United Nations Economic Commission for Europe

Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes

IVème Atelier sur l'Eau et l'Adaptation aux Changements Climatiques dans les Bassins Transfrontières

IVth Workshop on Water and Adaptation to Climate Change in Transboundary Basins

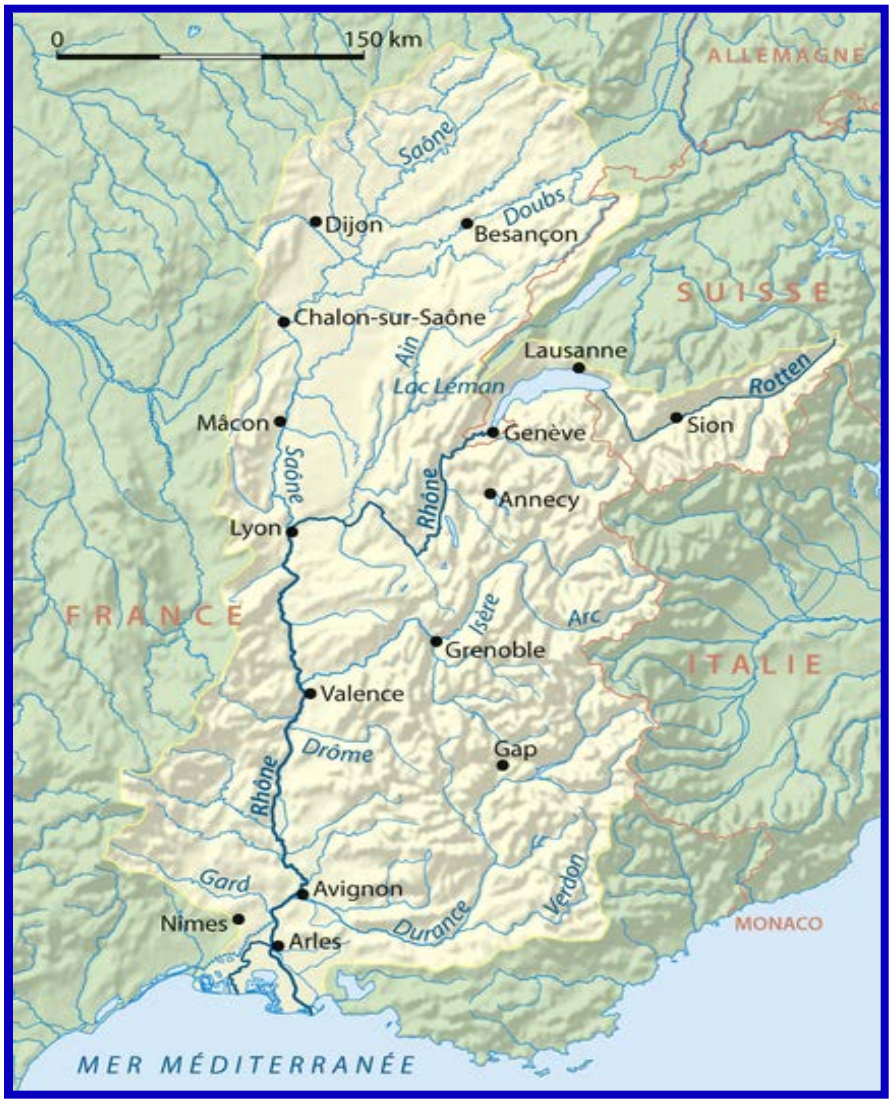
25 et 26 juin 2013, Genève (CH)

Le Fleuve Rhône
Comprendre pour mieux coordonner les usages

Patrick TOURASSE, EDF

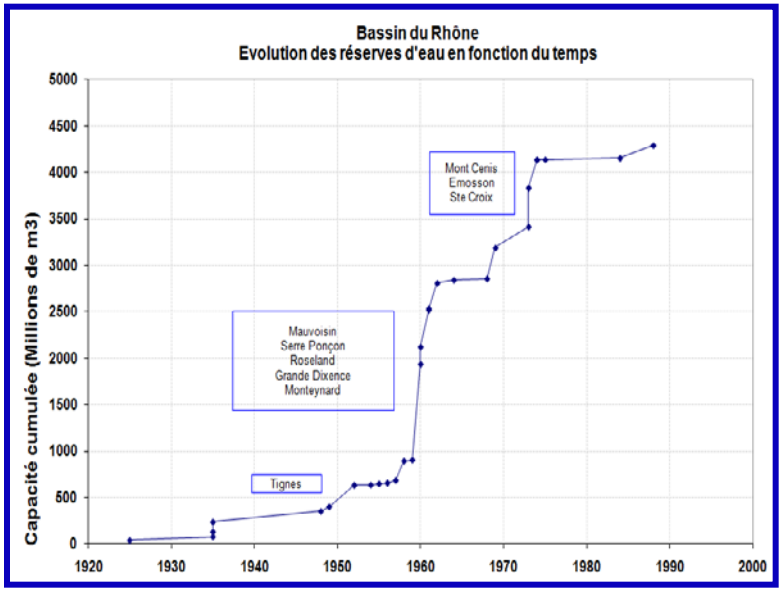
EDF

LE BASSIN DU RHÔNE

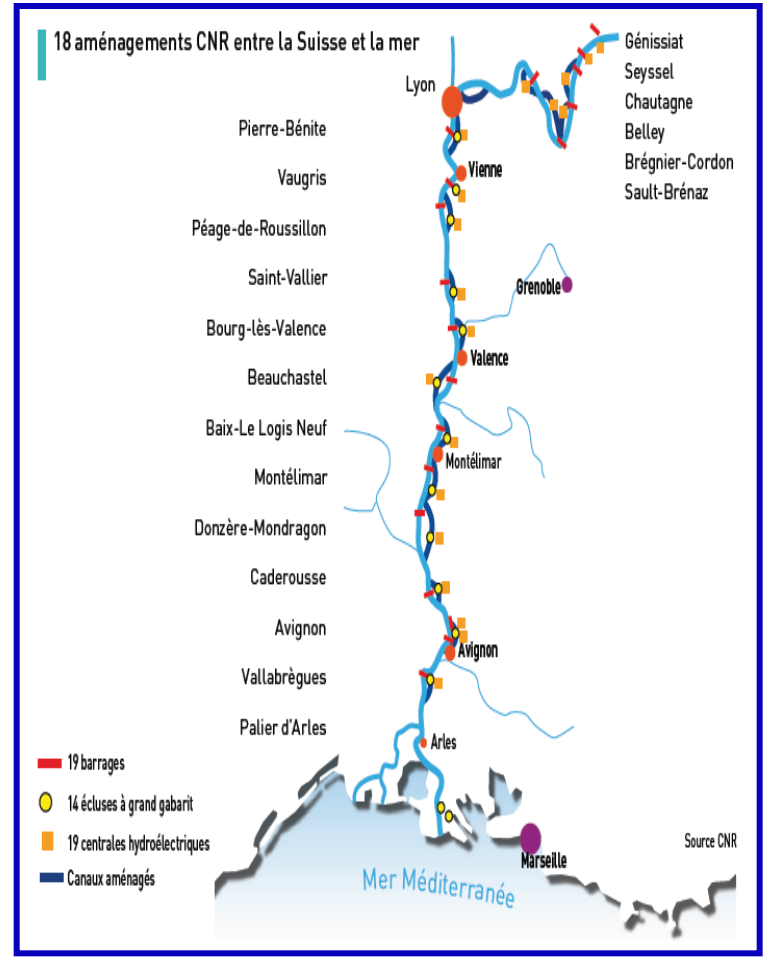


- **Longueur** : 765 km
- **Surface BV** : 96 500 km² dont 3560 km² en amont du Léman
- **Source du Rhône** : Glacier de la Furka (1753m) en Suisse
- **Affluents majeurs**: l'Ain, la Saône (draine à elle seule 30% du BV total), l'Isère et la Durance
- **Influences climatiques**: océaniques et méditerranéennes
- **Le Léman :** un puissant régulateur des débits et de la thermie du fleuve

Aménagement Hydroélectrique du Fleuve



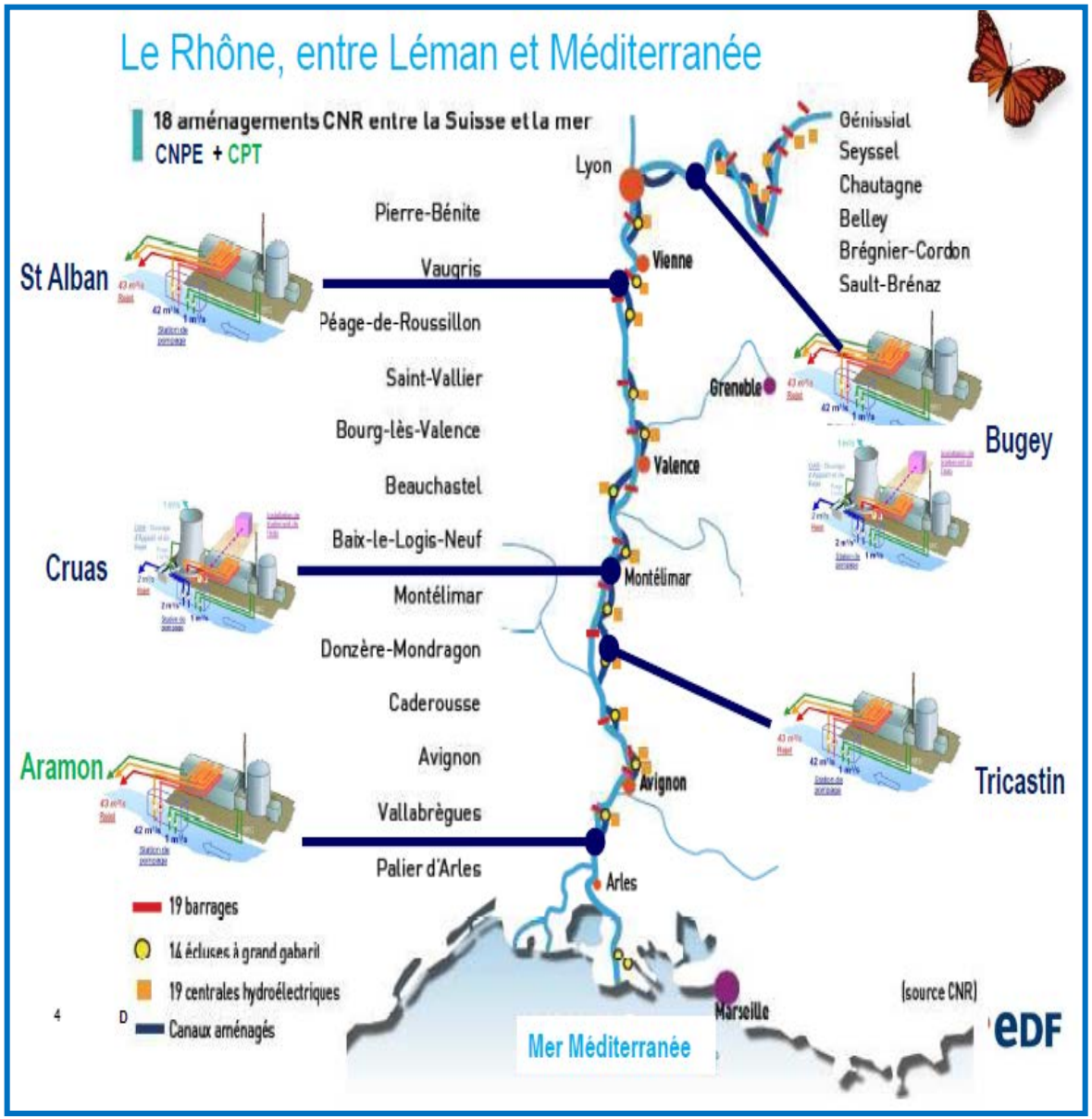
Plus de 3 Mdm3 mis en service entre 1958 et 1973



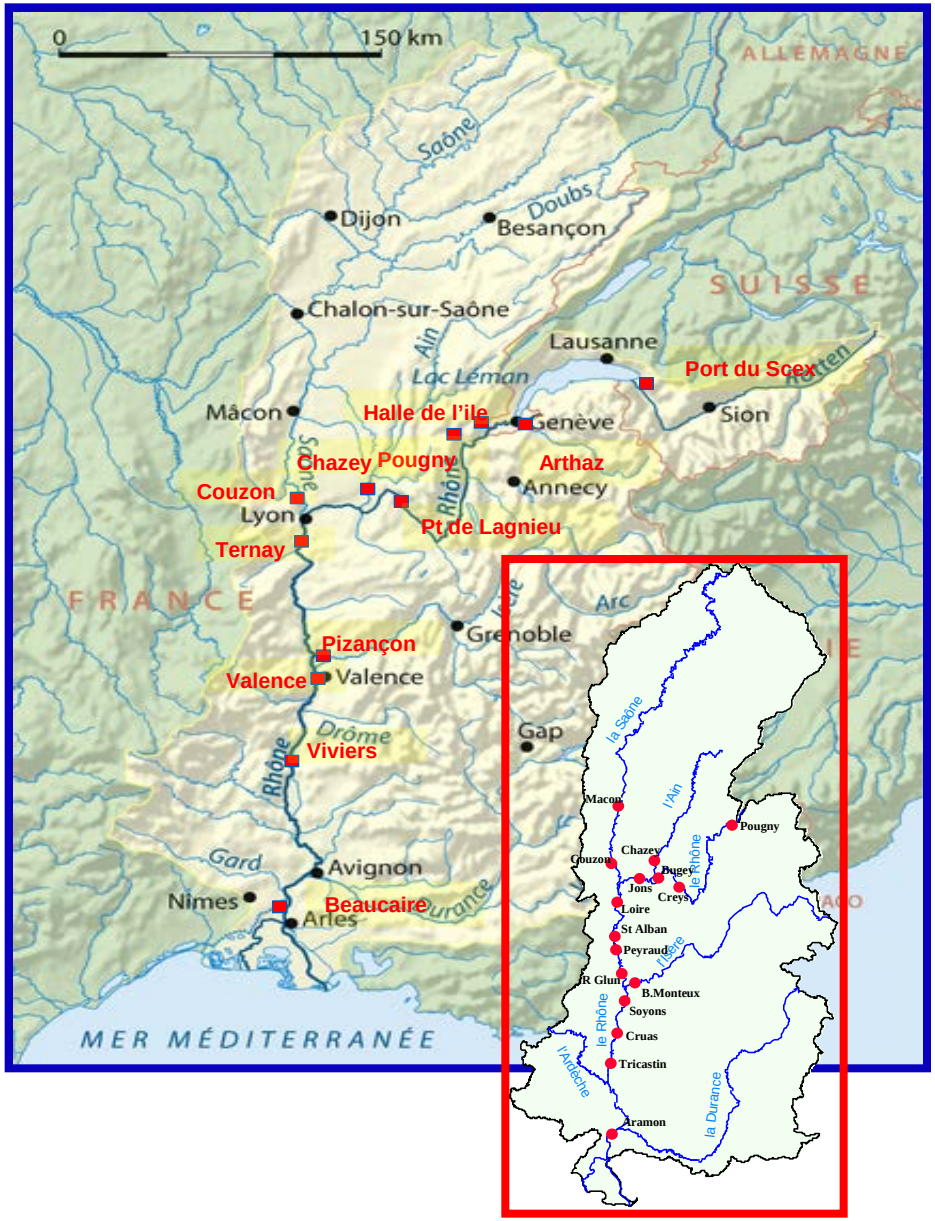
Grande Dixence (CH)

Aménagement CNR sur le Rhône

PRODUCTION THERMIQUE D'ÉLECTRICITÉ



Données Disponibles



Débits Journaliers depuis 1920

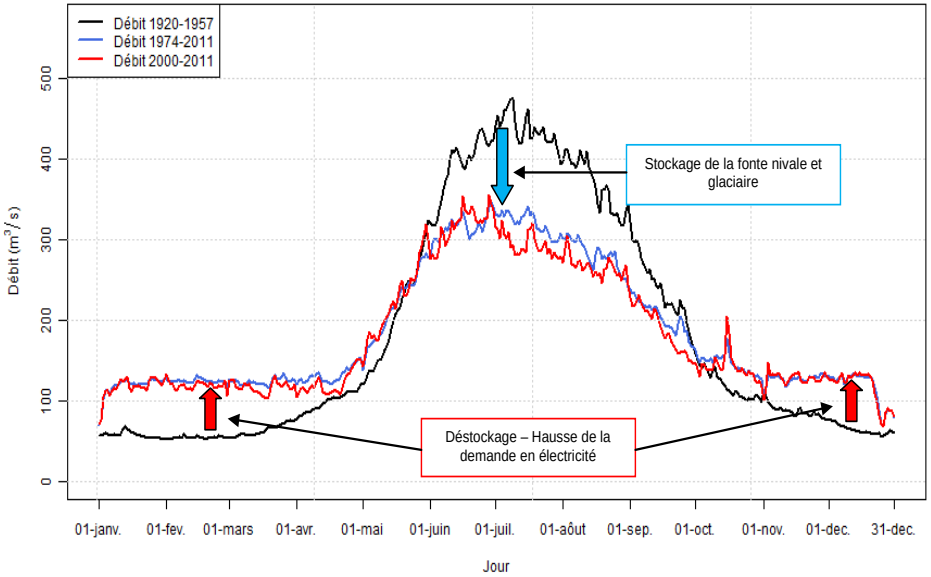
Station	Organisme gestionnaire	Portée
le Rhône à la Porte du Scex (en entrée du Grand Lac)	OFEV	1920-2011
le Rhône en sortie du lac Léman (Halle de l'Ile)	OFEV	1920-2011
l'Arve à Arthaz (amont confluence)	EDF	1961-2011
le Rhône à Pougny (aval de la confluence avec l'Arve)	OFEV/CNR	1920-2011
le Rhône à Bognes (aval de Génissiat)	CNR	1920-2011
le Rhône à Pont de Lagnieu (amont CNPE de Bugey)	CNR	1920-2011
l'Ain à Pont de Chazey (amont confluence)	DREAL	1959-2011
la Saône à Couzon (amont confluence)	DREAL	1952-1993 puis 2004-2011
le Rhône à Ternay (amont du CNPE de Saint Alban)	CNR	1920-2011
l'Isère à Pizançon (amont confluence)	EDF	1941-2004
le Rhône à Valence	CNR	1920-2011
le Rhône à Viviers (amont CNPE du Tricastin)	CNR	1920-2011
le Rhône à Beaucaire (aval de la confluence avec la Durance)	CNR	1920-2011

Débits horaires depuis 1991

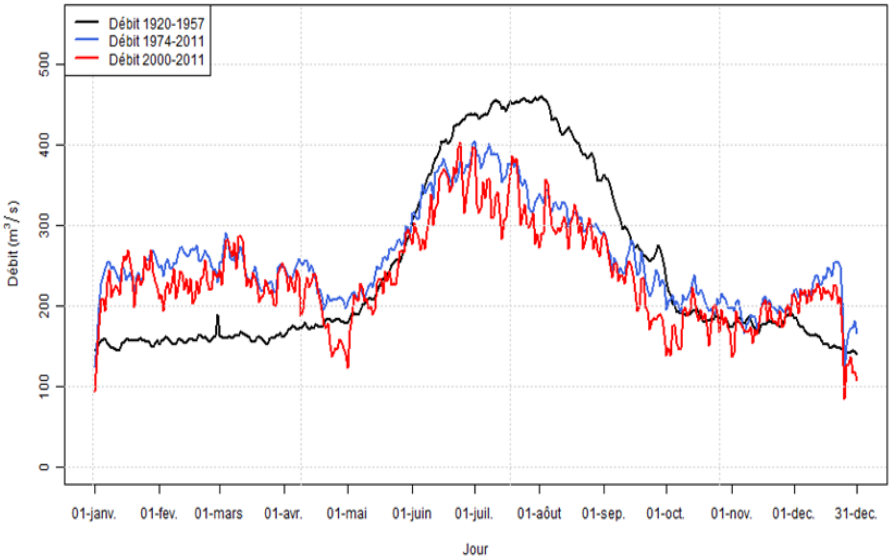
T_{Eau} horaires depuis 1976

RÉGIME DES DÉBITS - AMONT ET AVAL LÉMAN

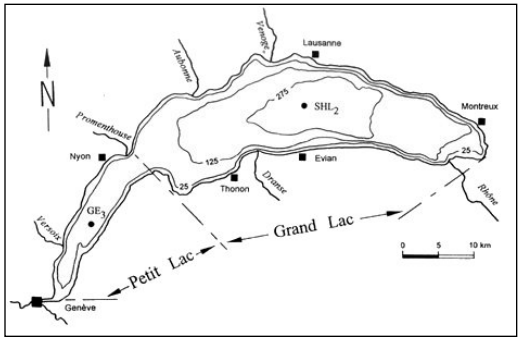
Entrée Léman - Porte du Scex 1920 à 2011



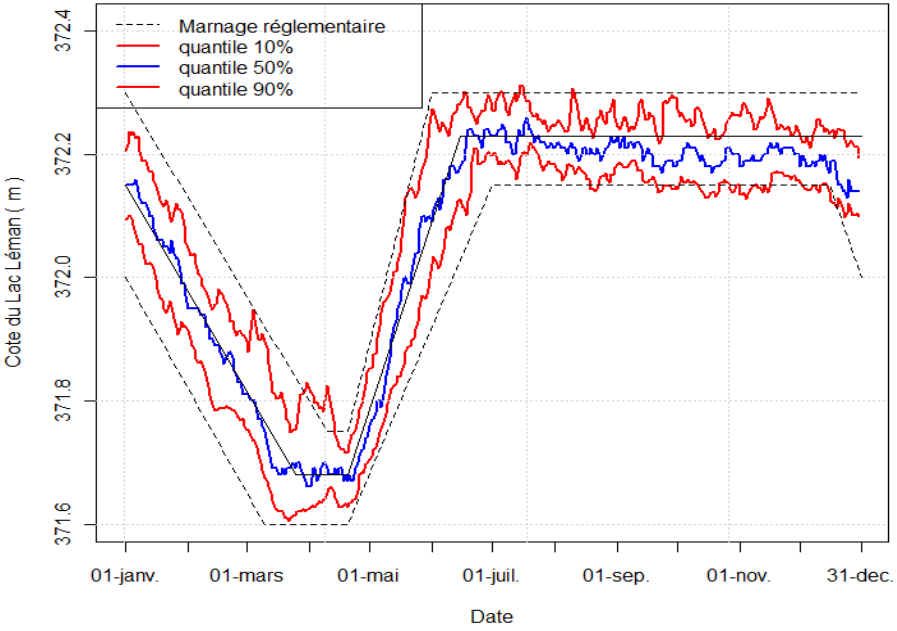
Sortie lac Léman 1920 à 2011



DÉBITS - ACCORDS CONVENTIONNELS



Évolution de la cote du Lac Léman de 1993 à 2011 sans les années bissextiles



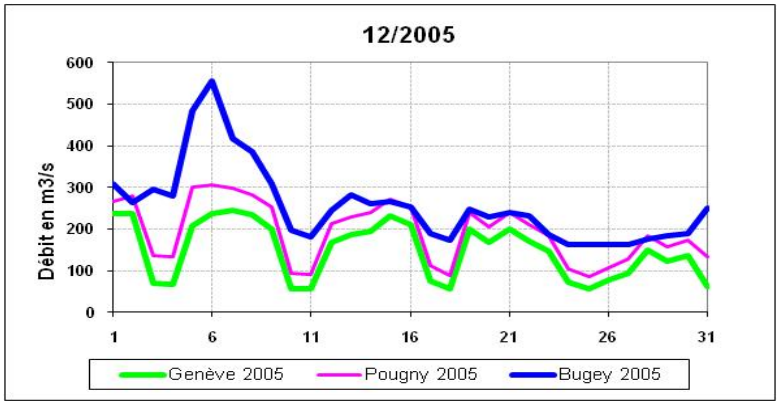
- **Accord suisse inter cantonal:**
  - 100 m3/s du 1er mai au 30 septembre
  - 50m3/s du 1er octobre au 30 avril

- **Convention inter cantonale « d'Emosson »** (23 août 1963) Les débits de l'Arve (F) détournés vers l'aménagement d'Emosson sont restitués à la France pour la navigation et le besoin de refroidissement des centrales nucléaires.

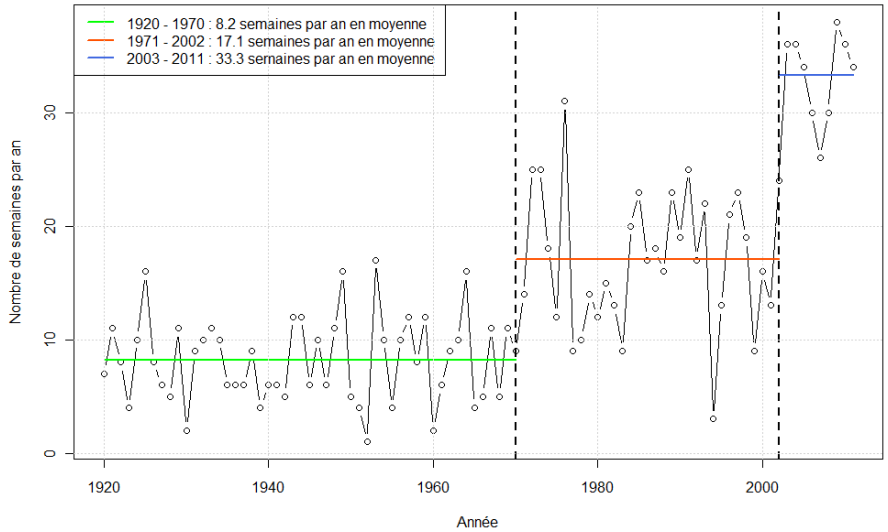
- **Protocole Inter-opérateurs EDF-CNR**

  Gestion hydraulique coordonnée des débits le long du fleuve

GESTION ENERGÉTIQUE HEBDOMADAIRE DU LÉMAN



Sortie Léman - 1920 à 2011



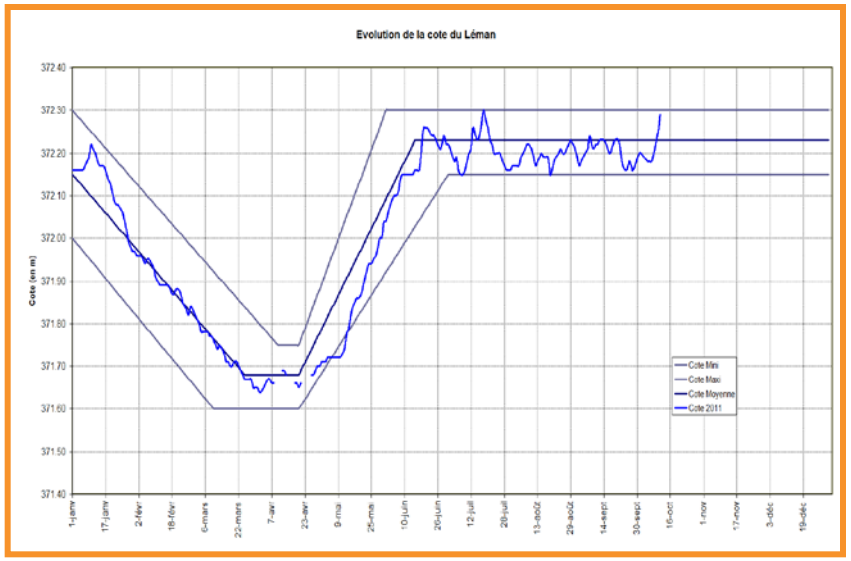
$A=(Q_{min_S_D}) - (Q_{min_L_V})<0$

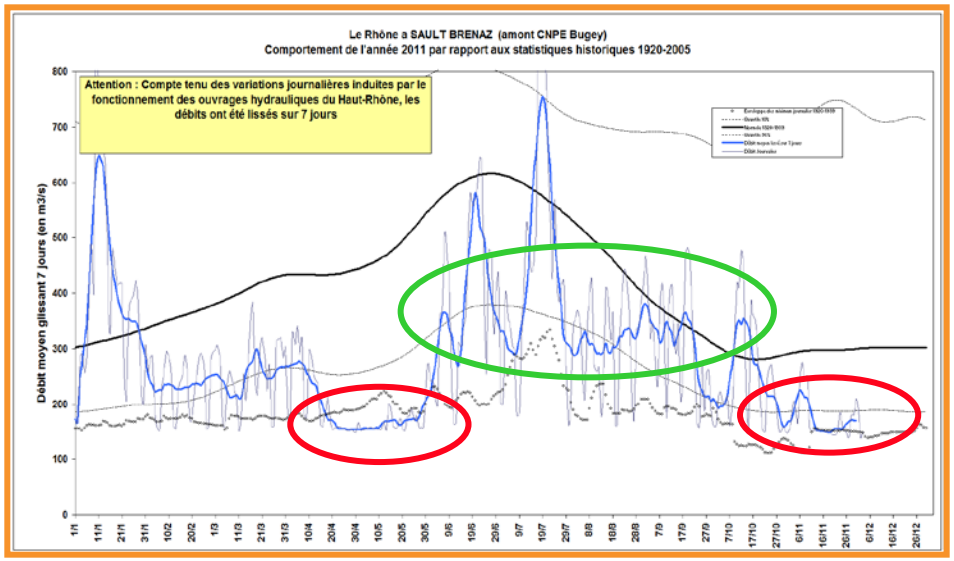
Résultats:
Deux ruptures identifiées:

➔**début des années 70**: mise en service des barrages en amont du Léman.

➔**2002**: modification significative de la gestion hebdomadaire du Léman.

2011 : Débits Historiquement Bas





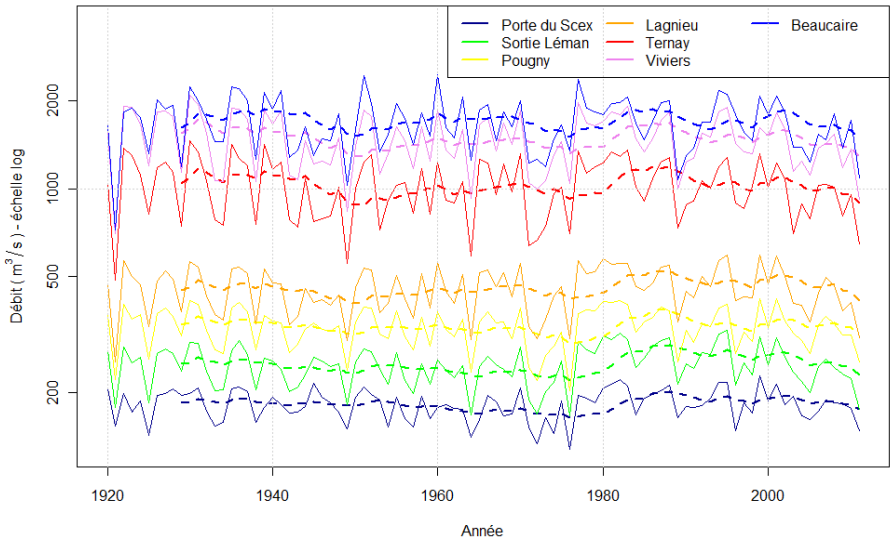
Caractère exceptionnel de l'étiage du Rhône amont lié au manque d'eau sur les Alpes suisses et le Jura (Amont Vouglans et Saône) et aux contraintes de gestion du Léman

Des accords entre la France et la Suisse (mesures d'exécution des eaux d'Arve) et entre EDF et CNR (Protocole opérationnel EDF-CNR) pour optimiser la coordination hydraulique du fleuve

Une bonne coordination opérationnelle des acteurs (SIG, CNR, EDF)

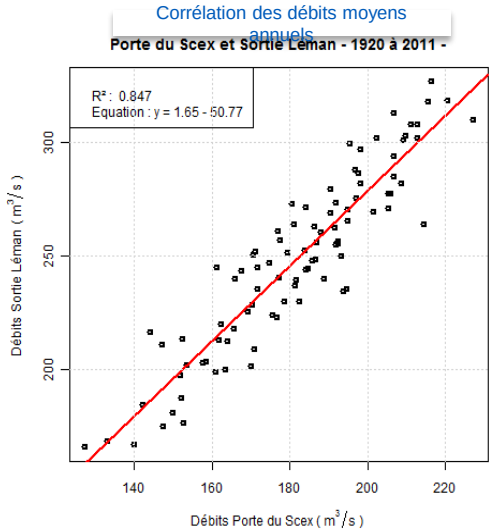
Tendances Long-Terme

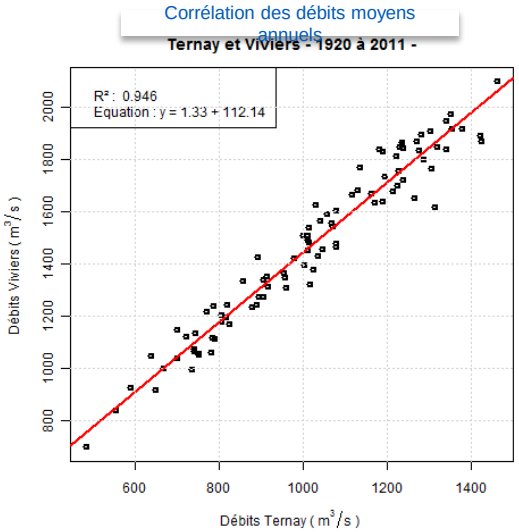
Evolution Amont-Aval du Module Annuel



Station de débit	Pente (m³/s/an)	Mann-Kendall (pvalue)
Porte du Scex	0,01	0,85
Sortie Léman	0,10	0,81
Pougny	-0,06	0,59
Lagnieu	0,18	0,72
Ternay	-0,69	0,40
Viviers	-1.30	0,20
Beaucaire	-0,86	0,47

Corrélation des modules amont/aval



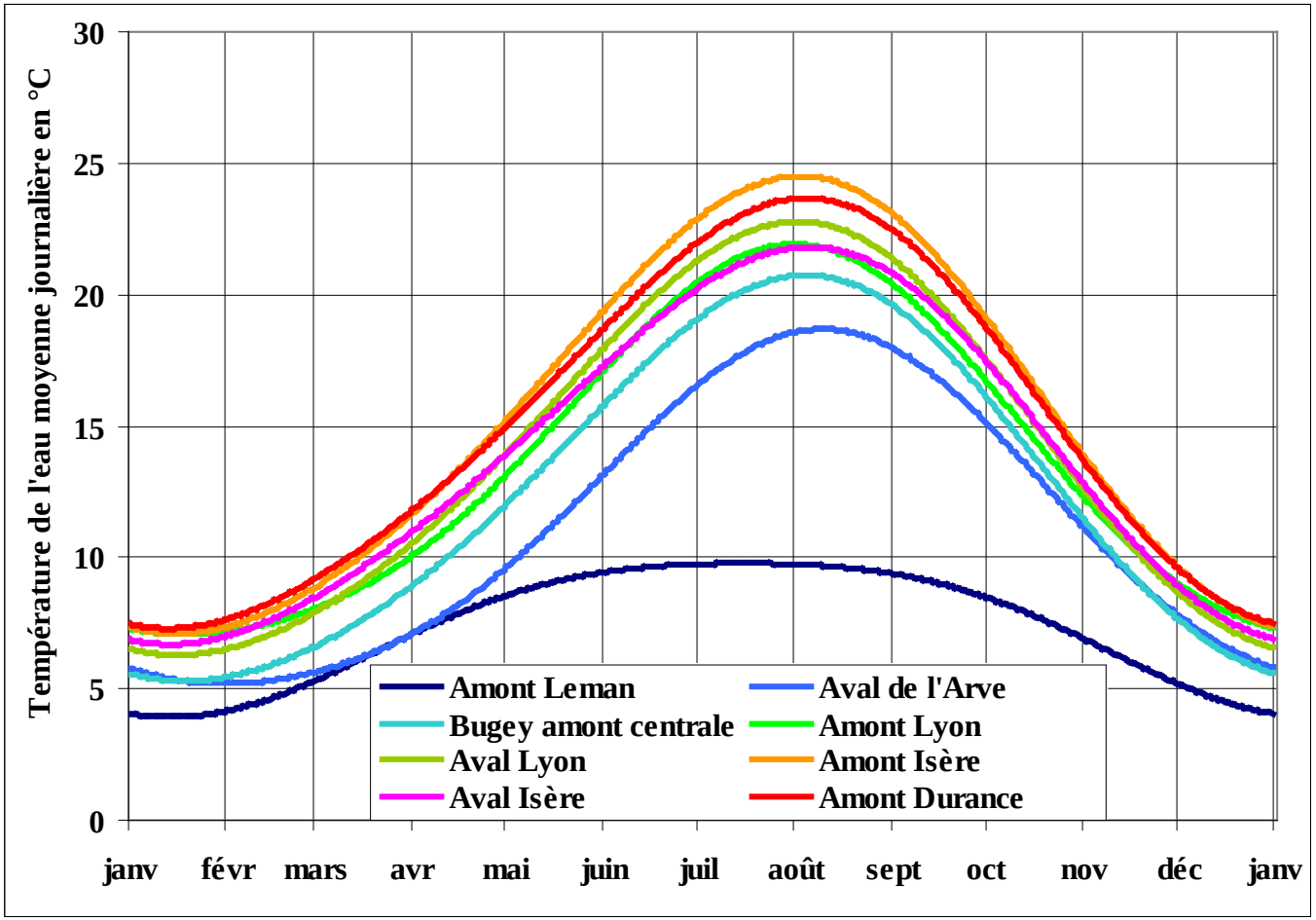


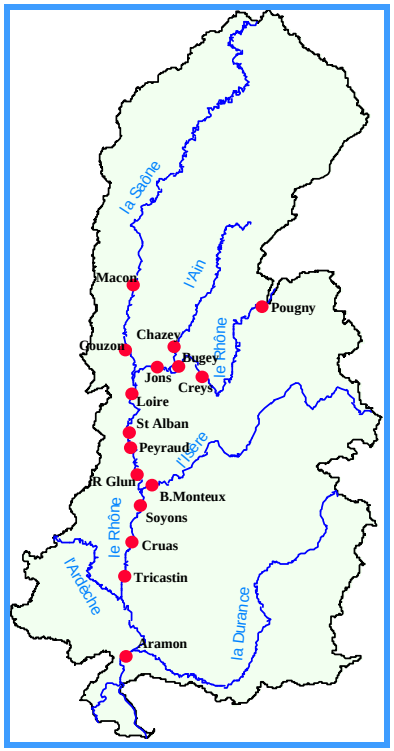
Résultats:

➔cohérence du module d'amont en aval

➔ Pas d'évolution significative de 1920 à 2011

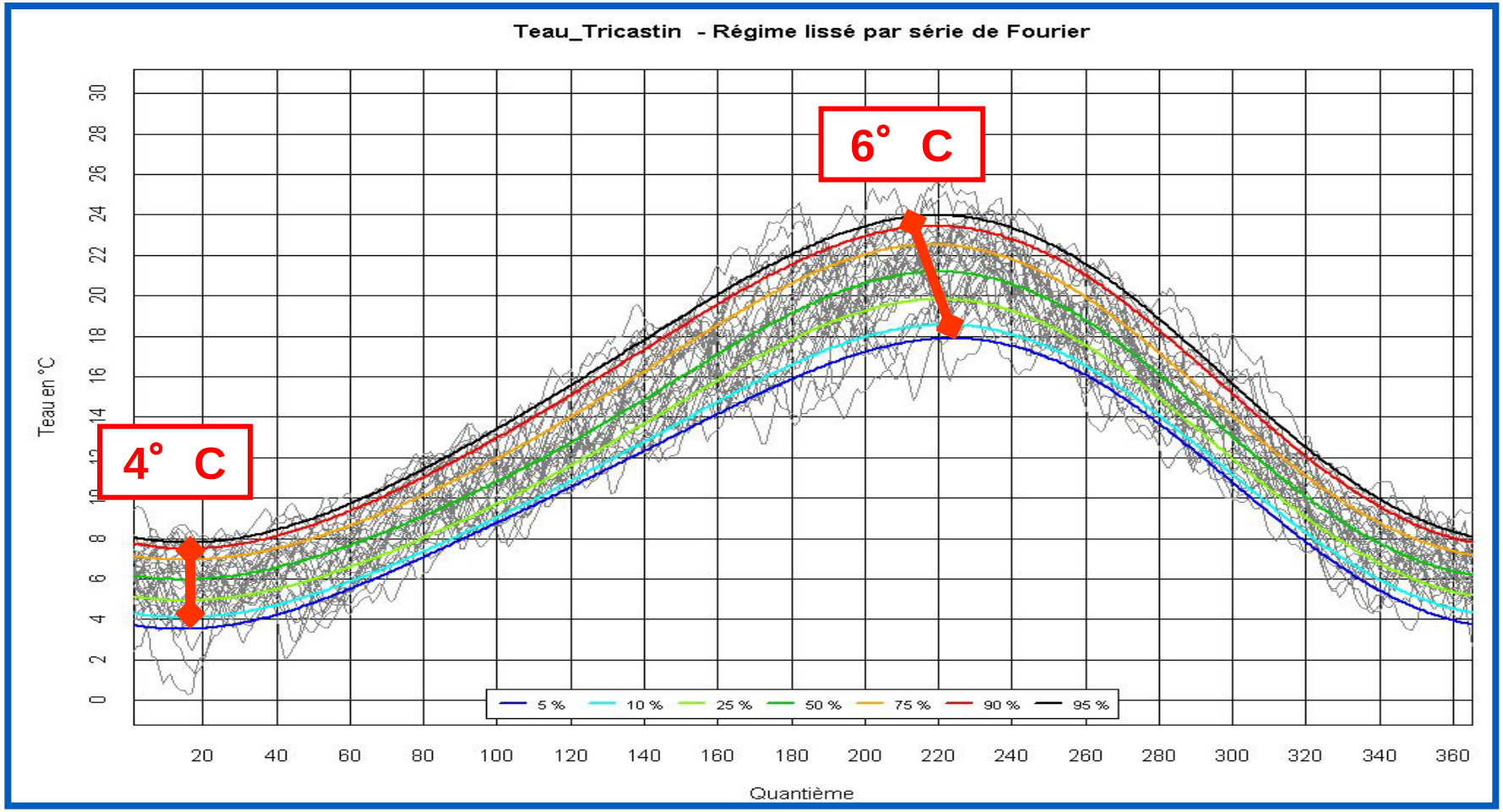
RÉGIME MOYEN DES T_{EAU} DU LÉMAN À LA MER



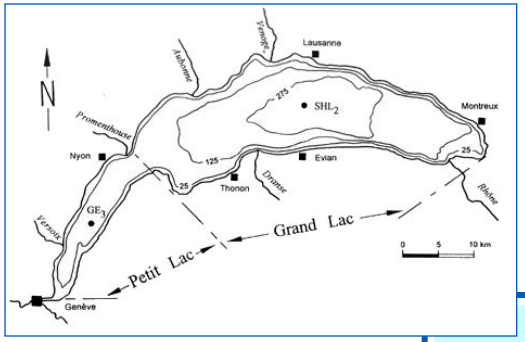


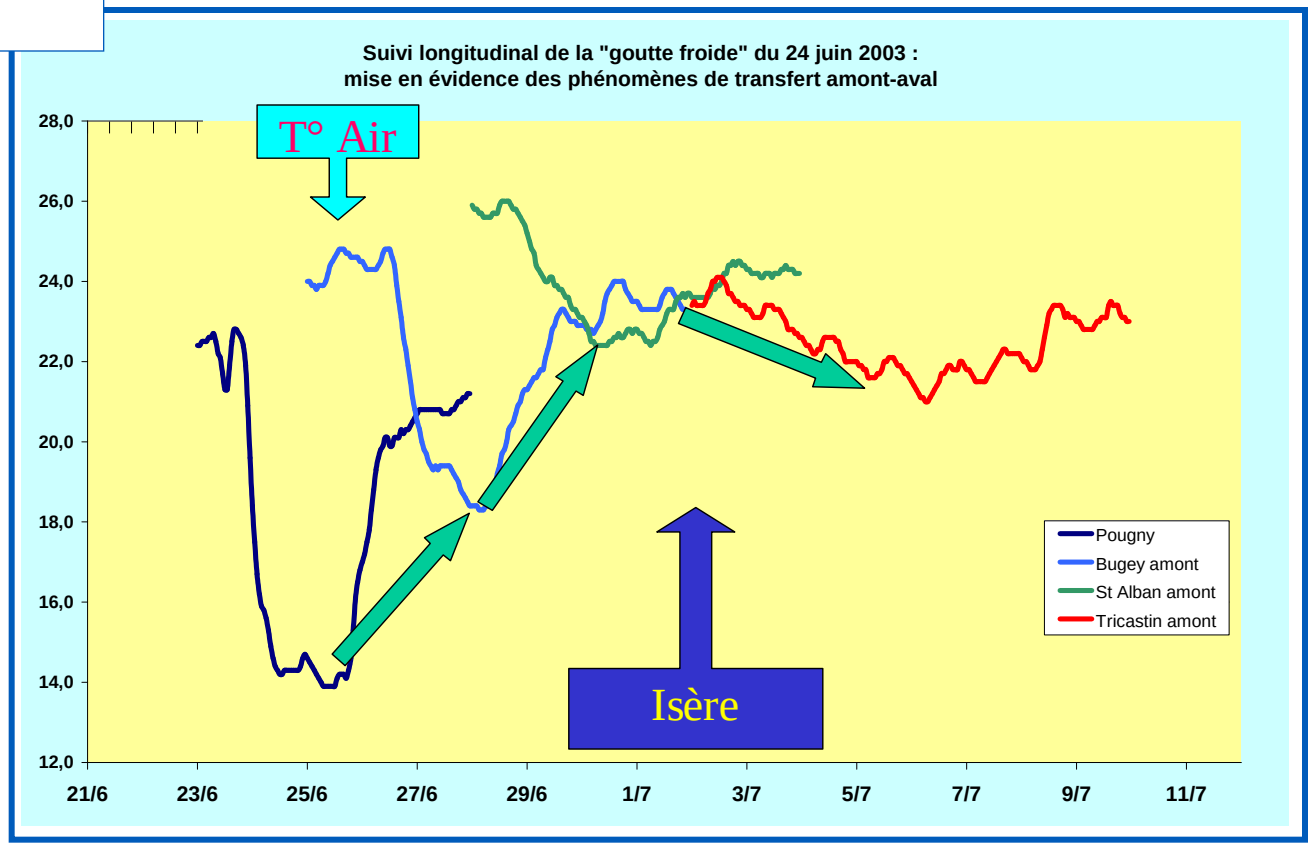
RÉGIME DES T_{EAU} À TRICASTIN (1976-2006)

Forte variabilité naturelle saisonnière - Faible variabilité interannuelle



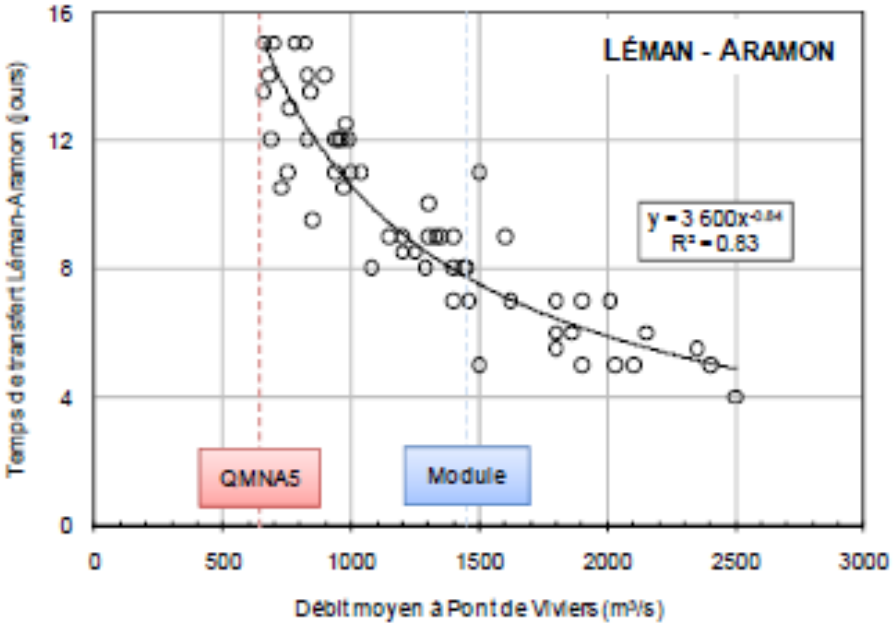
Transfert Amont-Aval de l'Onde Thermique





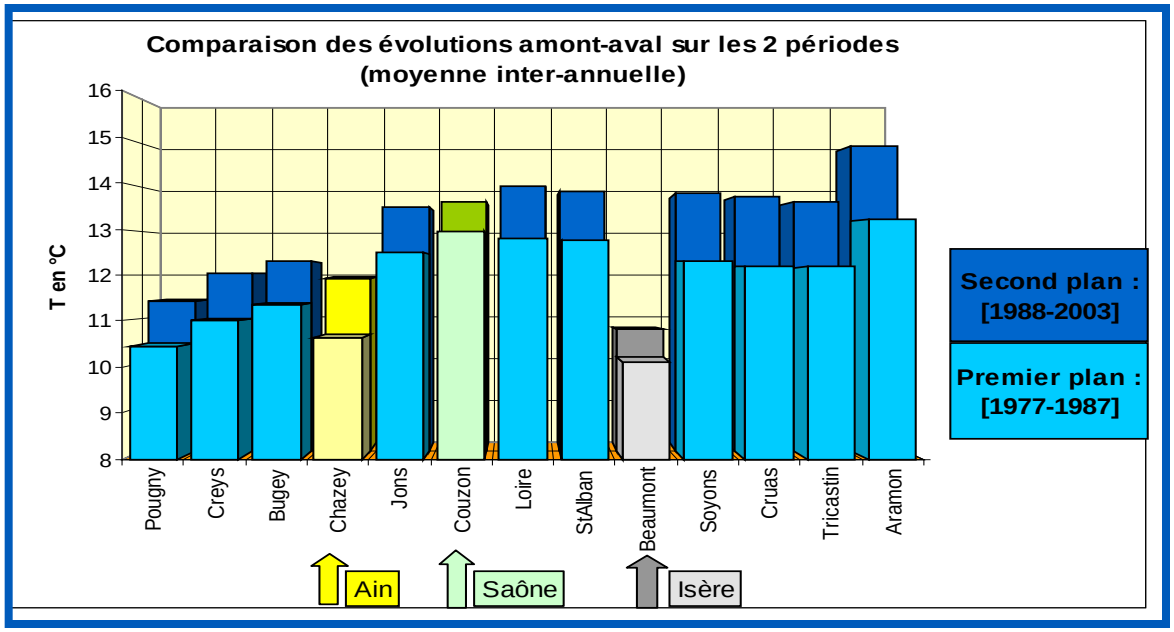
VITESSE DE PROPAGATION DE L'ONDE THERMIQUE

Vitesse thermique (transfert de masse) : entre 5 jours (hautes eaux) et 15 jours (étiage) évaluée à partir de 85 gouttes froides observées entre 1991 et 2010 entre le Léman et la mer (Aramon)



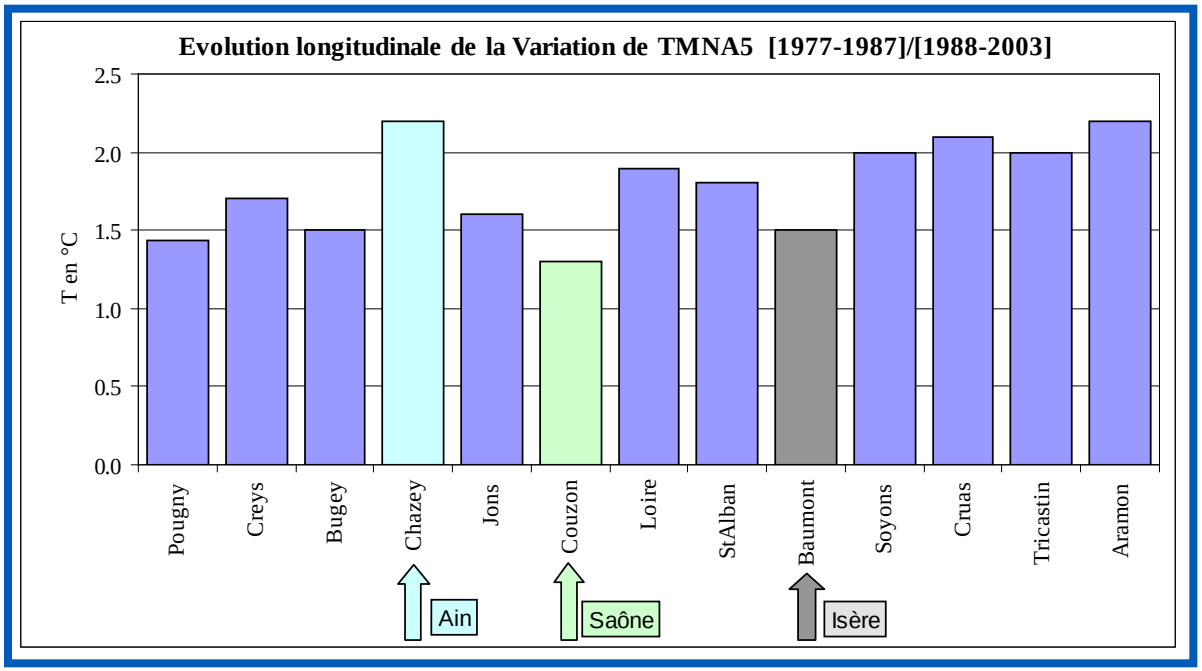
Vitesse hydraulique (célérité) : entre 1 et 2 jours du Léman à la mer

ETAT THERMIQUE DU FLEUVE DE 1977 À 2008



- La **température moyenne** passe, sur le Rhône, **de 10.9° C à l'amont** du secteur d'étude (Pont de Pougny) **à 14.1° C à l'aval** (Aramon).
- **La Saône** est un affluent plutôt **chaud**, **l'Ain** un affluent plutôt **froid en hiver** et **chaud en été** et **l'Isère** un affluent très **froid** (**-1° C en été)**
- À l'échelle pluri-annuelle, **le Rhône et ses affluents ont vu leur température augmenter de +0.5 à +1.6° C** selon les points entre [1977-87] et [1988-2008].

ACCROISSEMENT DES T_{EAU} LES MOIS D'ÉTÉ

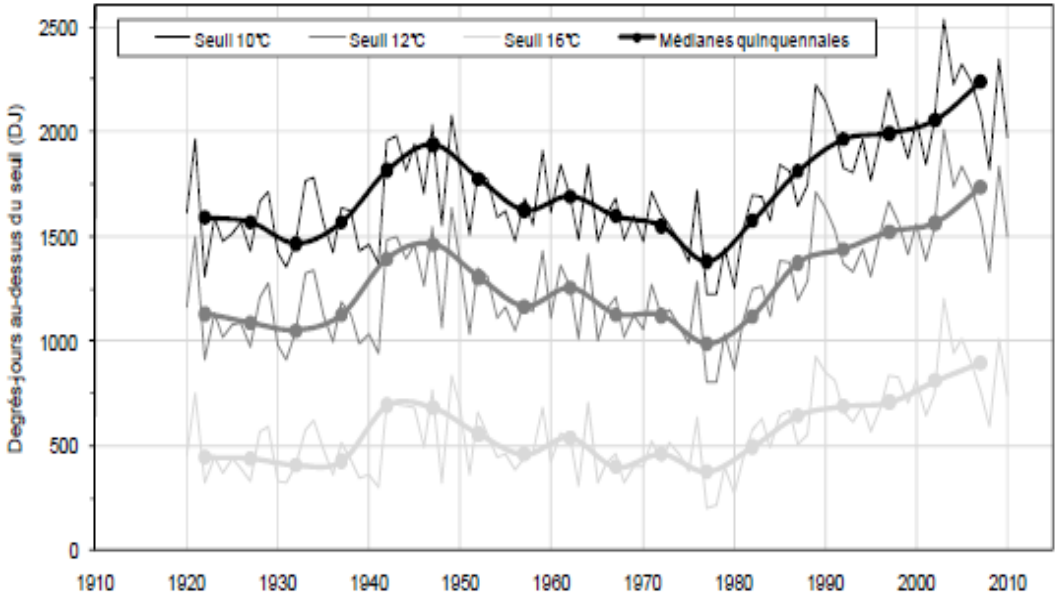


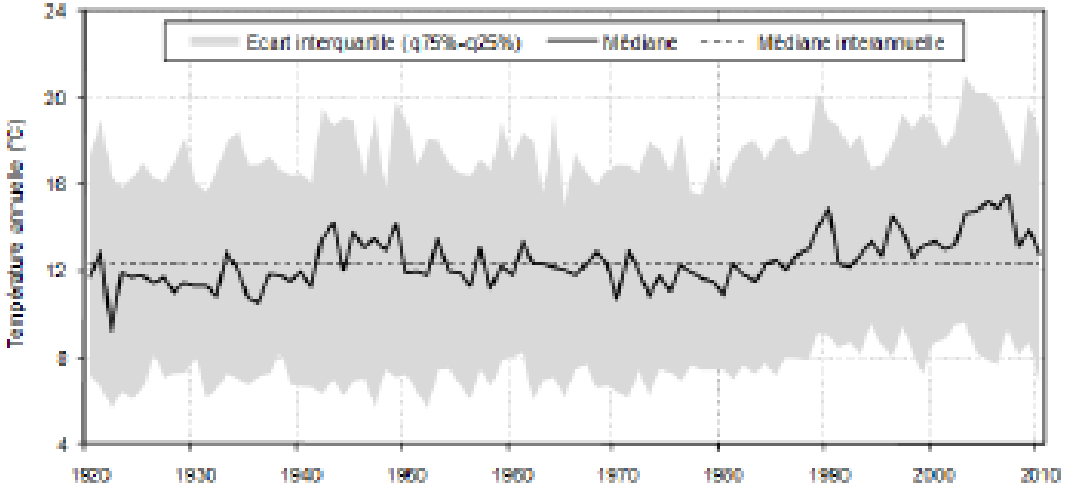
- Sur le Rhône, les **caractéristiques de températures chaudes** (mois le plus chaud par exemple) sont modifiées de **+1.5° C à +2° C** entre avant et après 1987
- **Sur les affluents** (Ain, Saône et Isère) l'augmentation de température est également de **+0.7° C en moyenne et de +1.7° C pour les températures caractéristiques des périodes chaudes**

EVOLUTION THERMIQUE SUR LONGUE PÉRIODE

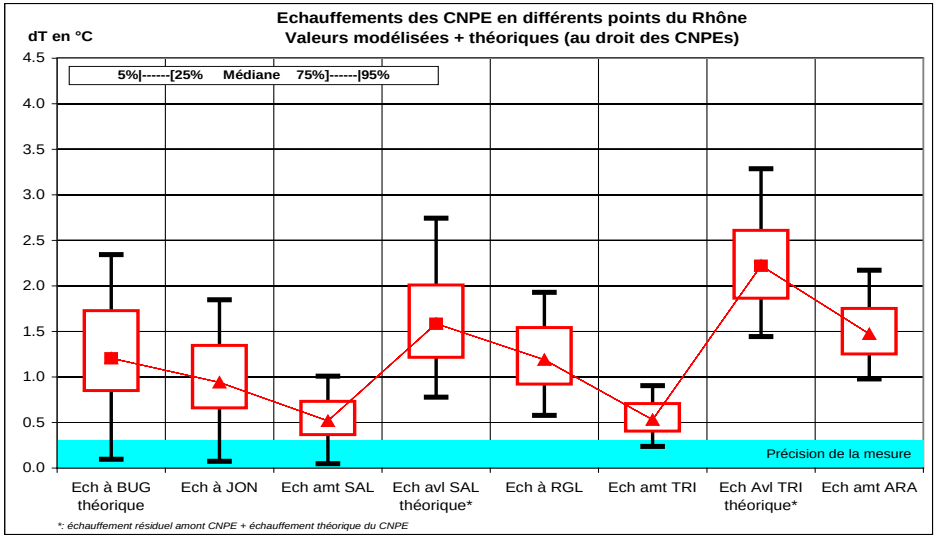
Evolution depuis 1920

- Grande cohérence avec les changements globaux (T_{air} notamment)
- Augmentation de la température annuelle de 0,5 ° C (Rhône amont) à 2° C (Bas Rhône et Saône) avec tendance plus lourde depuis 1970-80





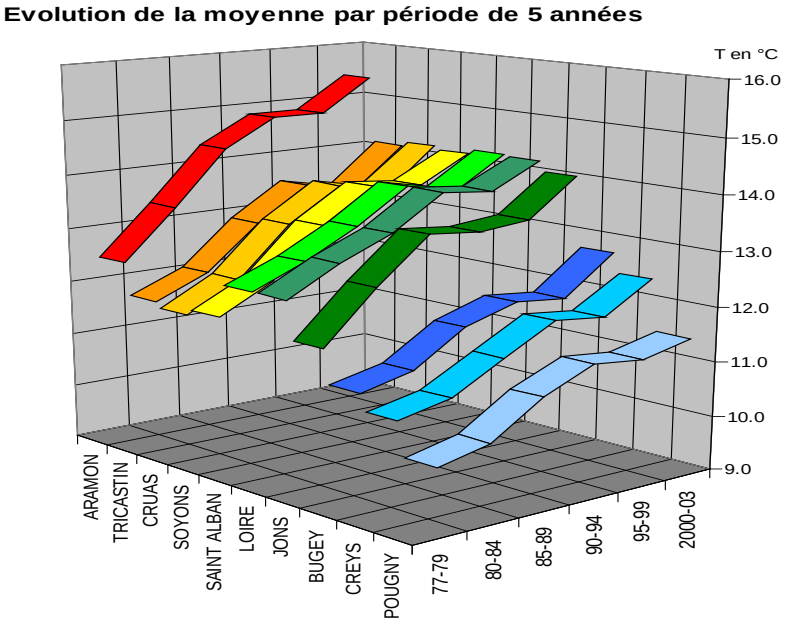
IMPACT RÉSIDUEL MOYEN DES SITES THERMIQUES



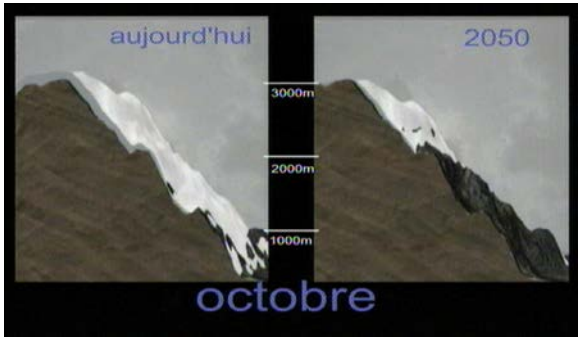
- **Les échauffements** liés aux rejets thermiques **ne s'additionnent pas** d'amont en aval mais **se conjuguent**.
- L'échauffement résiduel qui subsiste, de l'ordre **de 0.5 ° C à Saint-Alban et Tricastin** en moyenne est un facteur de second ordre de l'échauffement moyen du fleuve
- En été, quand la **température du fleuve est plus élevée** (> à 20° C dès l'amont de Bugey), **les échauffements** conservés sont plus **faibles qu'en moyenne et qu'en hiver**

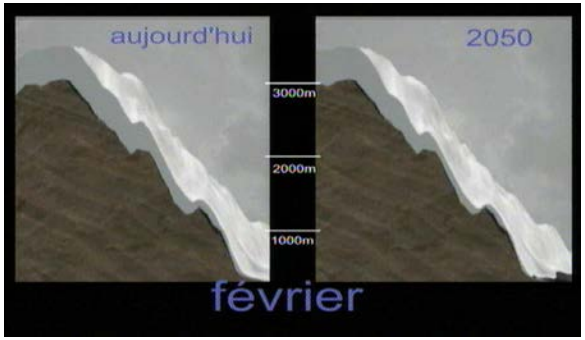
ENSEIGNEMENTS SUR LA THERMIE

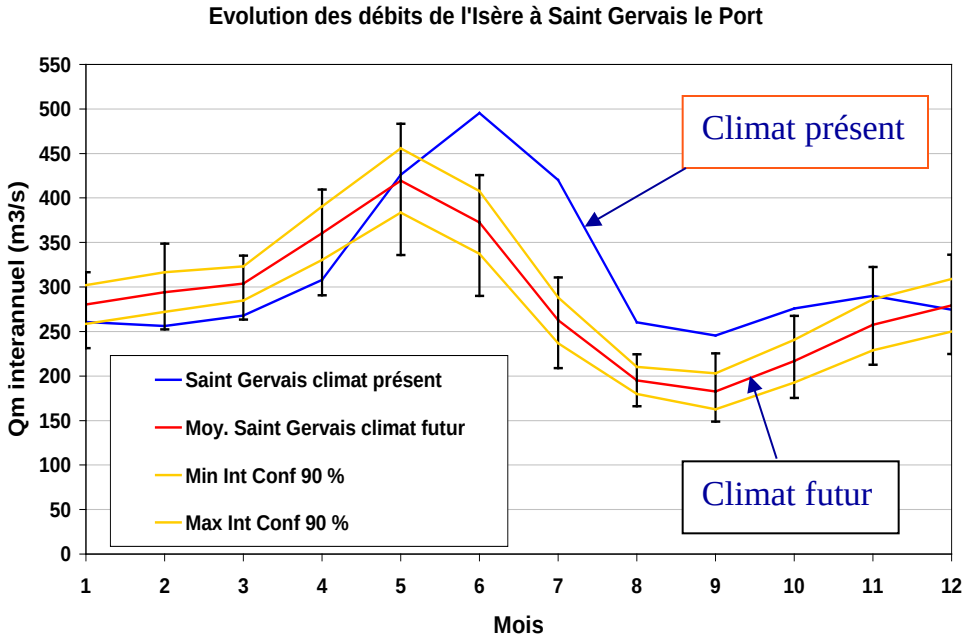
- Les principaux facteurs d'élévation de la température du fleuve sont la climatologie des températures de l'air, la propagation vers l'aval des températures sortant du Léman et le débit.
- Les échauffements consécutifs aux besoins de refroidissement des centrales de production d'électricité n'interviennent qu'au second ordre dans l'échauffement global du fleuve
- L'augmentation significative des températures de l'eau depuis 1920 a comme driver principal l'évolution des températures de l'air



IMPACT DU CC SUR L'ÉVOLUTION DES DÉBITS







- Moins de stock hydrique sous forme de neige
- Une fonte plus tôt dans l'année (1 mois) et plus faible en intensité (- 2 à - 32%)
- Un soutien d 'étiage affaibli : - 26 % en moyenne (- 8 à - 39 % selon simulation)
- Une lame d 'eau annuelle en moyenne diminuée de 9 % (de + 4 % à - 26 %)

CONCLUSION

- L'étude des **débits** et des **températures du Rhône à un niveau transfrontière** montre une **forte inter-action** entre les modes de gestion hydraulique et énergétique du Léman et du fleuve et les différents usages qui lui sont liés
- Les **outils réglementaires et conventionnels** qui existent entre la France et la Suisse et la **bonne coordination** entre opérateurs (SIG, CNR, EDF), permettent aujourd'hui **d'activer les leviers nécessaires** pour faire face aux crises actuelles (ex. 2011**)**
- Avec la mise en œuvre des 2èmes Plans de Gestion (2016-201) de la DCE, la gestion du fleuve va devenir plus sensible au fur et à mesure que la **pression climatique** deviendra plus forte
- Besoin de continuer à **améliorer les connaissances** sur la capacité du fleuve à répondre à l'ensemble des usages actuels et futurs – sous scénario de **changement climatique** – tout en améliorant les fonctionnalités des milieux aquatiques : **projets et actions de R&D transfrontières (CH, F)**