

10h30...

Reconstitution des crues historiques de la Moselle française Rekonstruktion historischer Hochwasser der französischen Mosel.

Emmanuel GILLE et *Jean ABELE* en souvenir de *Jean-François ZUMSTEIN*
LOTERR, Université de Lorraine VNF AERM

- Pourquoi ?
- Comment ?
- Questions... réflexions...

photo E.Gille oct 2006





Pourquoi?

Outre l'intérêt scientifique,
- les catastrophes, les dégâts...

- ... ensuite, les lois, les arrêtés, les plans locaux etc pour la protection

Inondations du Midi en Mars 1930

Les paisibles rivières devenues



Torrents de ruine et de Mort

Les deuils
Les ruines
Les héros

Prix
3 fr.

2/6 - Pourquoi ?

Les catastrophes :
dans l'histoire de nos
régions, la rivière et
l'homme sont de plus
en plus en concurrence
dans les mêmes
espaces

... une concurrence
vécue comme une lutte

... voire une guerre...

Inondations du Midi en Mars 1920

1° Une période de pluies très abondantes

2° Une fonte précipitée de neiges

ces dans les hautes régions où les cours d'eau qui y prennent leur source.

Les deux principaux cours d'eau fauteurs, sont l'Agout et le Tarn.

Pour le département de l'Aude, ce sont, l'Ort, l'Orbiel, l'Orbieu et leurs

tout le mal a été causé par les pluies et la fonte des neiges

en plus dans les zones de concurrence

On remarquera, du reste, que les inondations sont causées par les rivières qui prennent leur source dans les montagnes.

les rivières nous incriminons.

... une concurrence... une lutte

Ici le rôle habituellement protecteur de l'arbre ne put être joué,

protecteur de l'arbre

... voire une guerre... où l'on cherche des alliés : ici, l'arbre

Prix 3 fr.



3/6 - Pourquoi ?

Inondations du Midi en Mars 1930

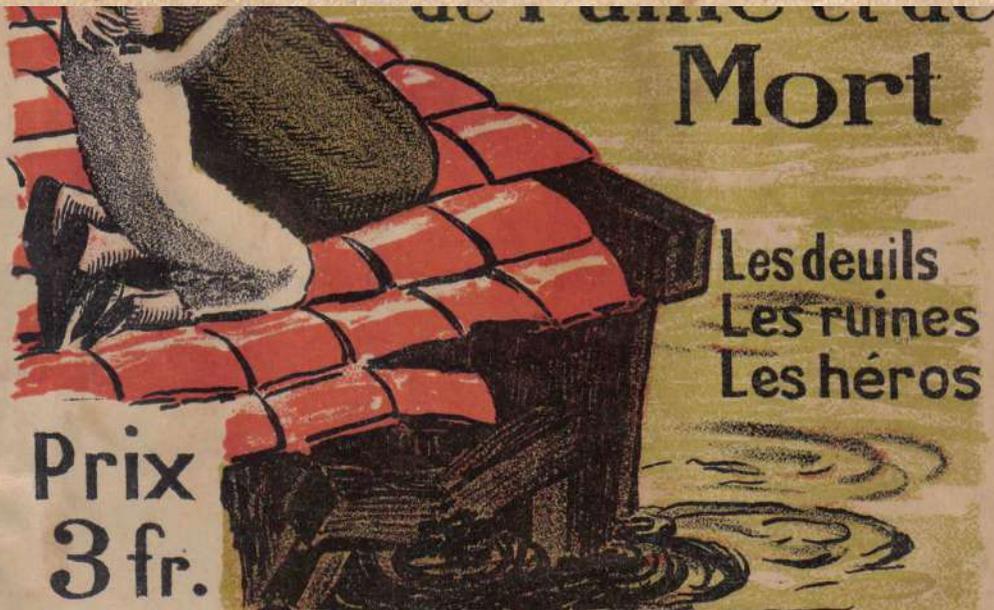
Les paisibles rivières devenues



Le samedi, 140 mm.

Il a plu bien davantage que 152 mm, sans aucun doute, et la nécessité d'une mesure des phénomènes

On tomba avec une abondance prodigieuse sur ces hauteurs, dans les journées des samedi 1^{er} mars, dimanche 2 mars, lundi 3 mars. On recueillit au pluviomètre 4 mm. le samedi, 140 mm. le dimanche et le lundi, 4 mm. encore le mardi.



Mort

Les deuils
Les ruines
Les héros

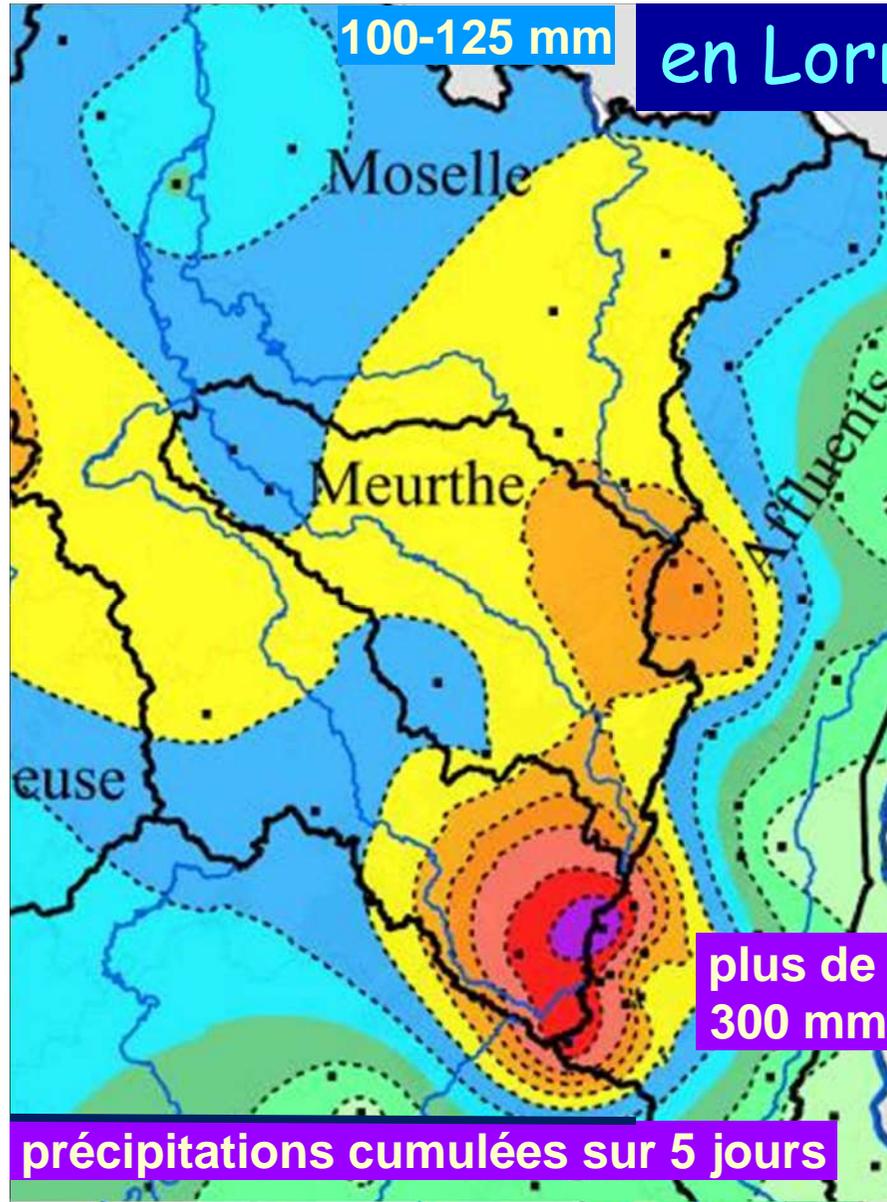
Prix
3 fr.

plus systématique et la plus nombreuse possible, couvrant tout le territoire, se fait maintenant ressentir

100-125 mm

en Lorraine : 1947

4/6 - Pourquoi ?



la pression est forte :

« Il y avait des sinistrés de guerre, il y aura désormais ceux de la crue du 29-30 décembre »

(Journal l'Est-Républicain, 31/12/1947)



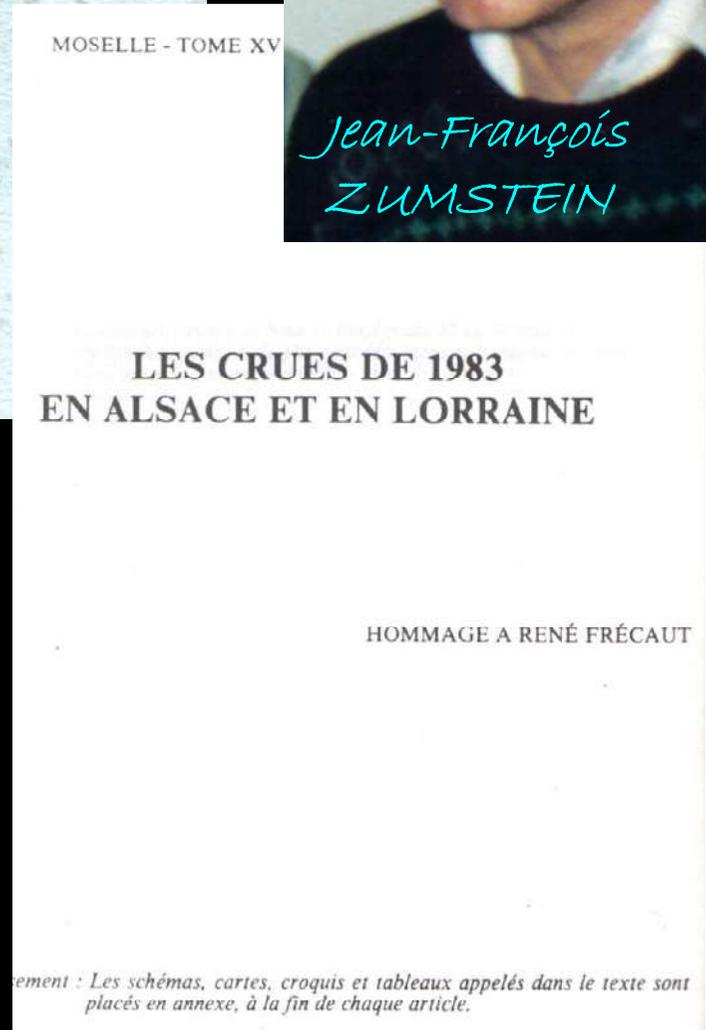
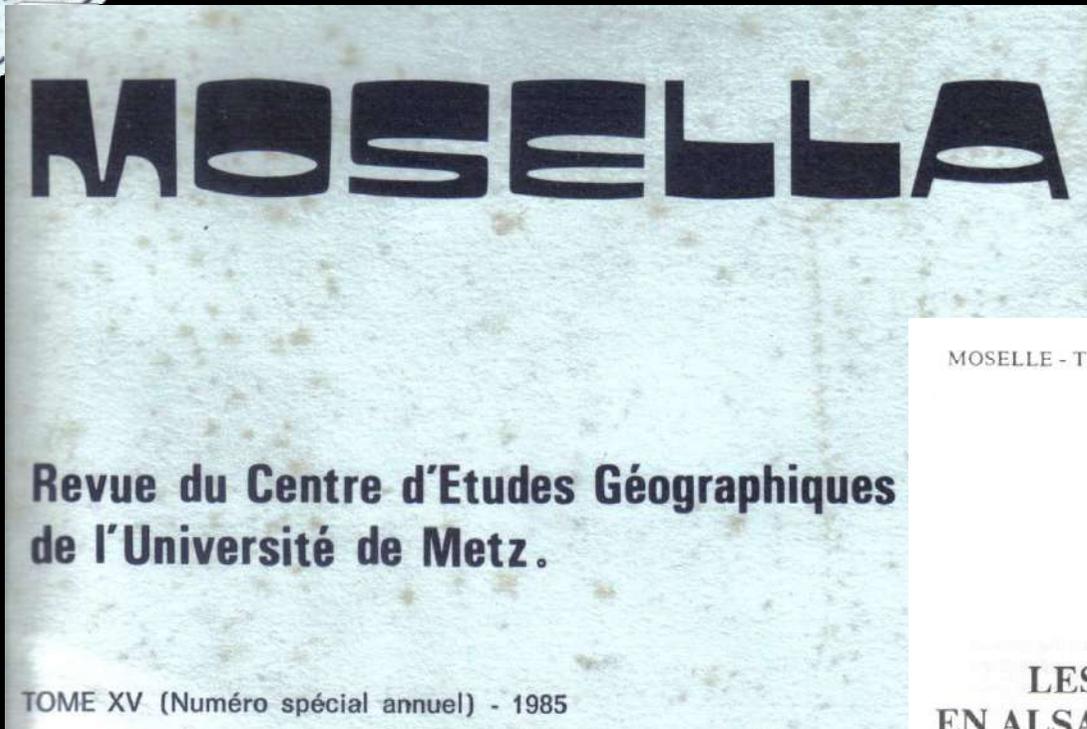
Carte M. Boudou, 2015. Source des données Météo-France, BDClim

même vocabulaire, à la charge émotionnelle choisie ... mais les observations, plus nombreuses, permettent une réponse plus précise

CRUES 1983 / ALSACE-LORRAINE

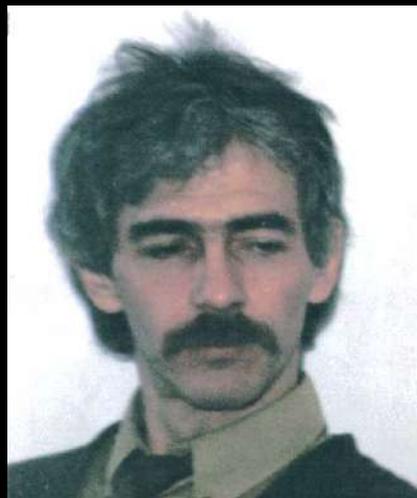
5/6 - Pourquoi ?

en 1983,
après les
crues, la
délégation
de bassin
Rhin-Meuse
engage une
étude de
fond...



dont les résultats paraissent dans une revue scientifique,

et qui
reste un
modèle
du genre



Emmanuel GILLE



Jean ABELE

la loi entre en jeu :

6/6 - Pourquoi ?

TRI : territoire à risque important d'inondation

territoire qui doit faire l'objet d'une cartographie pour trois types de crues :

- fréquente,
- moyenne et
- extrême

dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation*

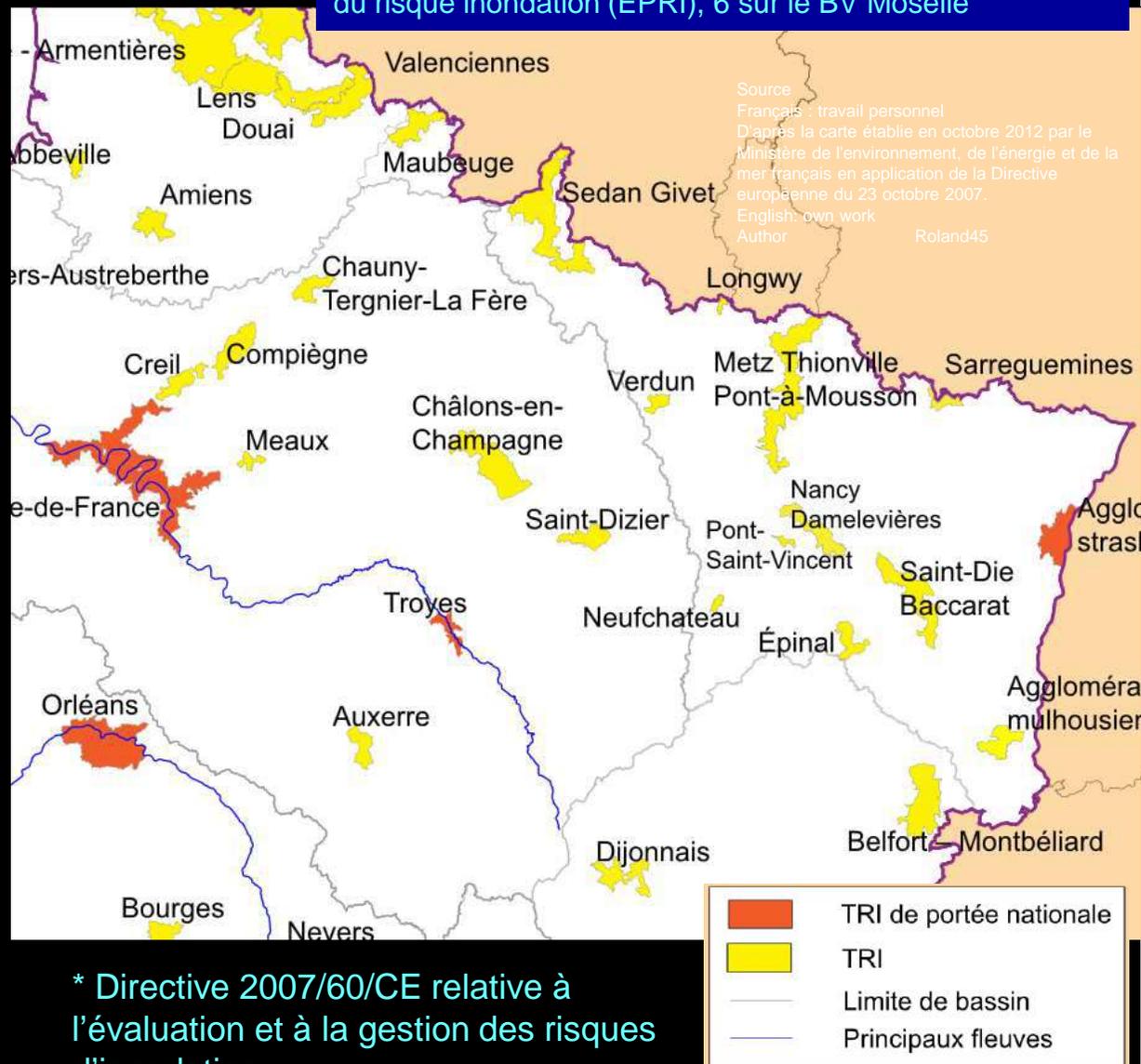
transposée en droit français dans l'article 221 de

la Loi d'Engagement National pour l'Environnement, dite « LENE » du 12 juillet 2010.

Le TRI est une poche d'enjeu sur laquelle des cartographies détaillées de l'aléa et du risque sont faites et rapportées à la Commission Européenne.

La réduction des conséquences dommageables des inondations pour le TRI est programmée sur un territoire de gestion plus étendu que le TRI lui-même.

122 TRI arrêtés en France suite à l'évaluation préliminaire du risque inondation (EPRI), 6 sur le BV Moselle



* Directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

- Comment ?

- retrouver les informations
- vérifier l'homogénéité
- reconstituer les données manquantes
- des hauteurs, passer en débits
- faire l'analyse fréquentielle
- modèles hydrauliques
- critiquer

reconstituer une série de crue

les exemples sont tirés

- de la publication Mosella
- du rapport de licence de Audrey PFLEGER au CEGUM
- et du rapport de stage de master de Johann BATOZ au CEREMA (2016)



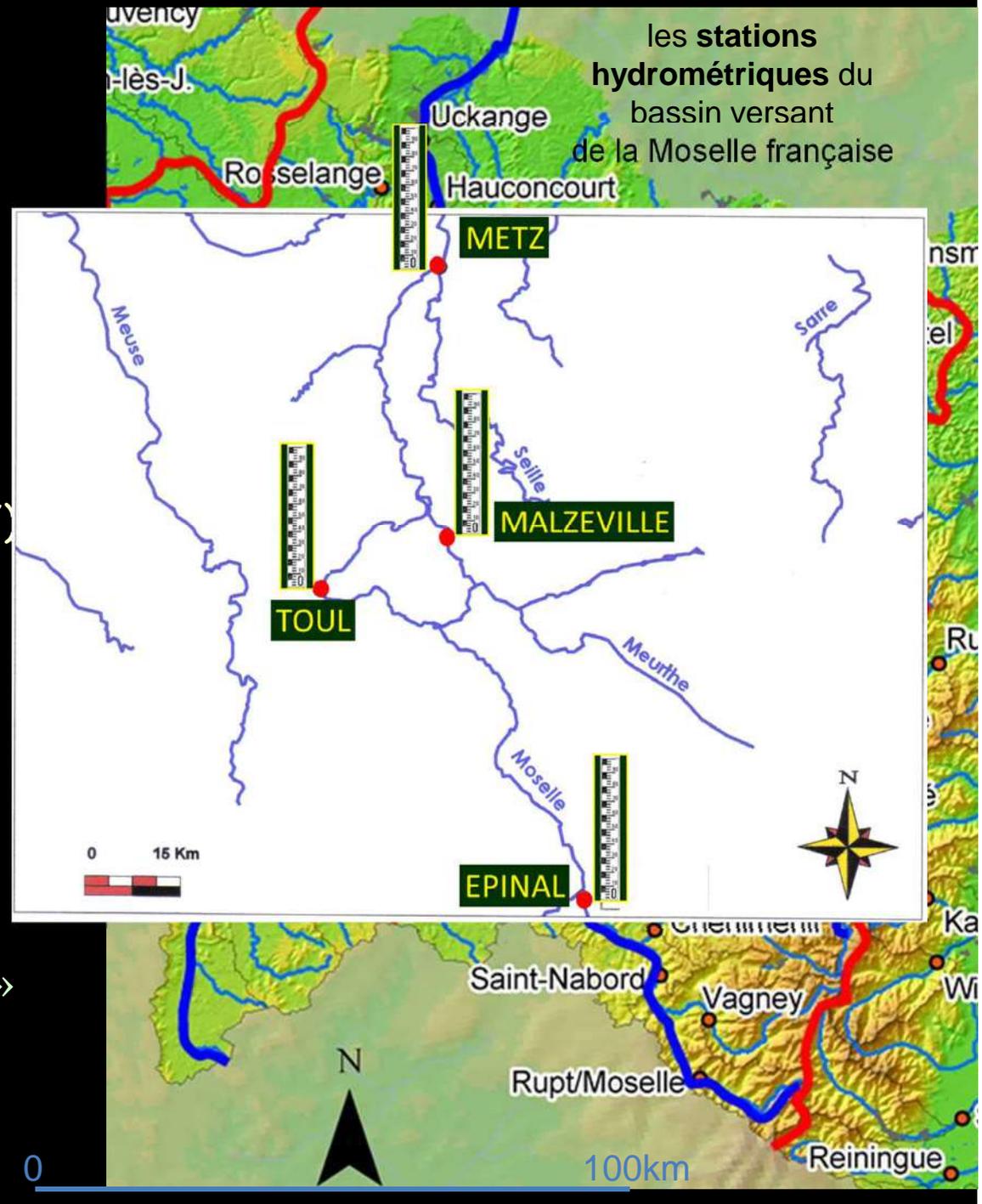
2/9 Comment ?

longues séries d'observations à
4 stations du Service de la
Navigation du Nord-Est :

- EPINAL (depuis 1854)
- TOUL (depuis 1859)
- MALZEVILLE (depuis 1897)
- METZ (depuis 1891)

Donnée observée :

la hauteur d'eau
dans les « cahiers de crue »



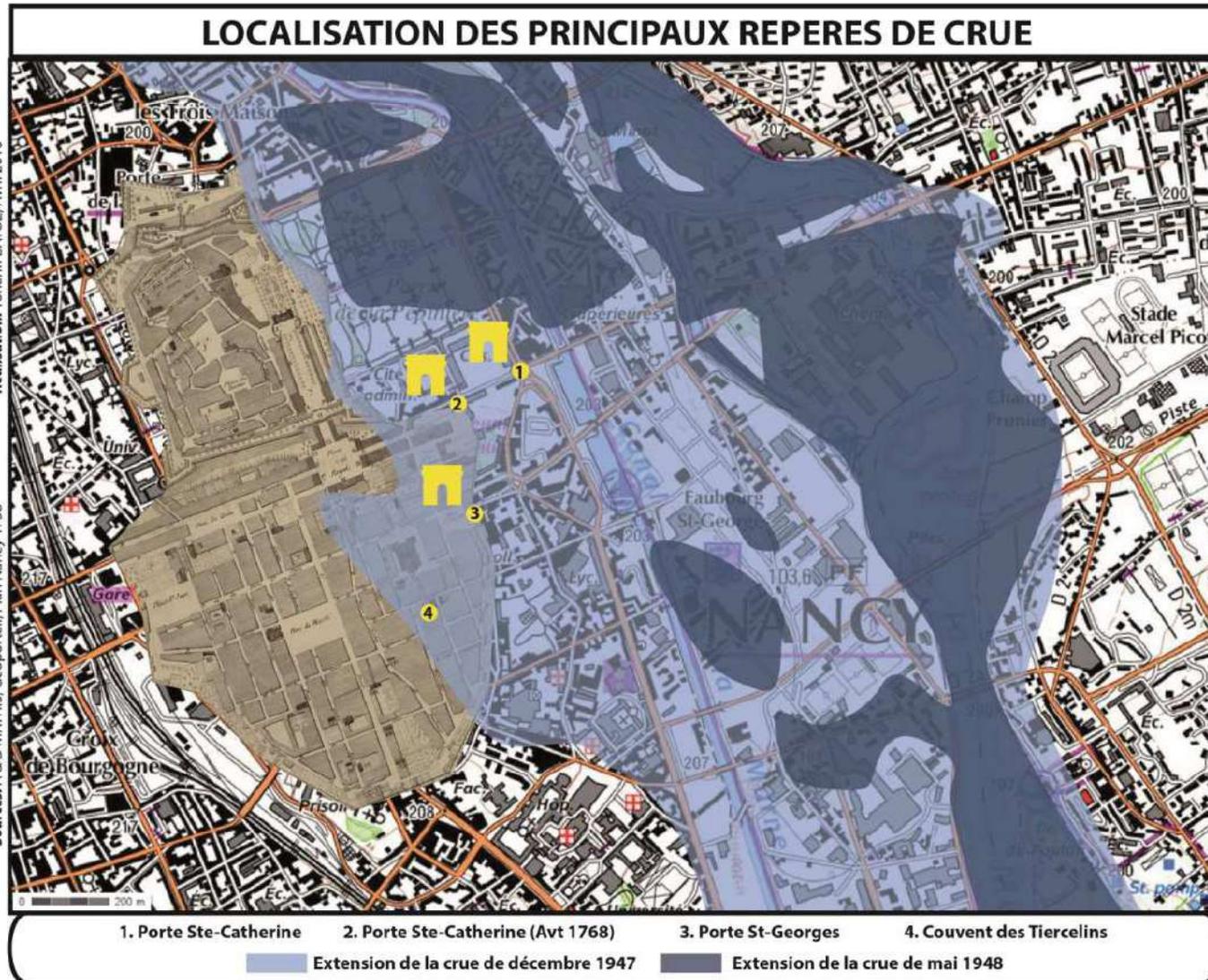
3/9 Comment ?

Autres sources :

repères de crue
antérieurs à 1830
(BATOZ, 2016)

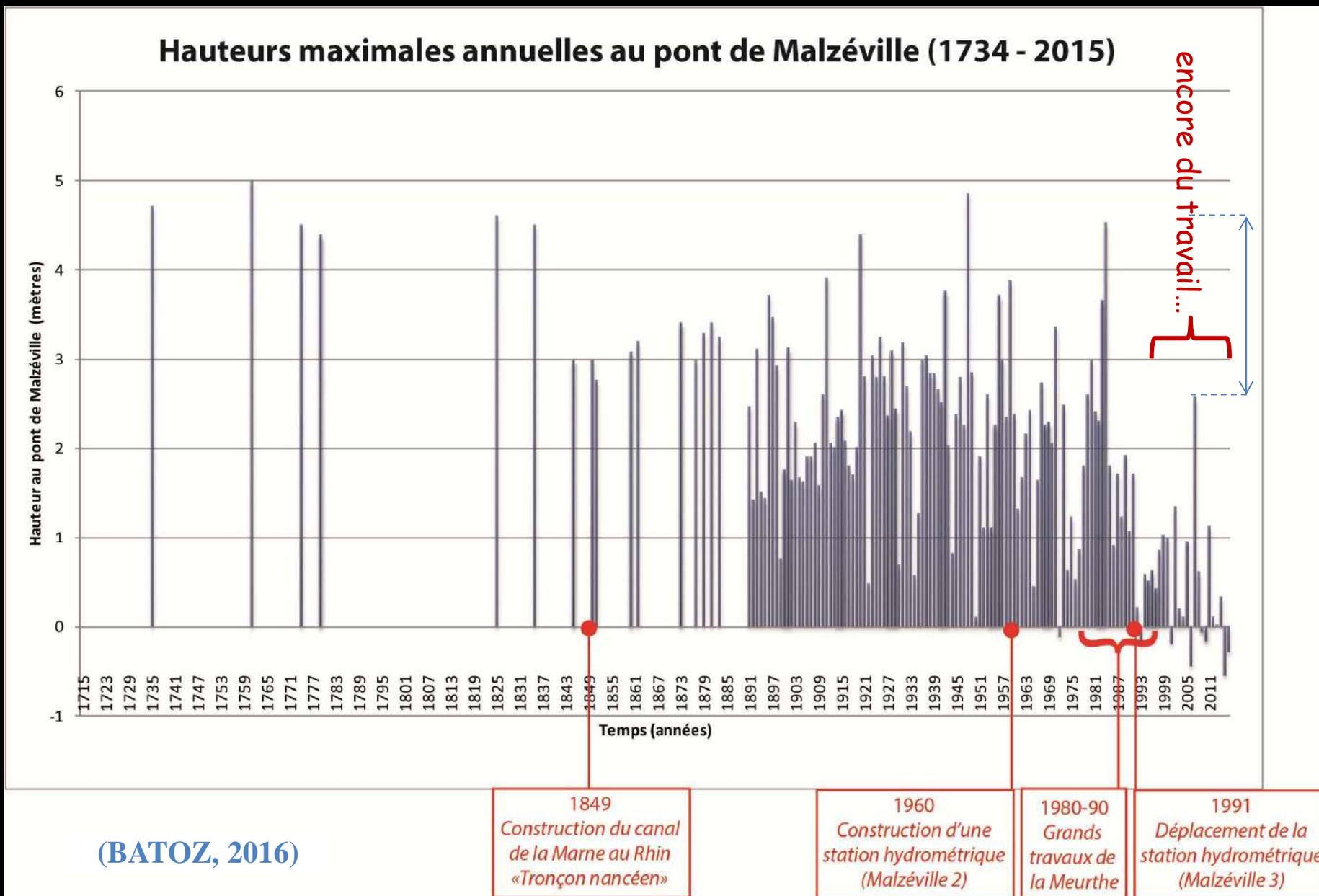
"Les inondations en France depuis le VI^e siècle jusqu'à nos jours", Champion, 1863, tome V
14 crues identifiées 1760-1861

Repères de crue sur le pont
de Malzéville (BATOZ, 2016)



- 26 mai 1872 : 3,4 mètres (société géographique de l'Est)
- 31 décembre 1860 / janvier 1861 3,2 m (Champion)
- 12 mai 1859 : 3,08 mètres (Champion)

4/9 Comment ? La frise reconstituée des hauteurs à l'échelle de crue ...

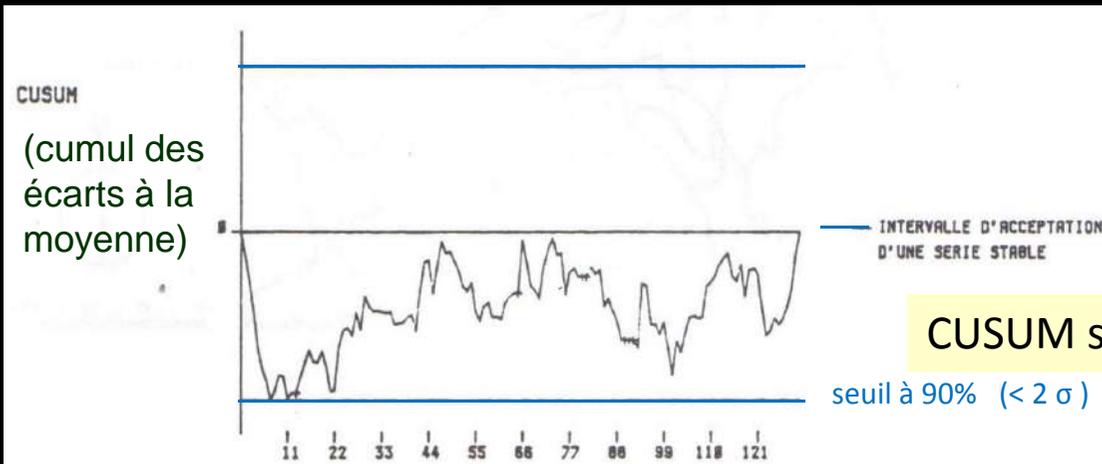
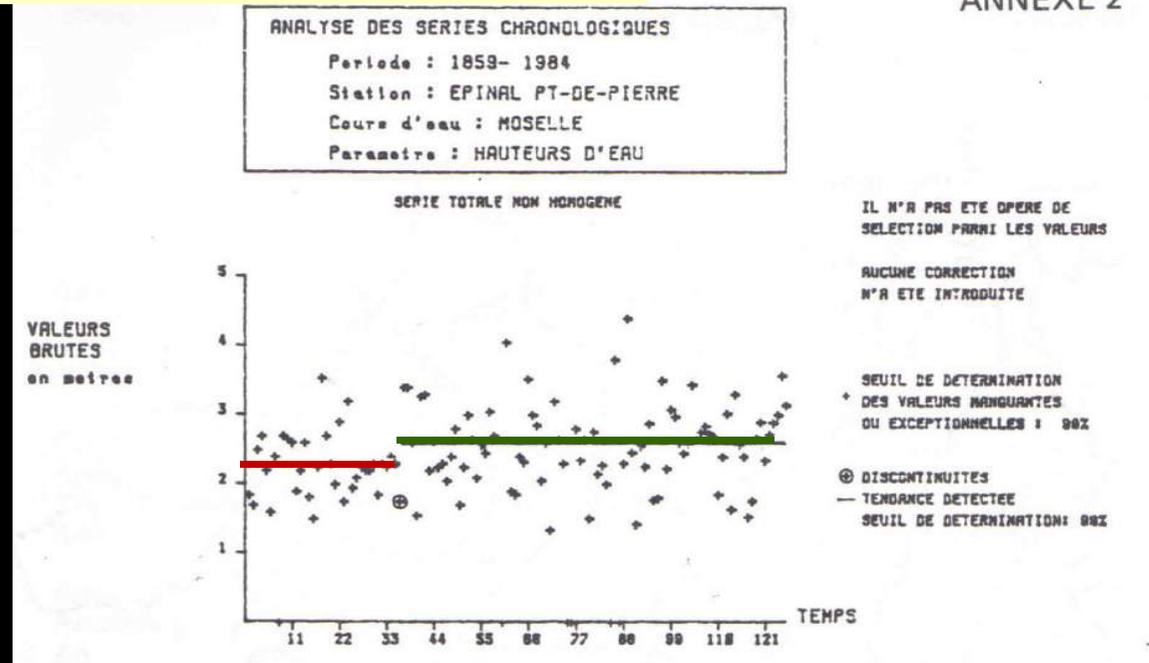


... à homogénéiser

Série de hauteurs « brutes » à Epinal

ANNEXE 2

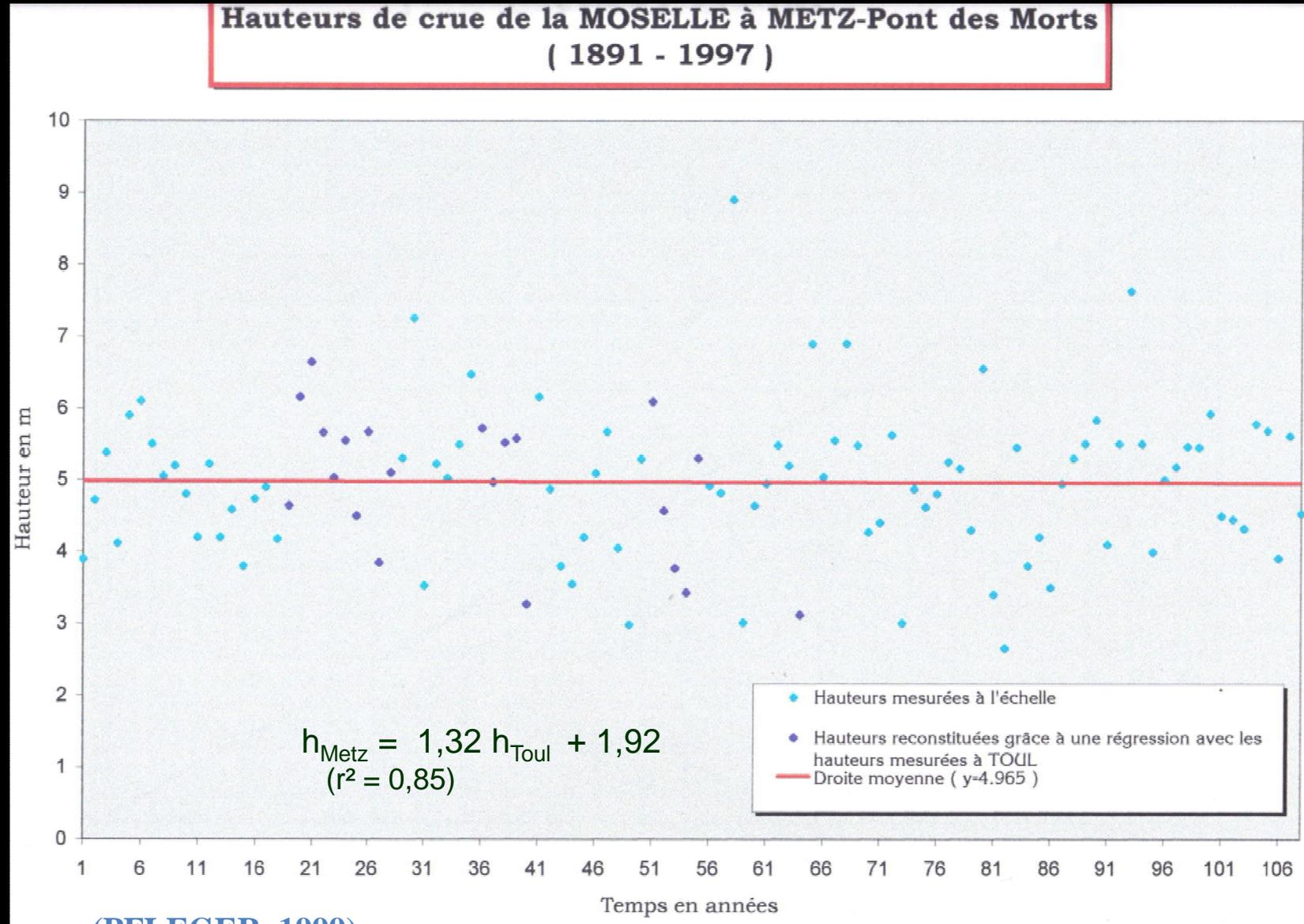
La vérification de l'homogénéité d'une série peut se faire à l'aide par exemple de l'analyse du CUSUM :



... rehaussement des hauteurs de la série 1859-1894 de + 0,31 m (\Leftrightarrow différence des moyennes)

CUSUM sur la série de hauteurs « corrigées »

Reconstituer les données manquantes : en général, à l'aide d'autres stations (ici à partir des hauteurs de Toul)



(PFLEGER, 1999)

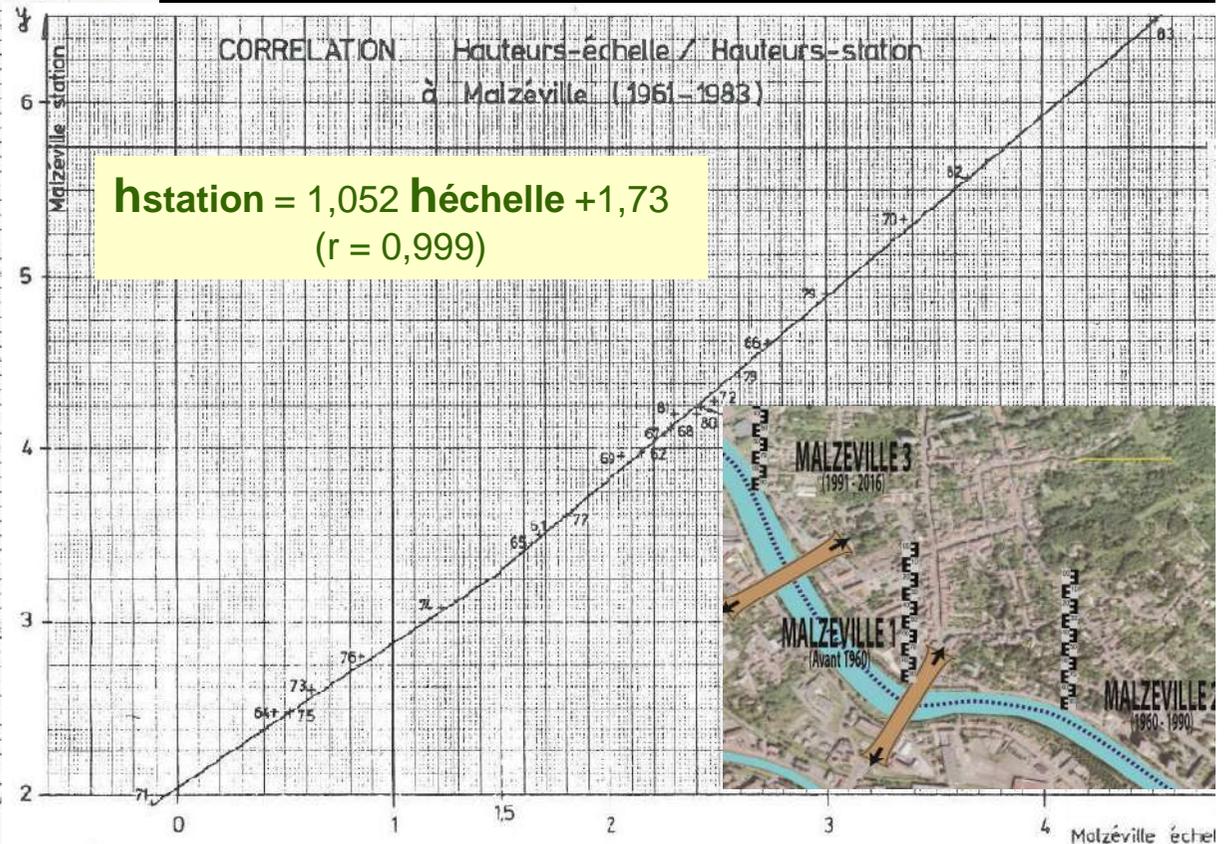
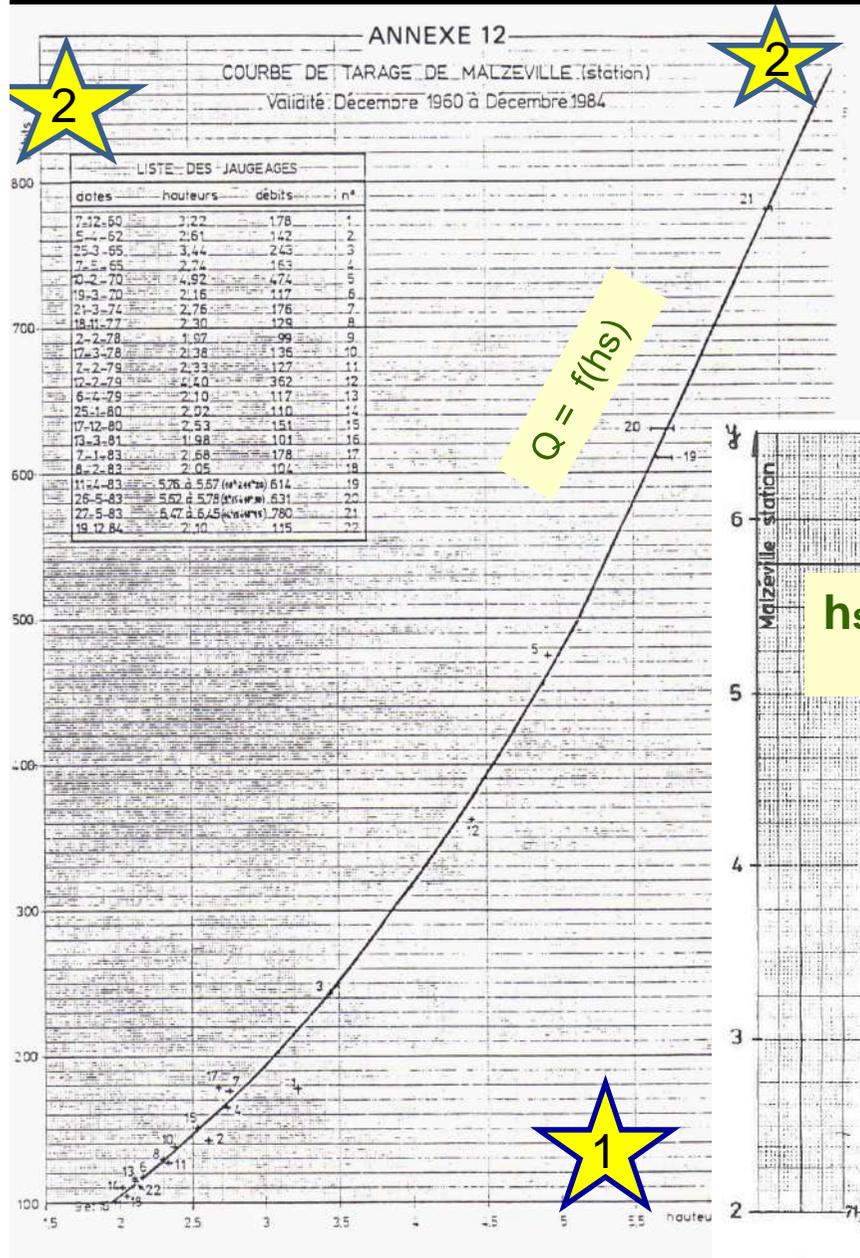
7/9 Comment ?

transformer les hauteurs en débits

Grâce à la série d'observations communes entre l'échelle Navigation ★ 1 et la station hydrométrique ★ 2

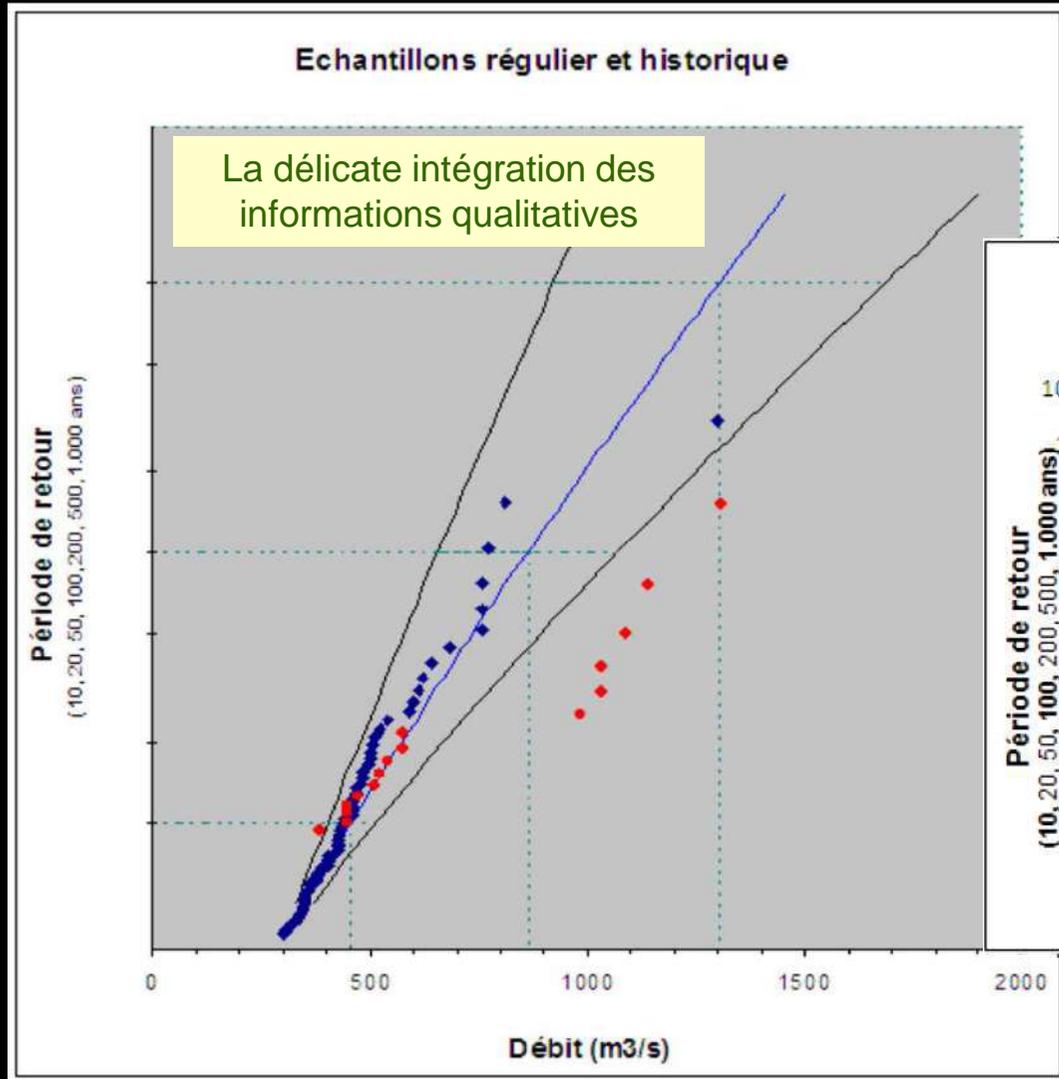
corrélation hauteurs/hauteurs pour utiliser les courbes de tarage de la station

(ZUMSTEIN et al, 1985)

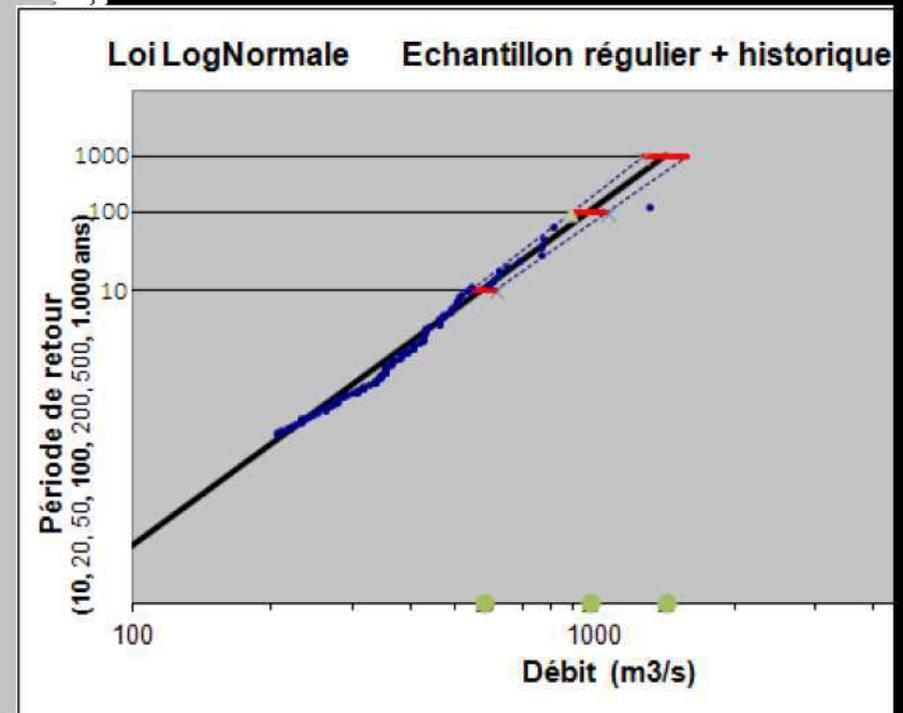


l'analyse statistique pour obtenir des débits fréquentiels

plusieurs lois sont testées : les débits proposés résultent du meilleur ajustement ou d'une moyenne de plusieurs ajustement satisfaisants



loi LOG-NORMALE retenue



Alimenter un modèle hydraulique pour calculer une ligne d'eau et permettre la cartographie du le champ d'inondation

DREAL Lorraine

Mars 2014

Directive inondation

Bassin Rhin-Meuse

RAPPORT DE PRESENTATION

Cartographie du risque inondation sur le
Territoire à Risque Important d'inondation (TRI)
d' EPINAL

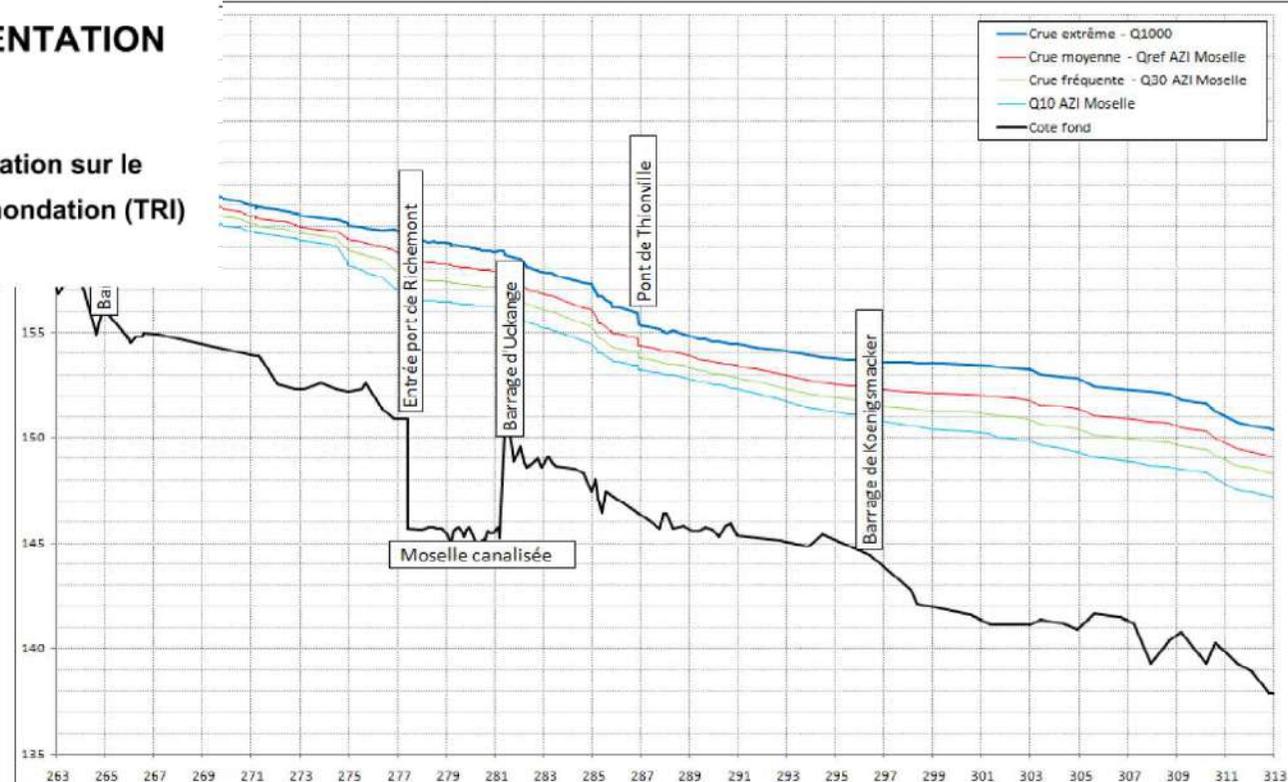


Illustration 30: TRI Metz aval - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle

- questions réflexions ...

« Compte tenu des incertitudes difficilement quantifiables à tous les niveaux de la chaîne de production des cartes des zones inondables (hydrologie, hydraulique, MNT), il serait illusoire de donner une précision sur les résultats obtenus tant sur les lignes d'eau que sur la cartographie.

L'incertitude globale n'est évidemment pas la somme des incertitudes, leurs caractères systématique ou aléatoire très divers rendent difficile une évaluation globale du risque d'erreur. En revanche, à chaque étape de la démarche, il apparaît important que l'hydrologue, le topographe et le modélisateur puissent expliciter la nature des incertitudes.? »

conclusion du rapport TRI Epinal

photo E.Gille oct 2006



- questions réflexions ...

1 - l'incertitude du débit :

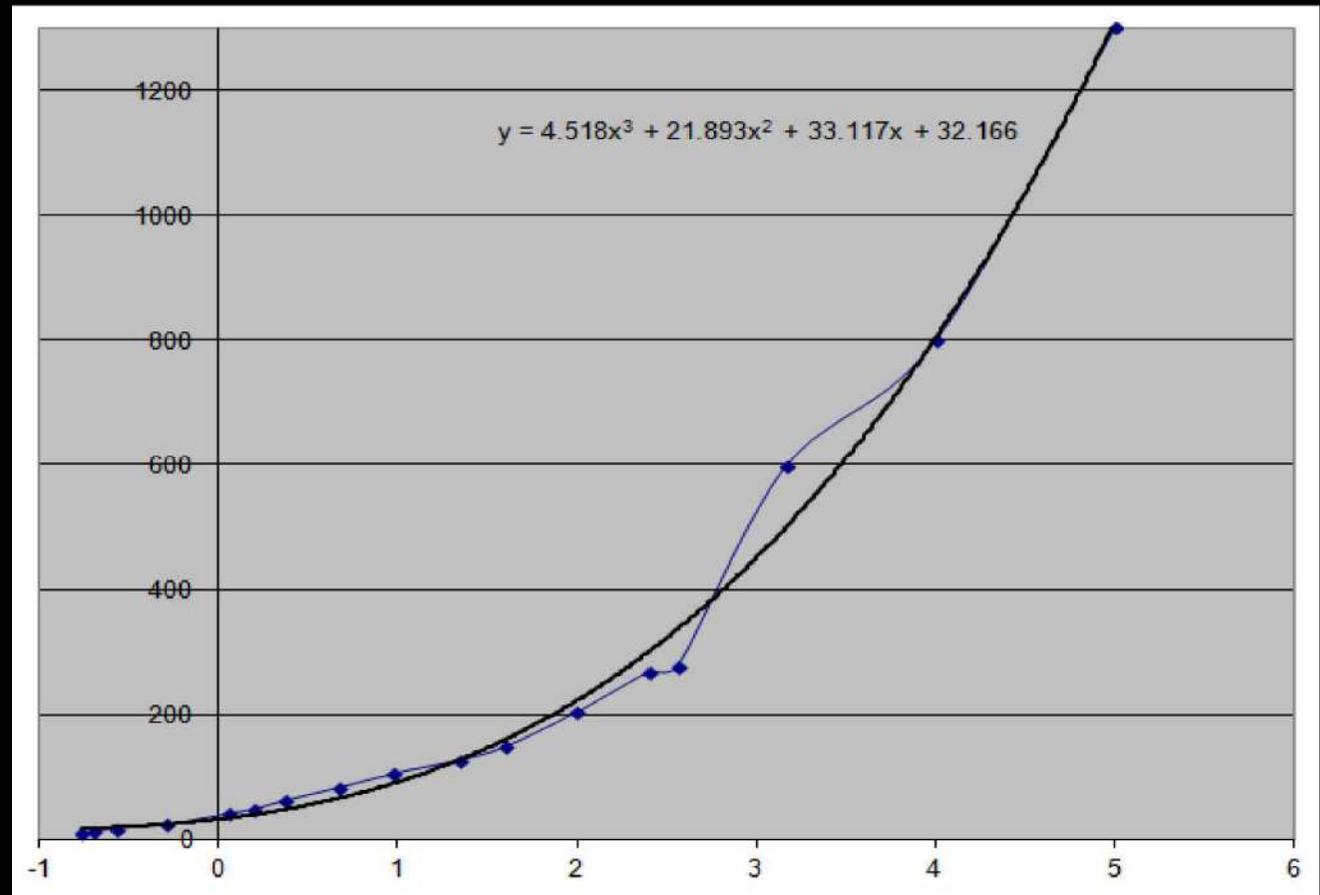
- la hauteur est 'en général connue précisément
- les modèles hydrauliques recherches des lignes d'eau
- la cartographie s'appuie sur des hauteurs

2 - la stabilité à 1000 ans est-elle sérieuse?

2/19 Réflexions... le problème de l'incertitude

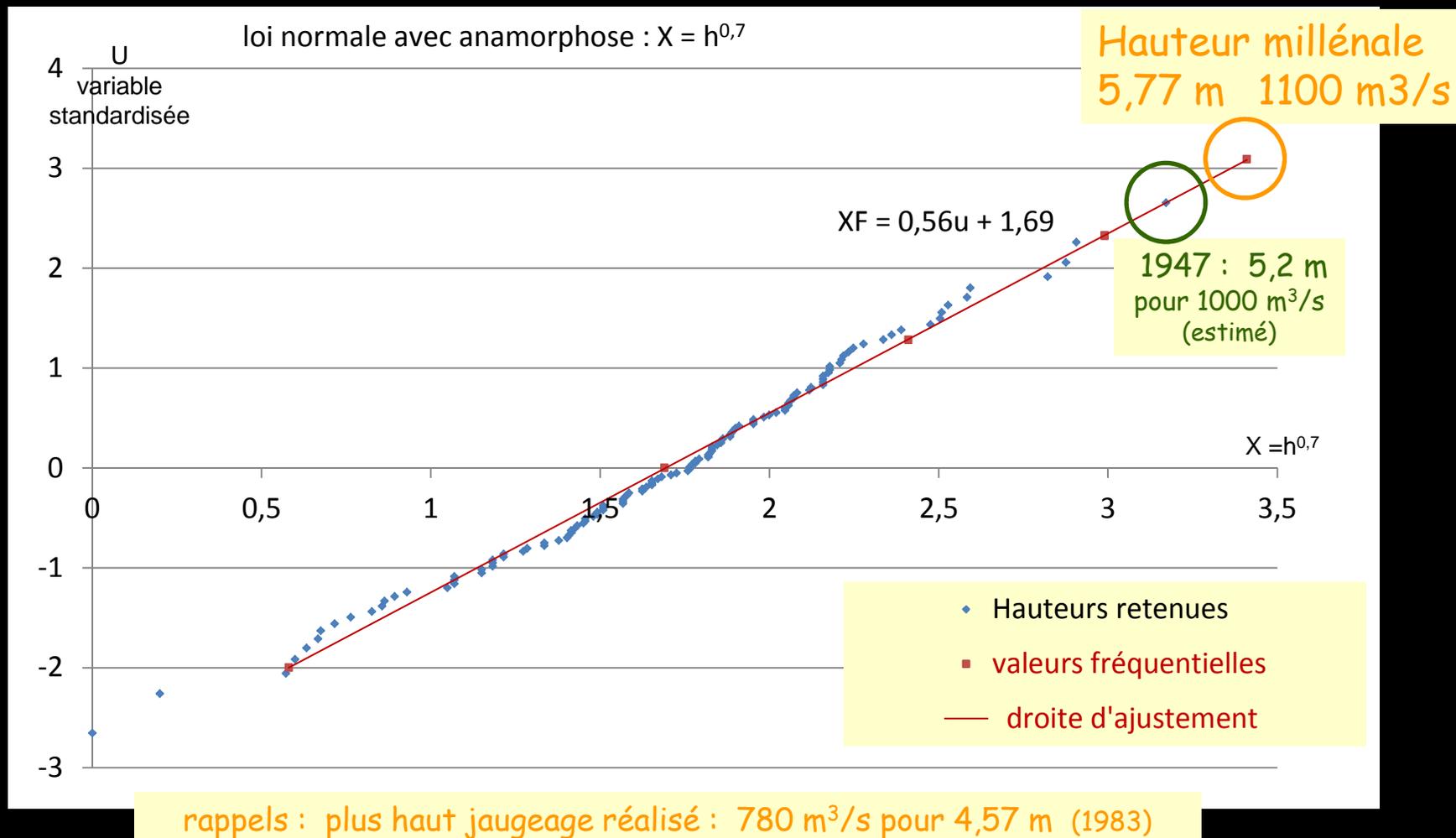
- Dans le meilleur des jaugages, le débit est connu à $\pm 10\%$
- La relation hauteur - débit apporte une incertitude supplémentaire ...
- ... amplifiée en général dans le haut des courbes de tarage , mal connu voire extrapolé ...

... pour obtenir finalement des débits fréquentiels dans un intervalle de confiance ajoutant encore de l'incertitude

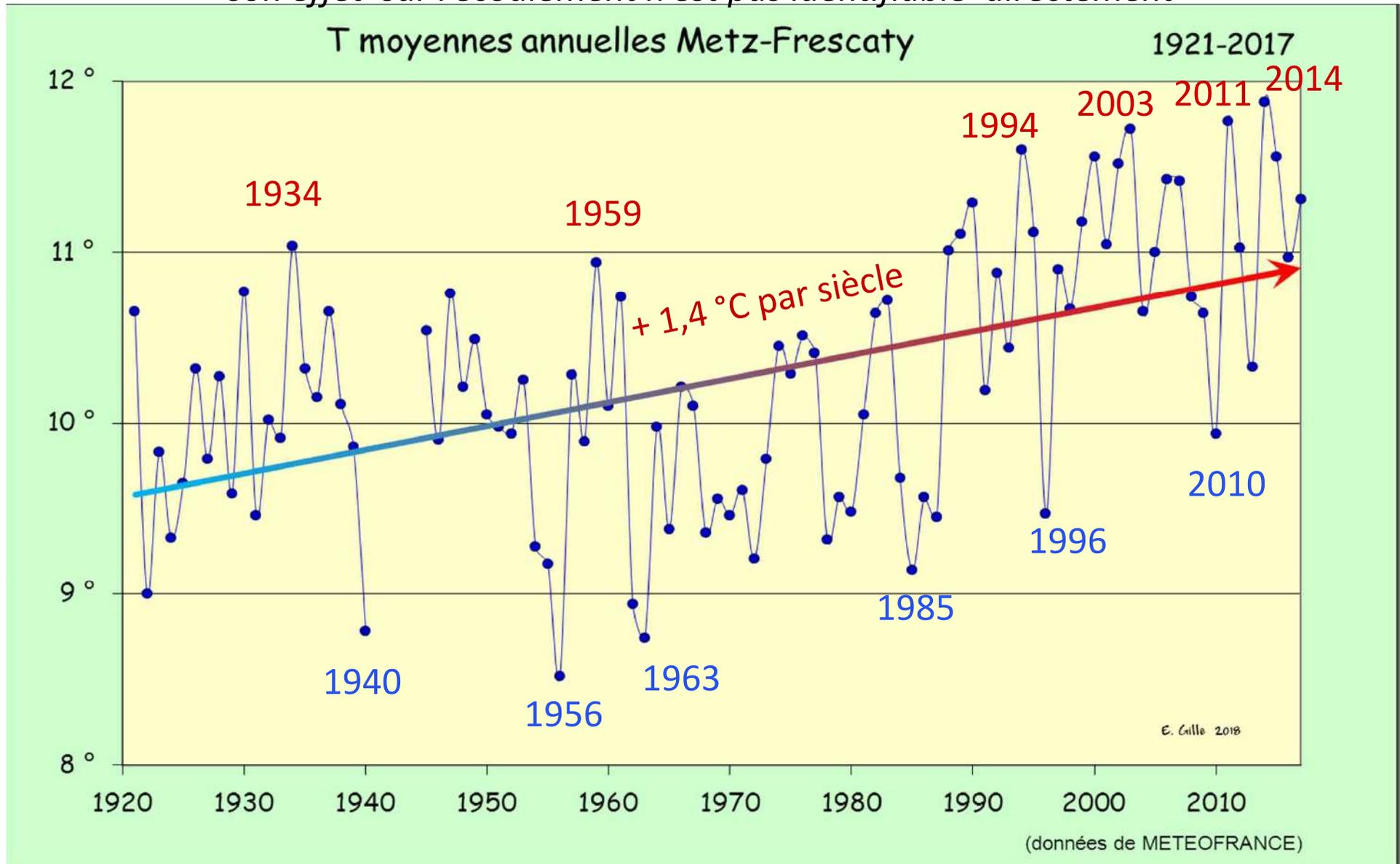


le problème de l'incertitude

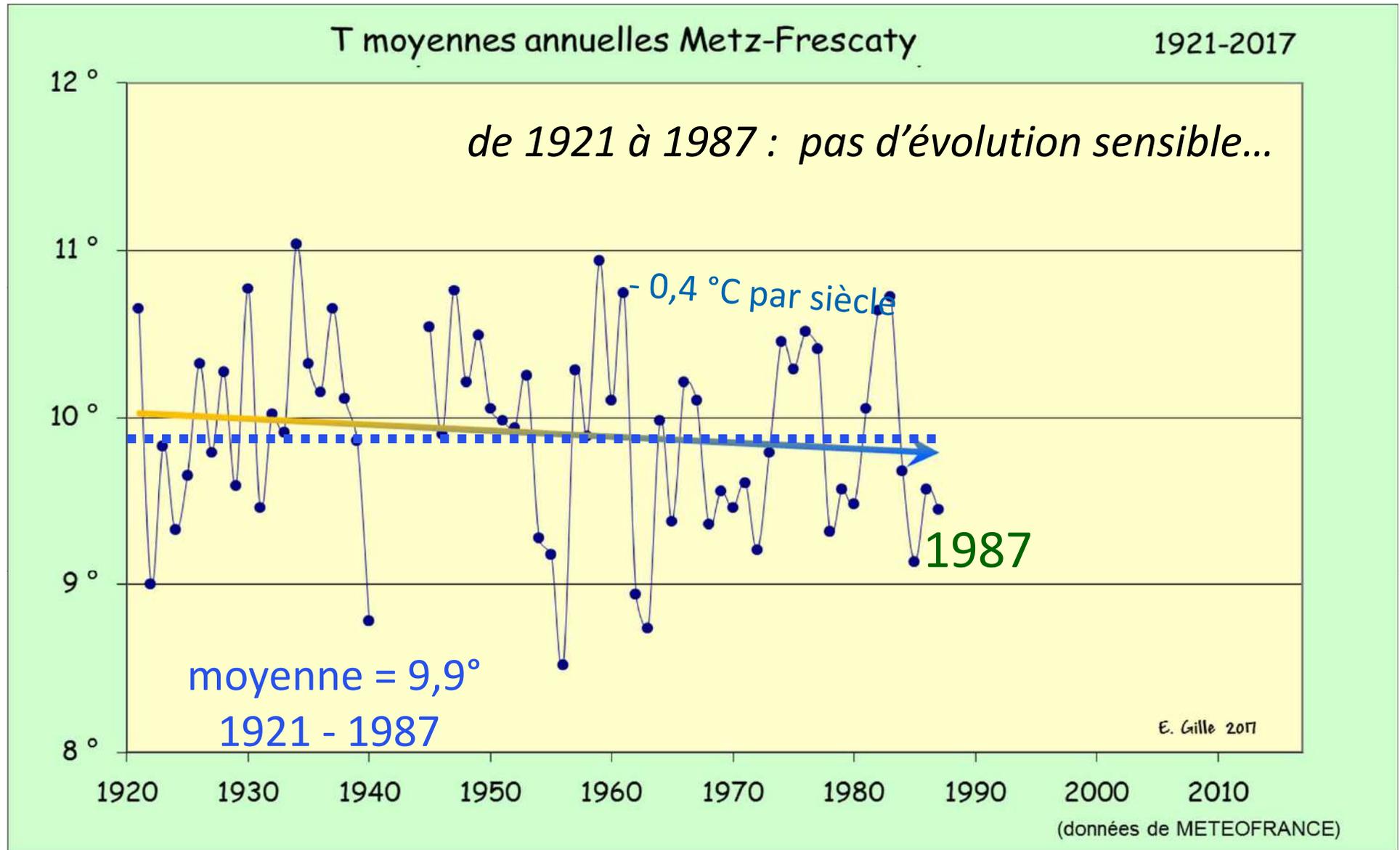
- Pourquoi ne pas faire directement l'analyse fréquentielle sur les hauteurs
- L'incertitude s'apprécie alors simplement avec l'intervalle de confiance



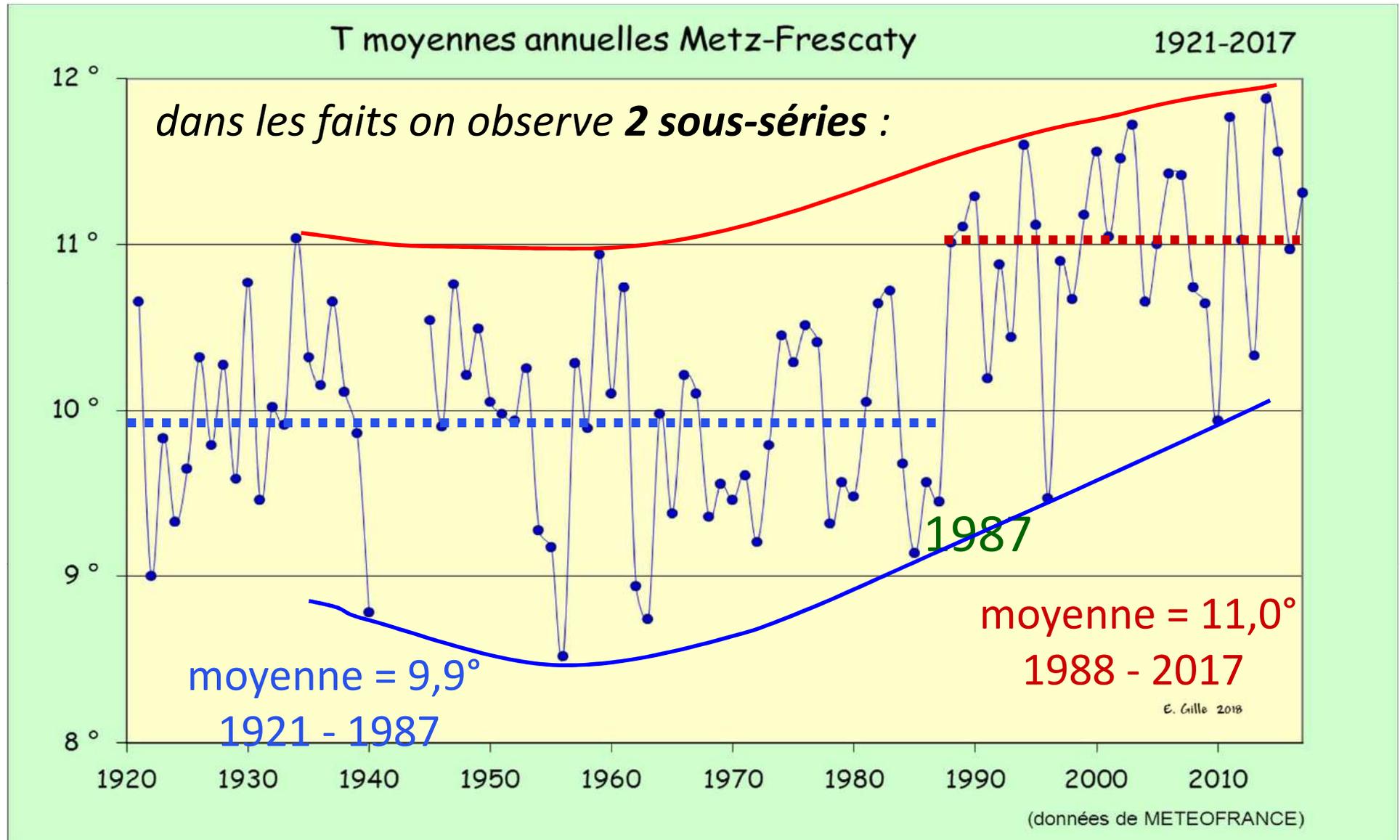
son effet sur l'écoulement n'est pas identifiable directement



*en revanche, la structure de l'évolution des températures peut permettre de caractériser son impact sur les rivières : la traduction d'une **tendance** est difficile ...*

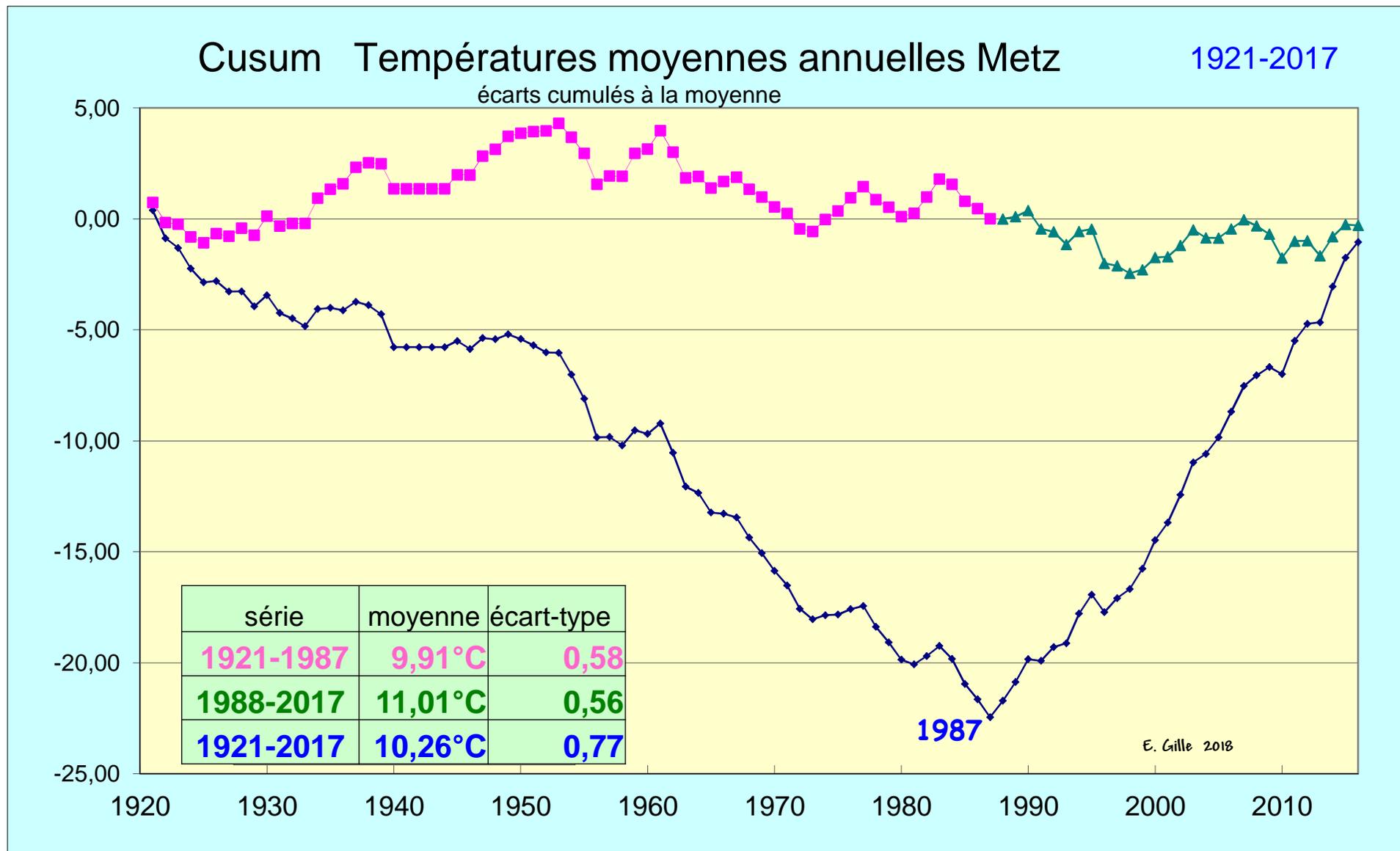


tout au plus un léger refroidissement ... mais si on poursuit la série jusqu'en 2017...



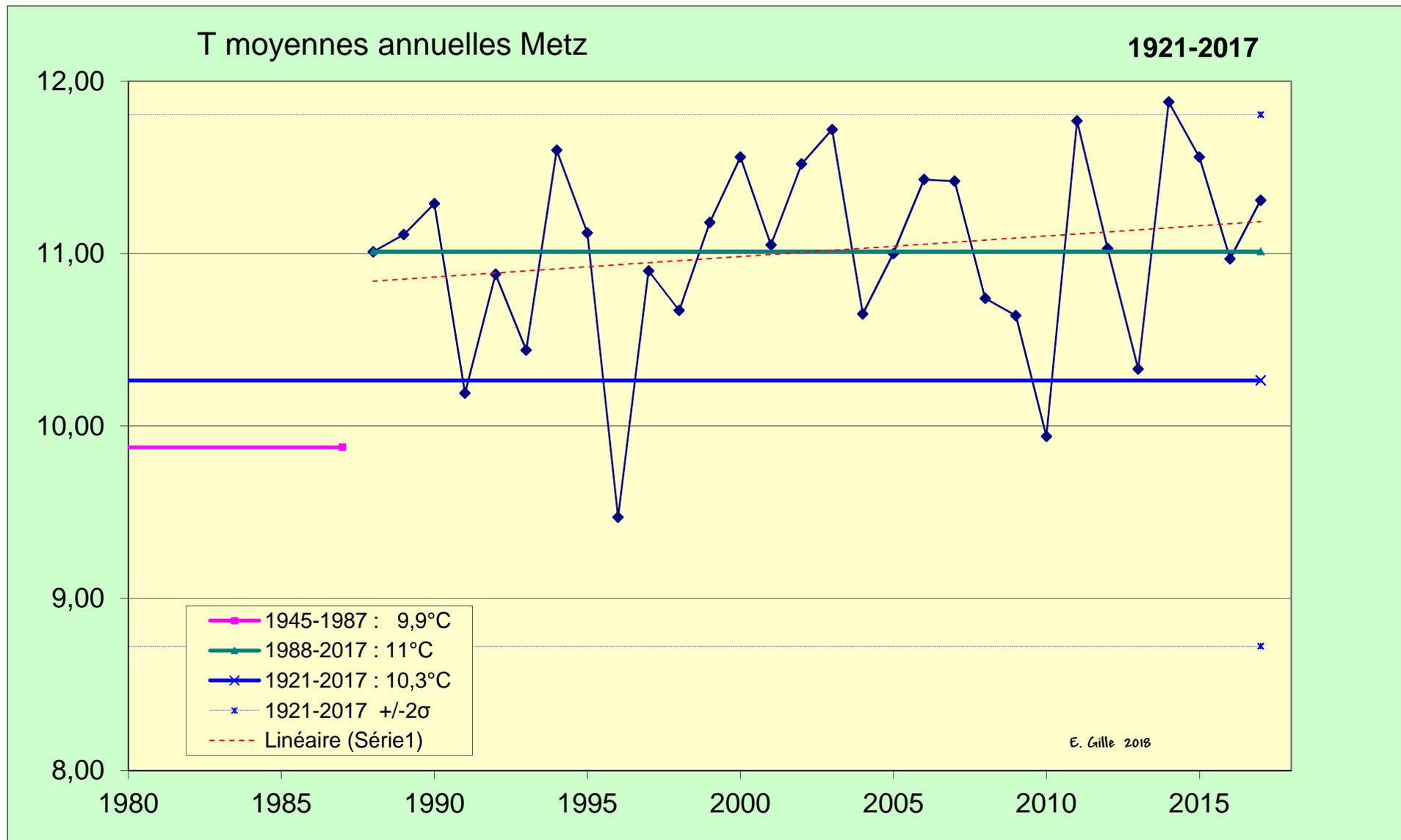
la moyenne annuelle passe brutalement de 9,9° à 11,0° à partir de 1988, ce qui signifie qu'on peut comparer l'écoulement de ces deux périodes.

dans les faits on observe 2 sous-séries :



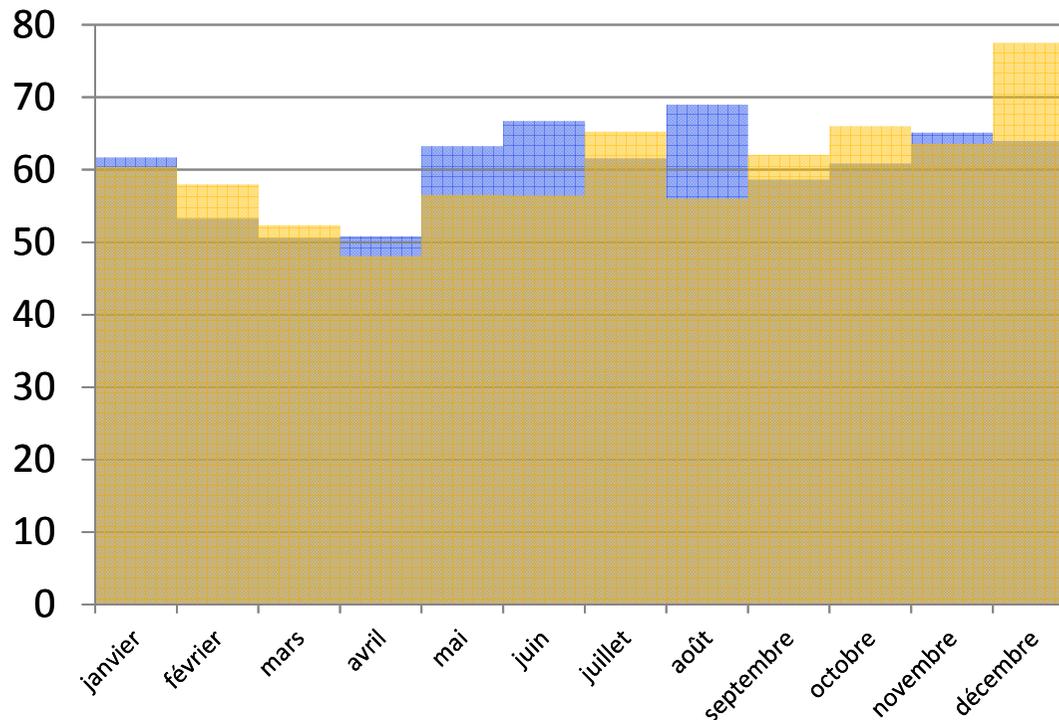
vérification du changement de moyenne en 1987/1988 par le CUSUM

dans une nouvelle donne climatique,



peut-on calculer des fréquences de retour comme s'il y avait stationnarité ?

impact sur les précipitations ?



moyenne (mm)	
1921-2017	712
1921-1987	716
1988-2017	705

pas d'effet sensible sur les précipitations : - 1%

Metz-Frescaty*	
moyenne hiver hyd	+ 4%
moyenne été hyd	- 5%
moyenne	-1%

*restent les 2 autres termes ,
- l'évaporation
- et l'écoulement*

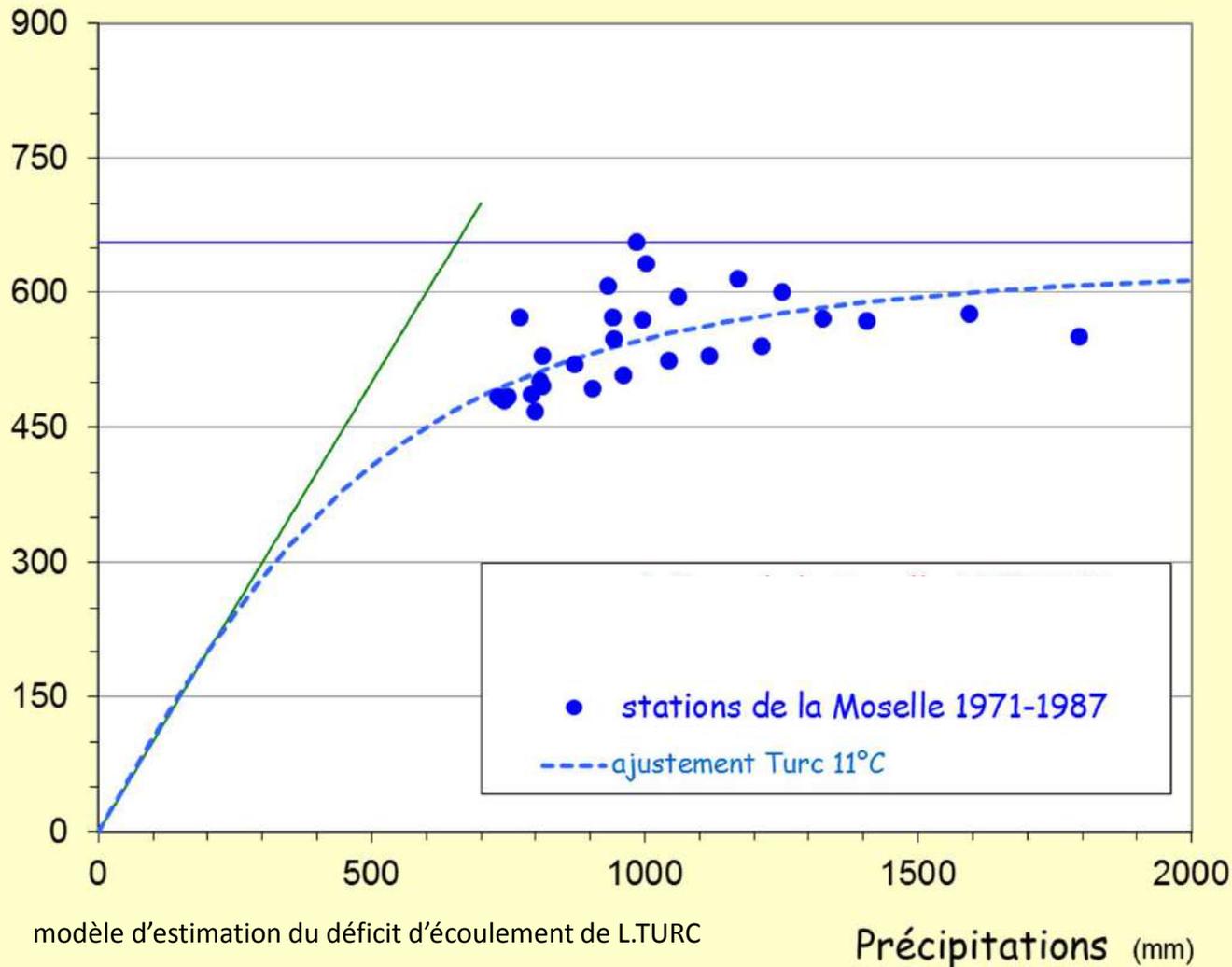
on peut comparer l'écoulement de ces deux périodes

*données de



l'évaporation

Déficit d'écoulement ou Evaporation (mm)



Puisque les précipitations restent très semblables, l'évolution de l'écoulement est directement la conséquence de l'évolution de l'évaporation

Gille E. & Sérino J. 2010

Ajustement réalisé par le RMSE (*root mean squared error*)

à partir des données de la Banque HYDRO et de

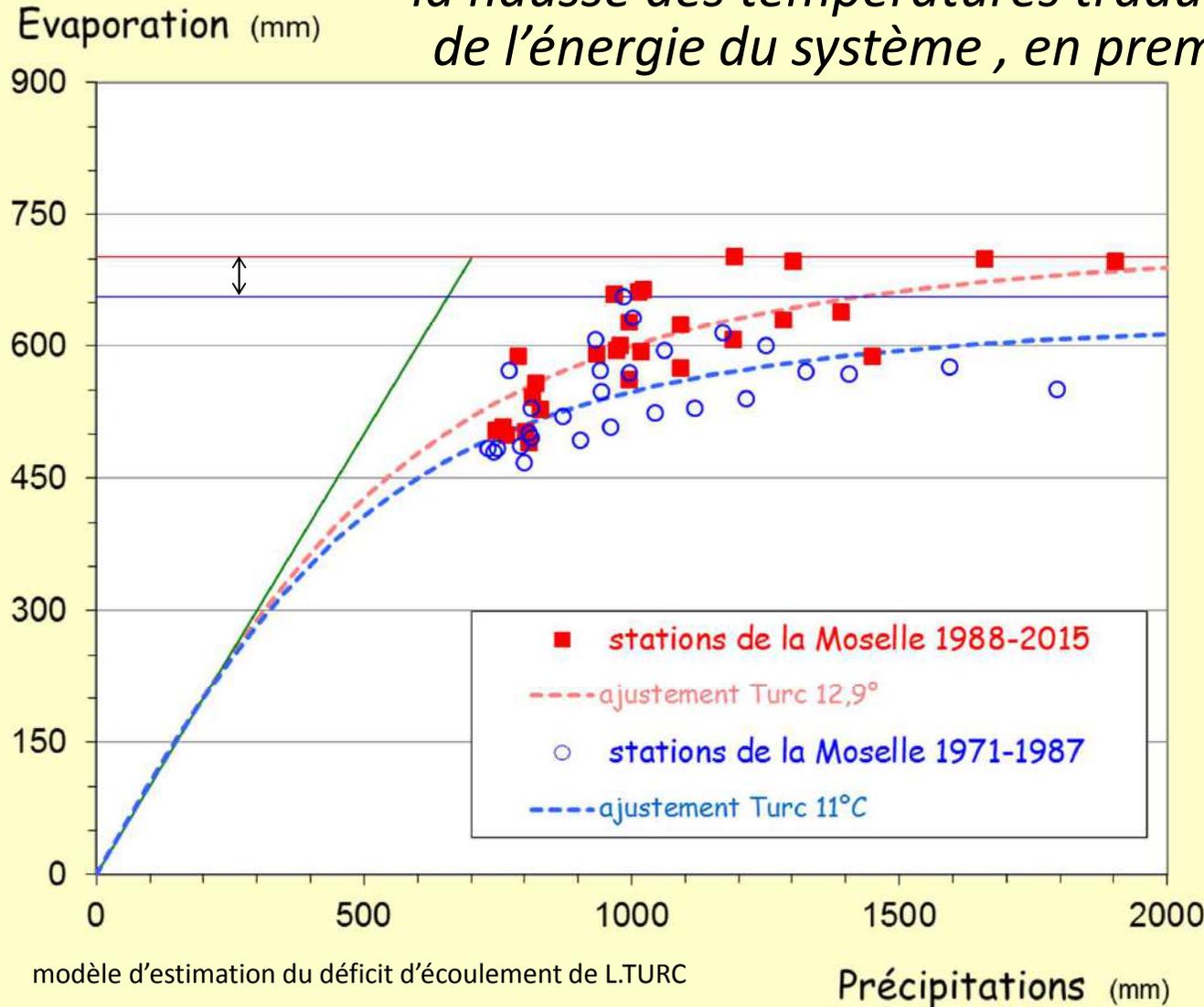
la hausse des températures traduit une augmentation de l'énergie du système, en premier celle du pouvoir

évaporant de l'atmosphère

l'évolution de l'évaporation peut être estimée en moyenne sur le bassin de la Moselle :

≈ 50 mm

(variable selon les stations)



Gille E. & Sérino J. 2010

Les températures obtenues par ajustements (RMSE) sont indicatives : elles correspondent au modèle de Turc

à partir des données de la Banque HYDRO et de

effets sur l'écoulement ?



Une étude prospective des impacts envisageables du changement climatique sur les débits de la Moselle et de la Sarre a été conduite sous le titre de « Flow MS », pour le compte des CIPMS.

Des simulations ont été réalisées à horizon 2050, selon un scénario médian d'élévation des températures (de l'ordre de +1,5°C à horizon 2050 et +3°C à horizon 2100).

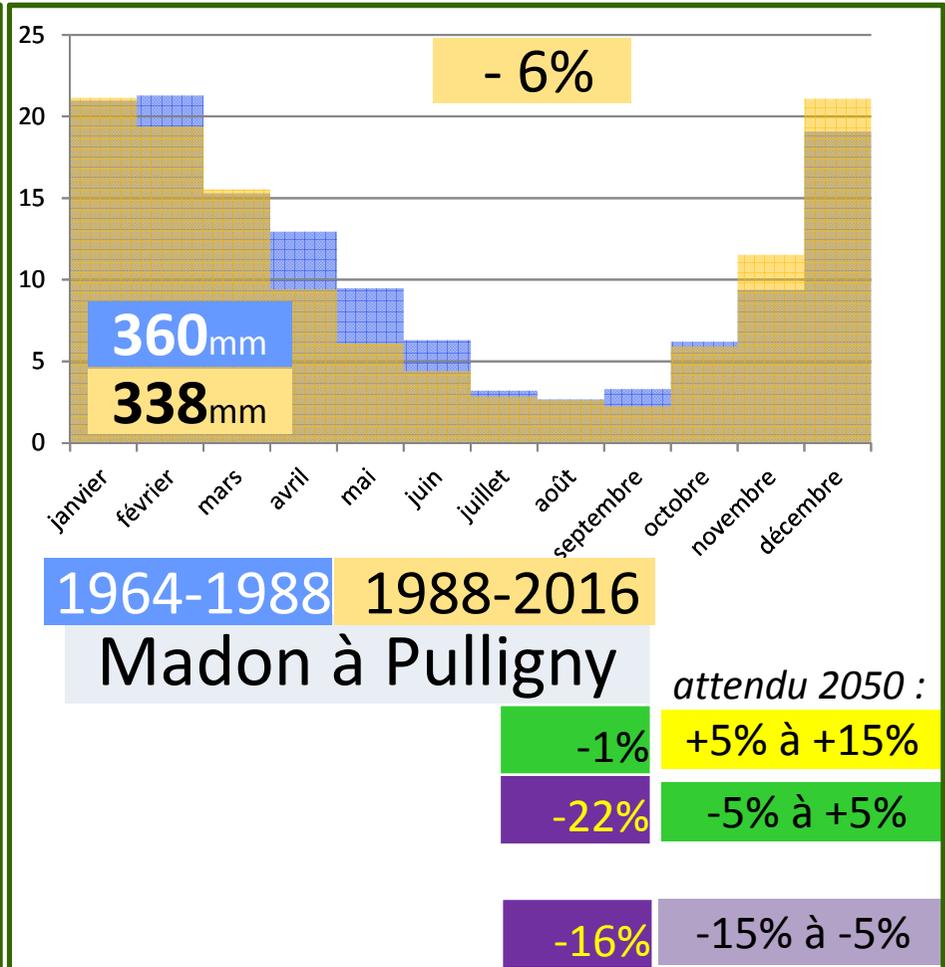
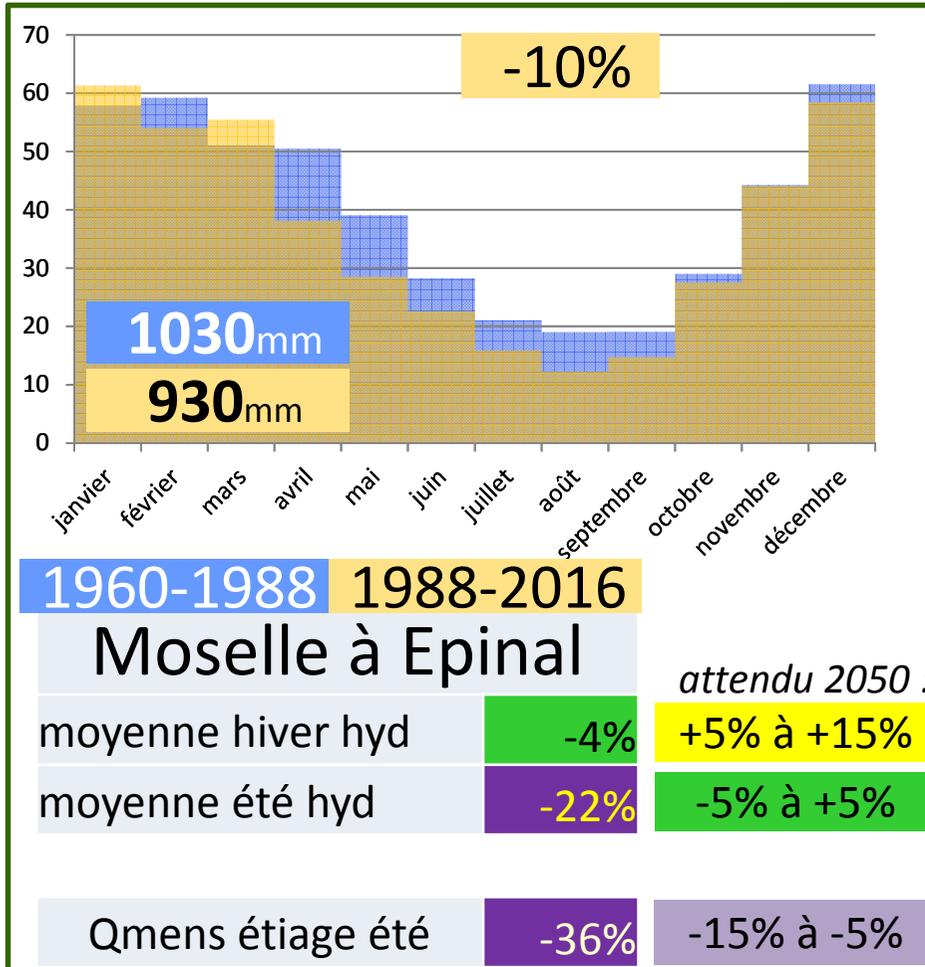
Le travail a porté sur les débits moyens semestriels d'hiver hydrologique (de novembre à avril) et d'été hydrologique (de mai à octobre).

Les **débits d'étiage moyens** expriment principalement de **faibles augmentations pour l'hiver hydrologique** : les écarts s'inscrivent dans une fourchette comprise entre +5% et +28% selon les stations. **Pour l'été hydrologique, la tendance générale est légèrement à la baisse**, avec des évolutions comprises entre -13% et +5% selon les stations ; **les diminutions sont un peu moins prononcées pour la Sarre.**

Les débits de crue moyens de l'hiver hydrologique augmentent sur l'ensemble des stations analysées, dans une fourchette comprise entre +5% et +24% **et avec les augmentations les plus importantes localisées dans le bassin nord de la Sarre. En revanche, les valeurs calculées pour l'été hydrologique sont constantes ou décroissantes**, avec des écarts constatés dans une fourchette de -13% à +8%. **Les diminutions se concentrent ici sur la partie nord-est du bassin versant de la Moselle, sur le bassin de la Sûre et sur des parties du bassin de la Sarre.**

on peut comparer l'écoulement de ces deux périodes

sur l'écoulement moyen et le régime ?



Légende des conclusions de l'étude FLOW-MS horizon 2050

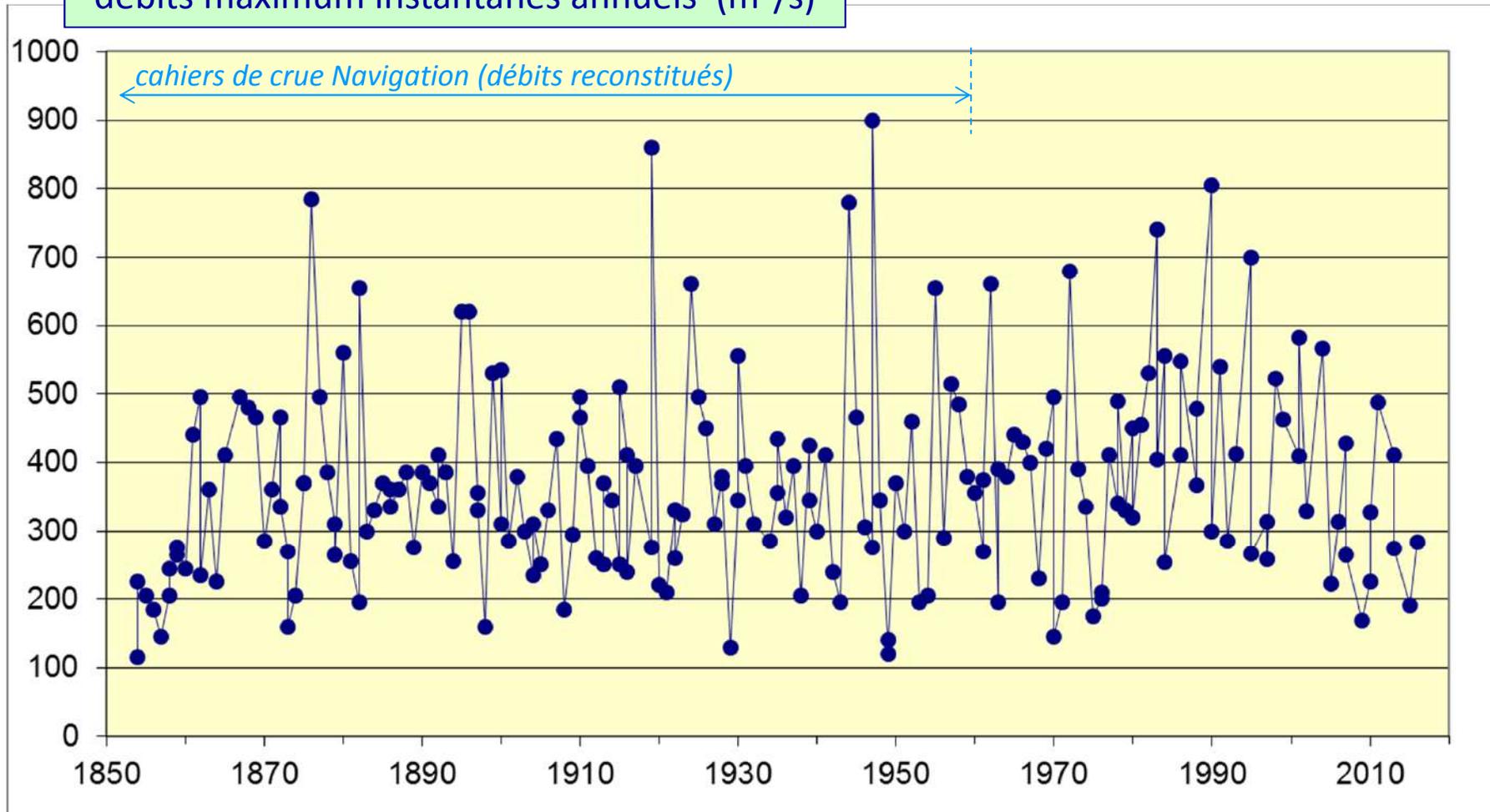
- Augmentation modérée (de +5% à +15%)
- Pas d'évolution sensible (entre -5% et +5%)
- Diminution modérée (de -15% à -5%)

Voir MOSARH21

à partir des données de la Banque HYDRO

Effet sur le nombre et l'intensité des crues ?

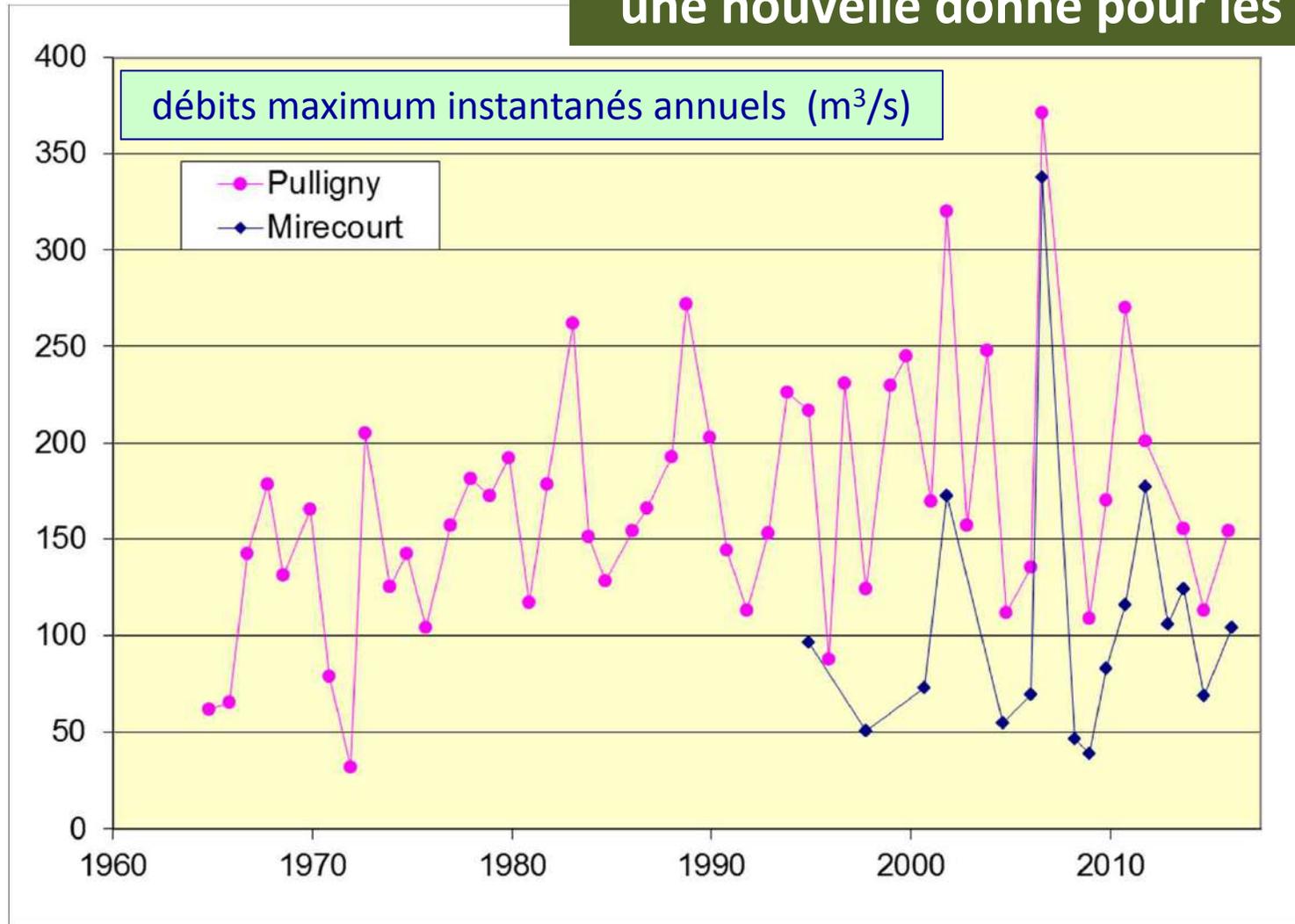
débits maximum instantanés annuels (m³/s)



longue série de la Moselle à Epinal : pas de tendance significative

l'énergie étant en hausse dans le système, doit-on s'attendre à

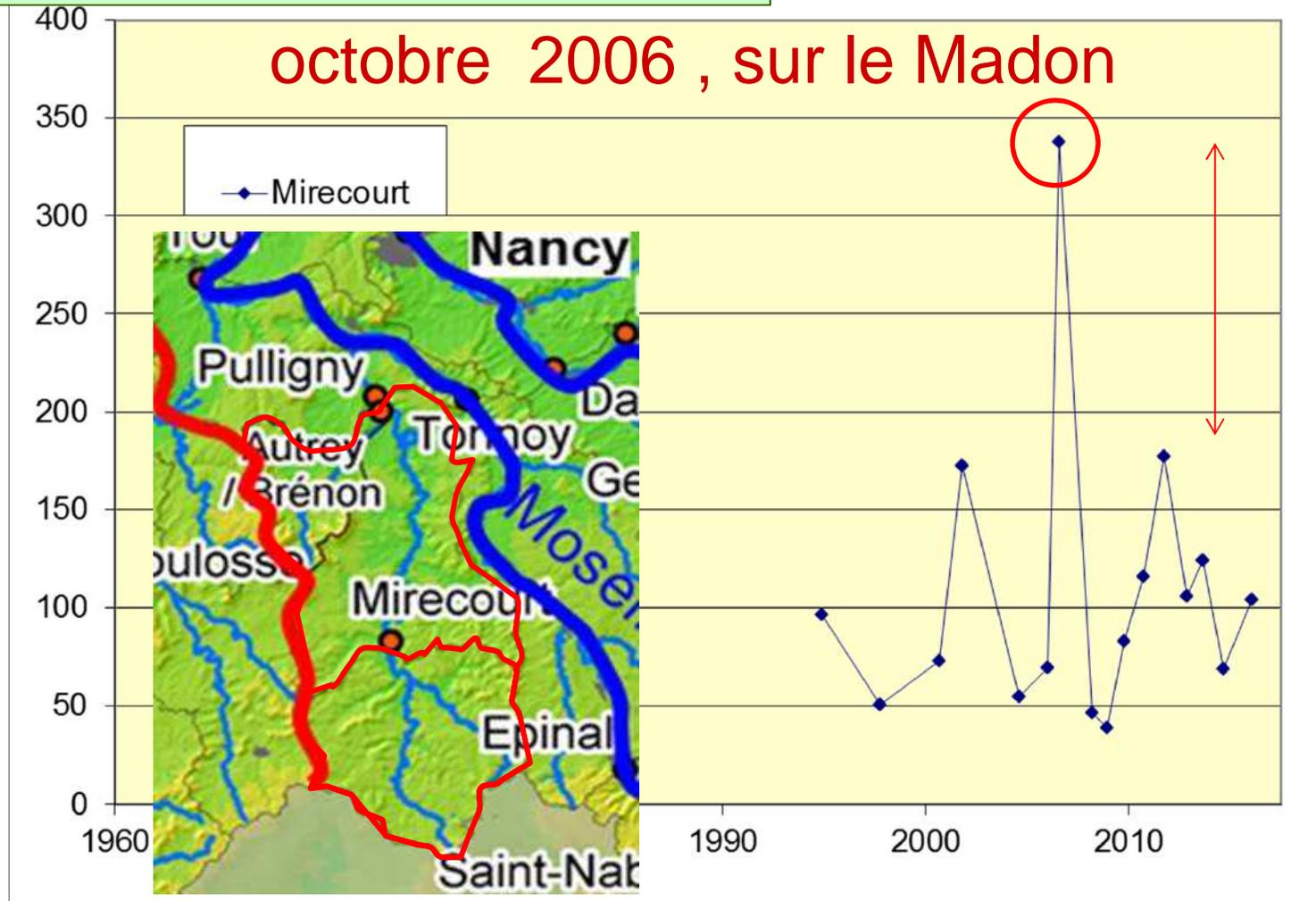
une nouvelle donne pour les crues?



sur le Madon : octobre 2006 , un maximum ...
(affluent de la Moselle)

les crues : une nouvelle donne ?

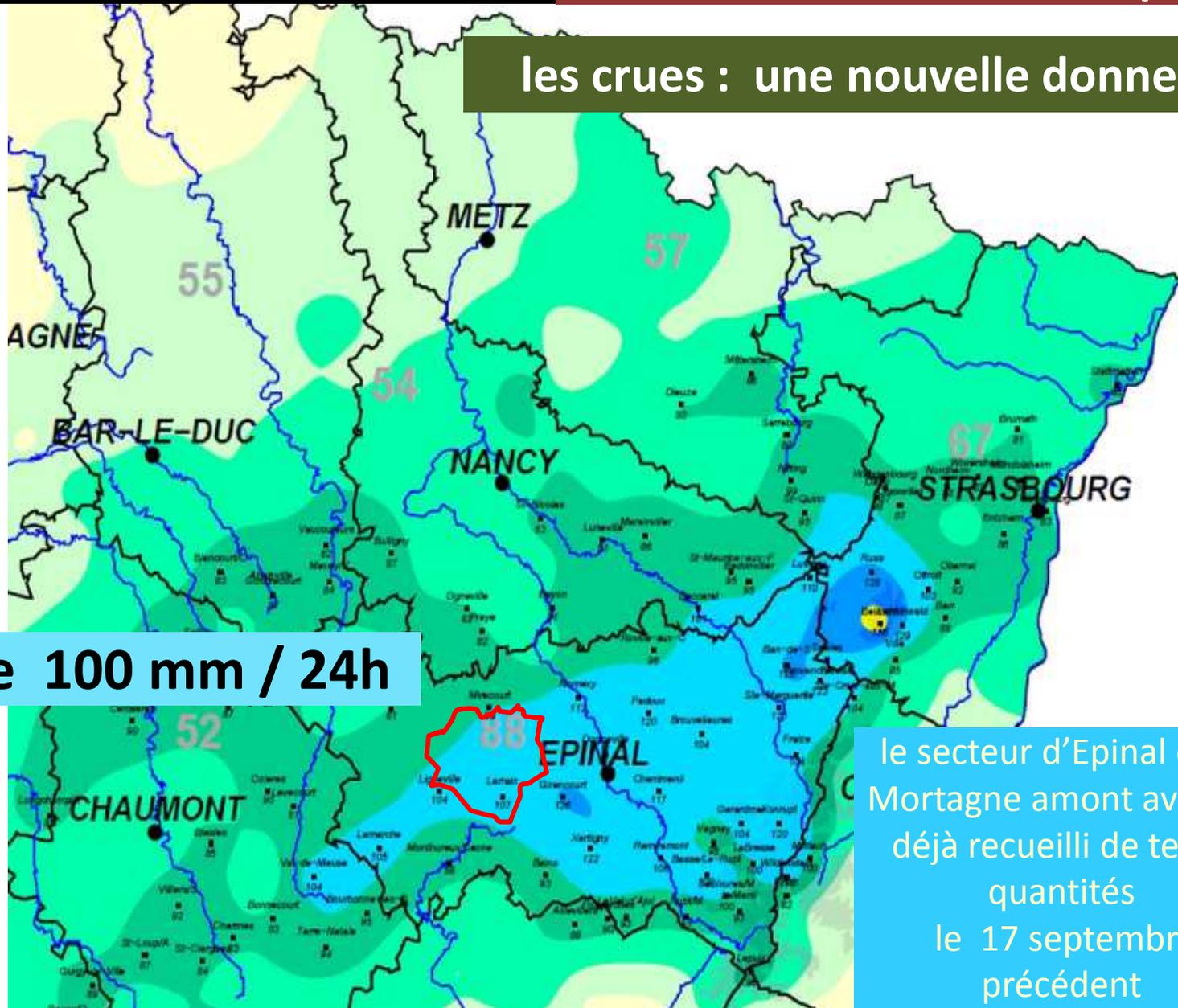
débits maximum instantanés annuels (m³/s)



... particulièrement remarquable à Mirecourt, à l'amont !

à partir des données de la Banque HYDRO

les crues : une nouvelle donne ?



plus de 100 mm / 24h

le secteur d'Epinal et la Mortagne amont avaient déjà recueilli de telles quantités le 17 septembre précédent

précipitations du 3 octobre 2006

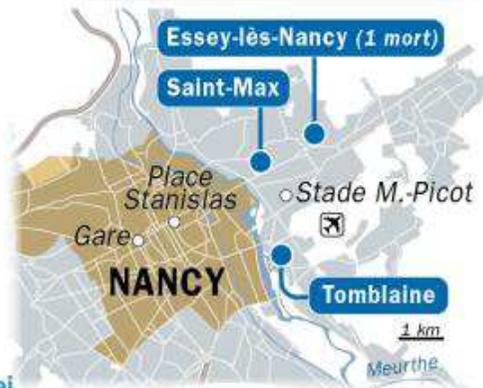
*données de

21 au 22 mai 2012



Inondations à Nancy

Communes les plus touchées



Quantités de précipitations en mm (ou litres/m²) à Essey-lès-Nancy dans la nuit du 21 au 22 mai



Source : Météo-France

*Valeur moyenne des précipitations totales pour mai, de 1971 à 2000

plus de 100 mm / 3h

une nouvelle donne ?

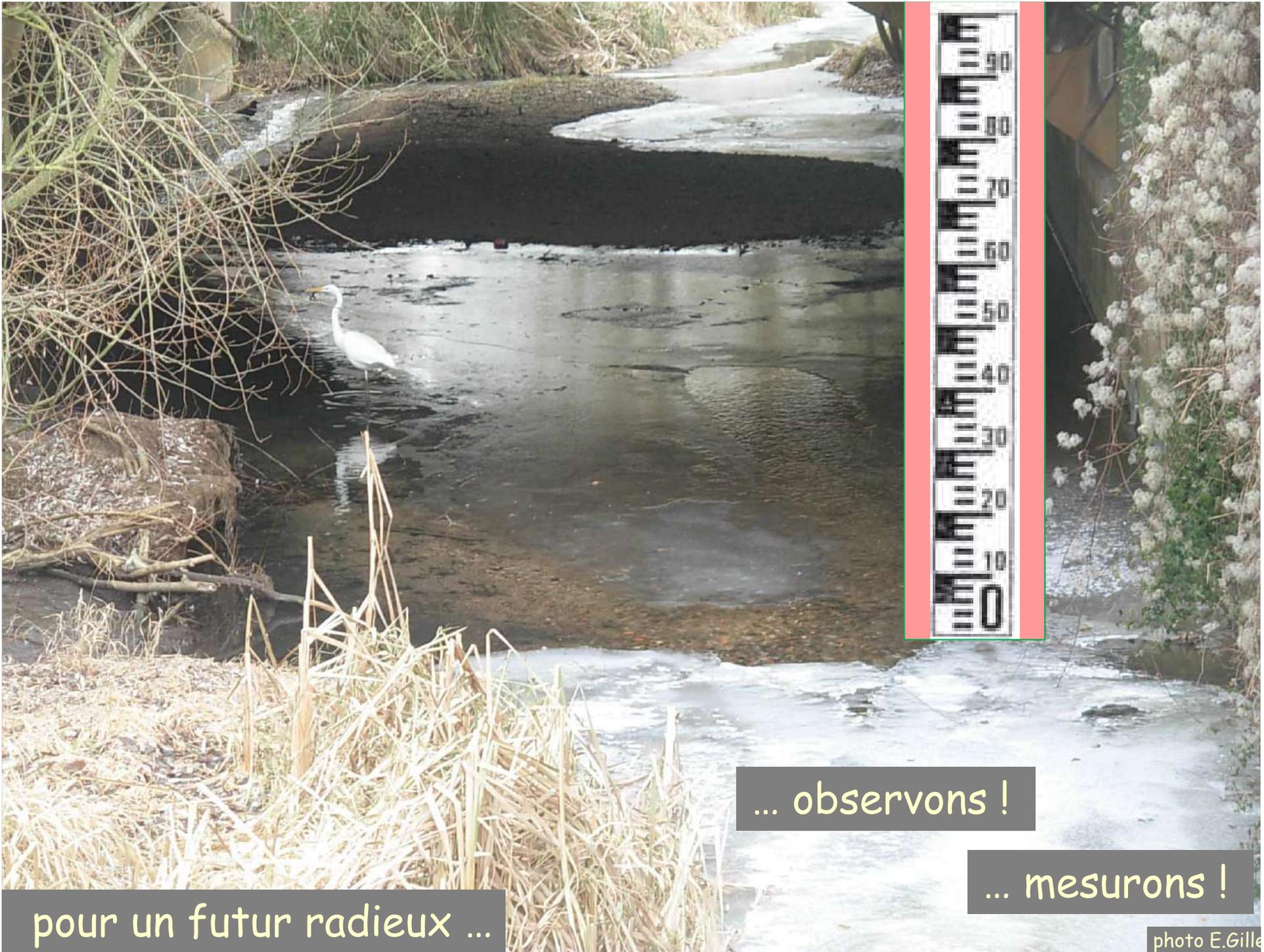
ciel de Metz, vendredi 3 juin 2016 en milieu d'après-midi.



35 mm en 1/2h à Chambley

© Armelle Boudinot pour France 3 Lorraine

<http://france3-regions.francetvinfo.fr/lorraine/moselle/metz/metz-un-tuba-dans-le-ciel-1014569.html>



pour un futur radieux ...

... observons !

... mesurons !



Mémoire des événements :

- connaître ce qui s'est passé
- intéresser les populations

→ échelles limnimétriques

→ repères de crues



Merci de votre attention.