a montré une assez mauvaise corrélation entre le Siphon d'Arbois et Bournillon.



# Corrélations : hauteur d'eau à Arbois - pluie sur les Coulmes

Comparaison hauteur Arbois et Coufin aval



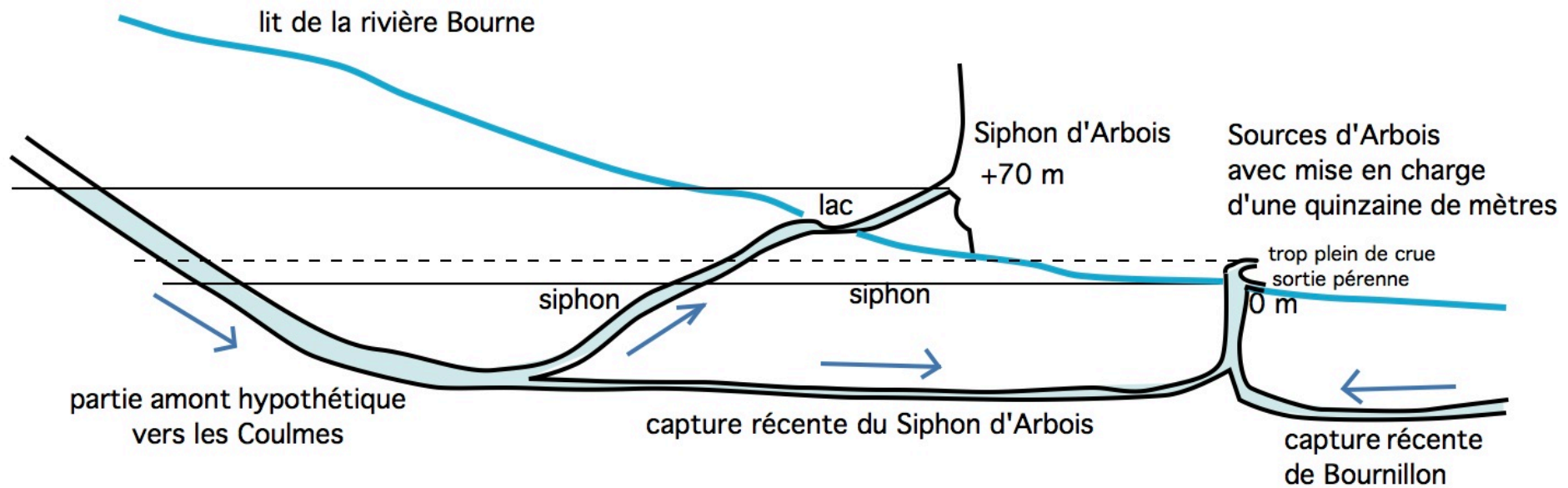
En bleu, la hauteur d'eau à Arbois (m)

En rouge, la hauteur d'eau à la grotte de Choranche (cm)

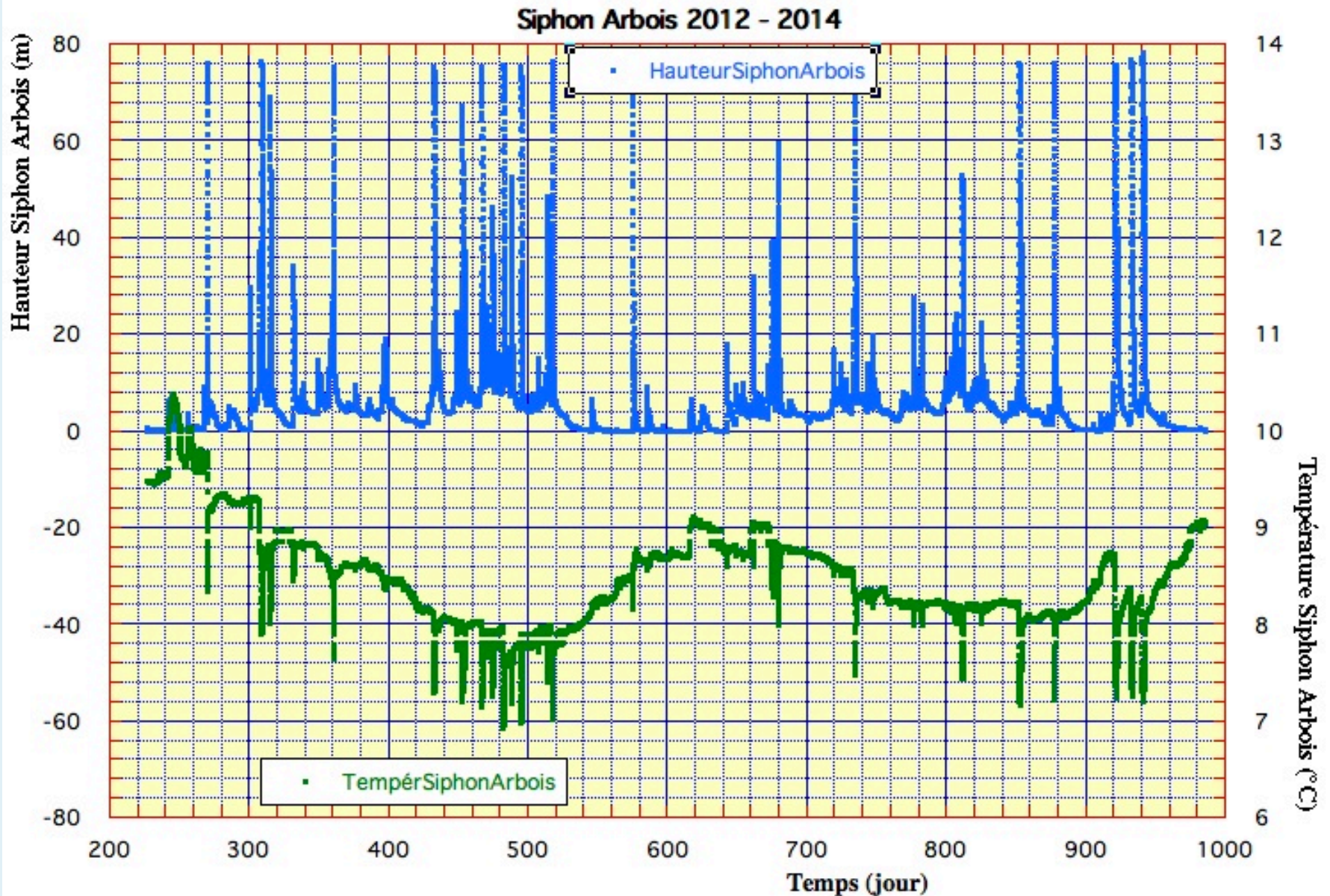
La corrélation est presque parfaite

Il reste à montrer que la corrélation avec Bournillon est moins bonne

## Schéma hypothétique de fonctionnement



# Deux ans d'enregistrements au Siphon d'Arbois





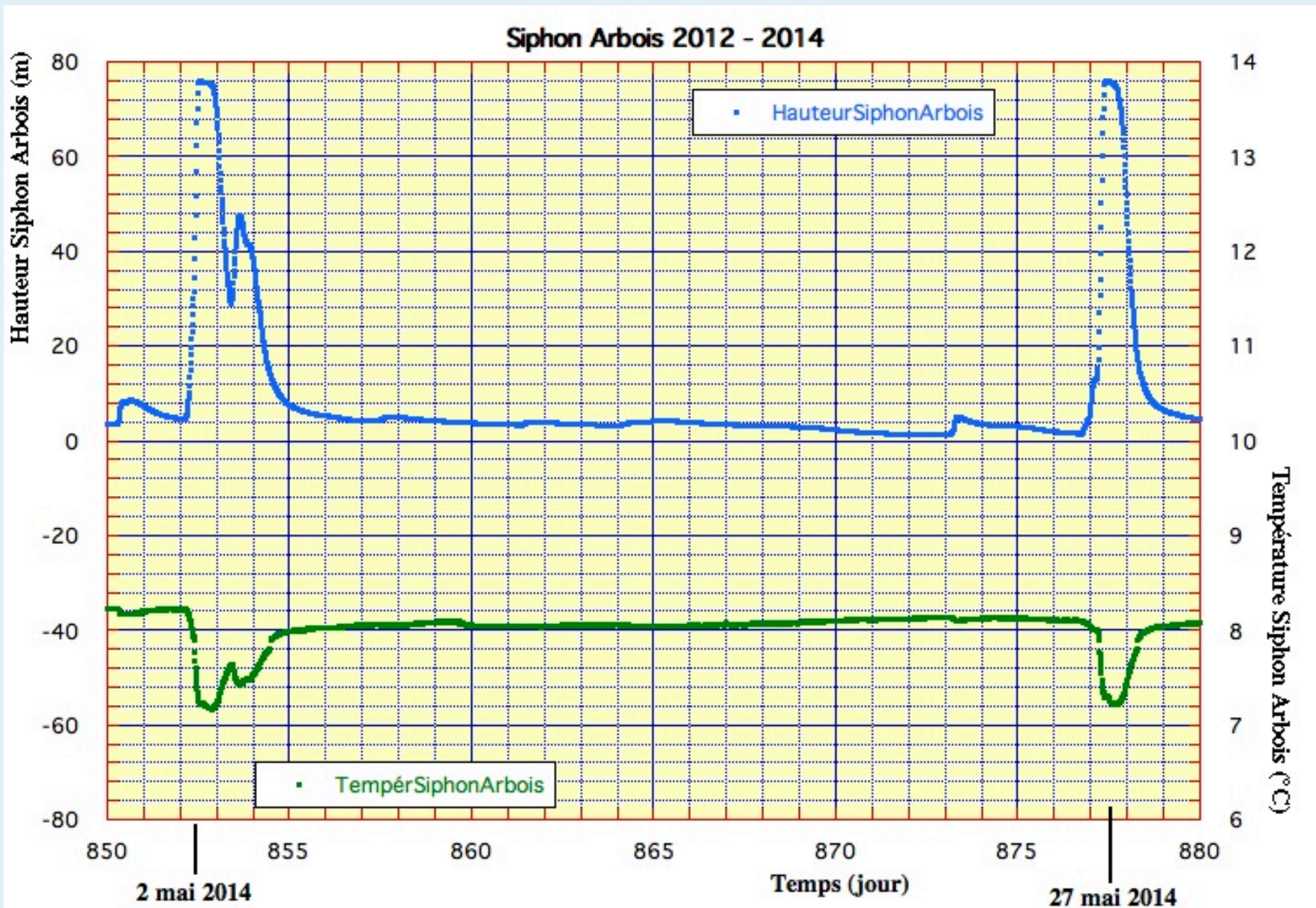
# Il y a eu 15 crevaisons en deux ans !

Ce nombre de crevaisons est exceptionnel.

On s'attend plutôt à une crevaison par an.

Ce nombre traduit l'occurrence de forts épisodes pluvieux sur les Coulmes. Le sud Vercors semble avoir été moins concerné.

# Deux crevaisons du Siphon d'Arbois en mai 2014



# Les observations :

Les montées peuvent être assez rapides, jusqu'à 30 m en une heure.

Les descentes sont plus lentes (un à deux jours).

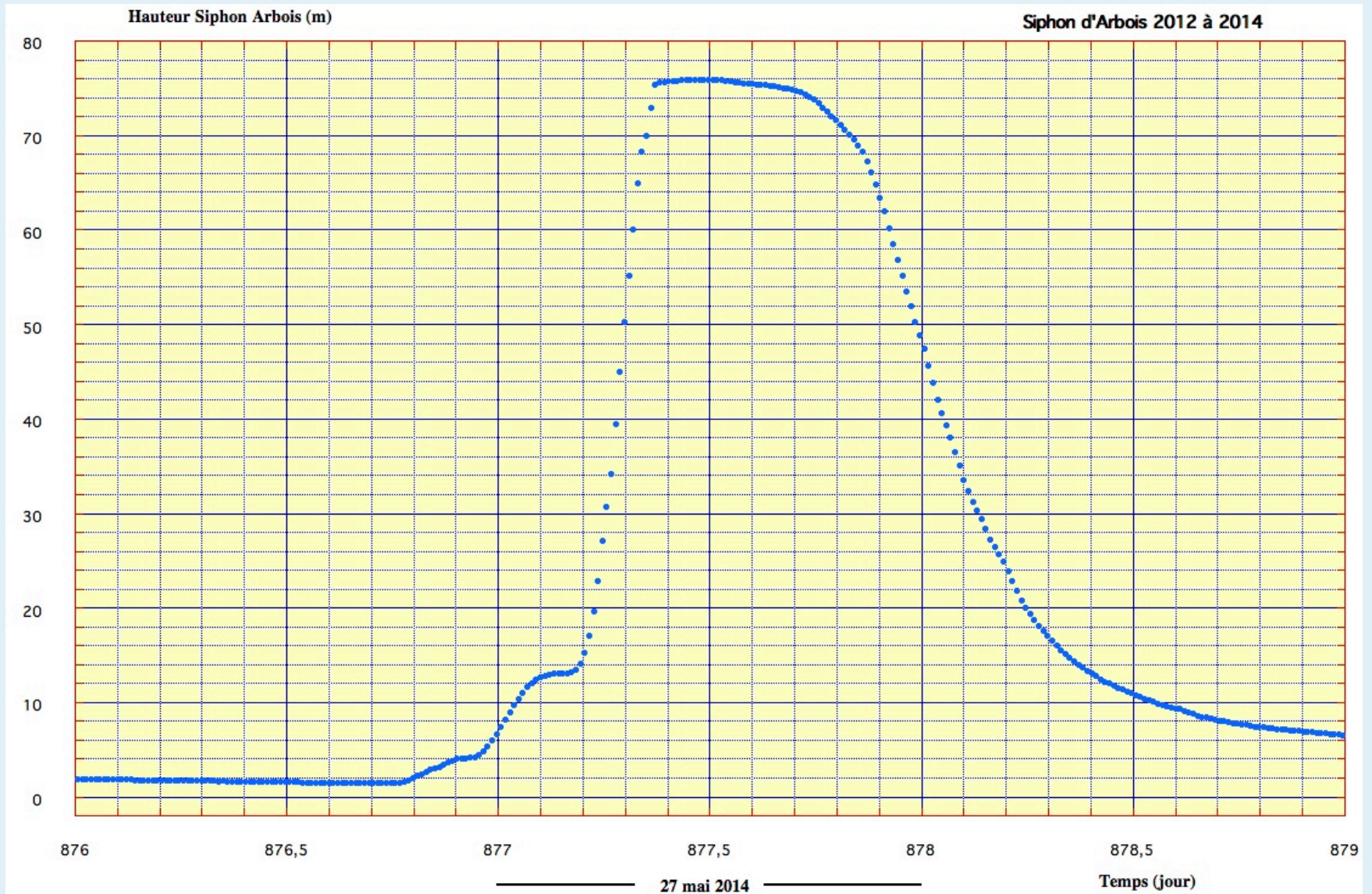
La température chute de presque un degré. C'est facile à comprendre : un affluent arrive près du siphon terminal et il est plus chaud...

Une énigme résiste :

La température des crues au Siphon d'Arbois est plus basse que celles à Bournillon



# Zoom sur la crue du 27 mai 2014





# Le porche d'entrée du Siphon d'Arbois le 27 mai 2014

(photo Clément Garnier)



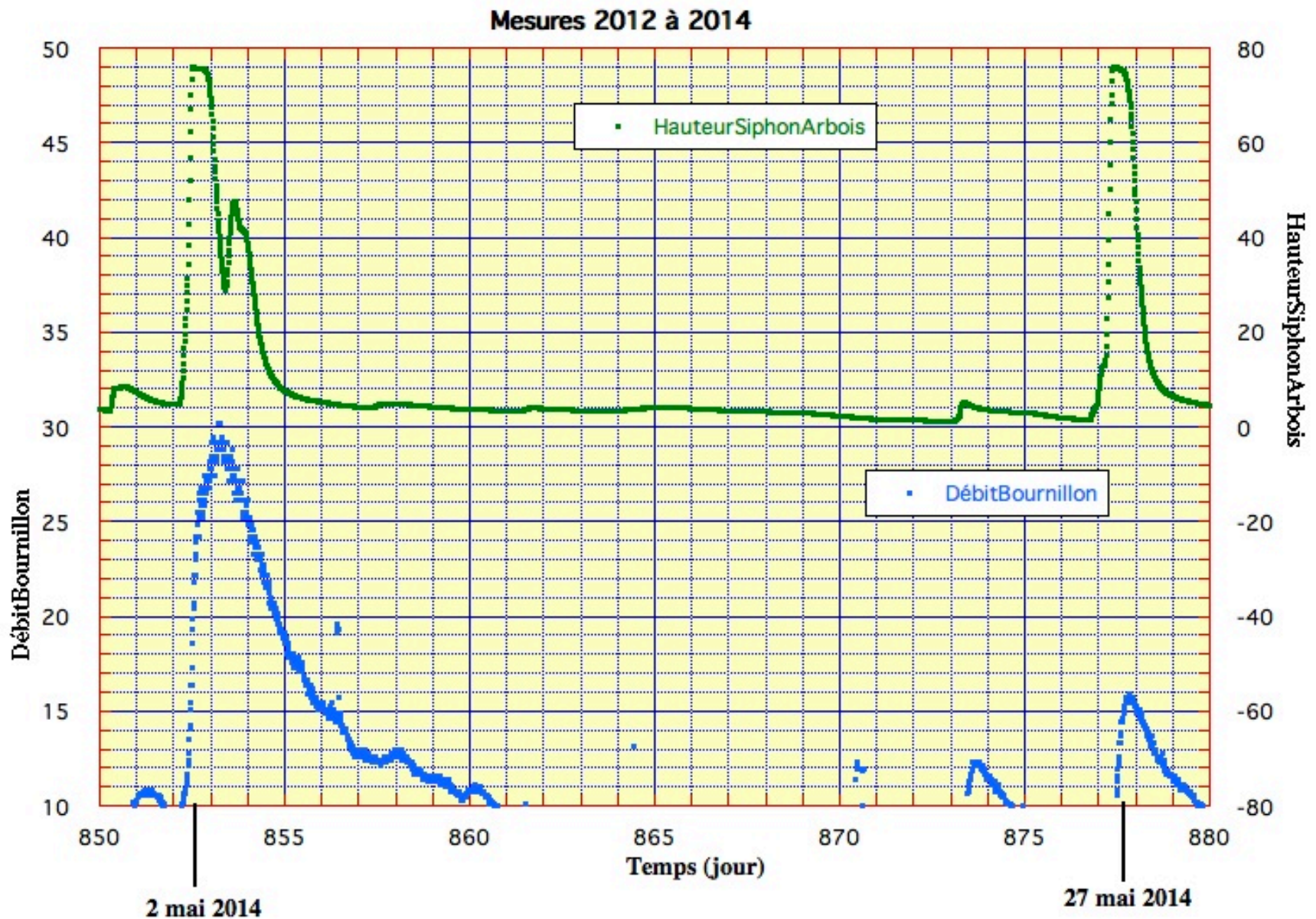




La Bourne et le Siphon d'Arbois le 27 mai 2014 (photo Clément Garnier)



# Comparaison avec le débit de Bournillon





# Observations

On voit que le débit de Bournillon a été de 29 m<sup>3</sup>/s pour la première crevaision et seulement de 16 m<sup>3</sup>/s pour la seconde.

Pourtant, c'est le débit instantané qui provoque les mises en charge du Siphon d'Arbois (au temps de remplissage près).

On voit donc que le Siphon d'Arbois et la grotte de Bournillon ne sont pas bien corrélés.

Cela conforterait l'idée que le Siphon d'Arbois est alimenté par les Coulmes...

# Les mesures à la Luire

Laurent Morel mesure la hauteur d'eau en différents points de la Luire (Luirographes).

Le GSV envisage d'ajouter quelques Reefnets pour une vision plus rapide.

Le débit des crevaisons est estimé mais pas mesuré. Cette mesure est en projet (2015 ?).



Crevasion du 27 avril 2013, photo Jean-Pierre Méric



# Mesures aux sources d'Arbois

C'est la grande lacune.

EDF mesure la puissance turbinée à la prise d'eau. Mais le débit comprend aussi le débit de la Bourne.

En fait, EDF mesure seulement le débit de petites et moyennes eaux, car en crue, les barrages déversent.

Le CDS 38 mesure la température en continu (depuis 2014).





Source d'Arbois en sept 2014 (BL)



# Conclusions

La plupart des ingrédients sont réunis pour une étude assez complète de ce système complexe et magnifique.

Mais il reste à confirmer le schéma conceptuel des relations entre les collecteurs...

Le modèle mathématique ne pourra être élaboré et ne fonctionnera bien qu'à ce prix.



Fin de la première partie