



L'étude thermique globale Rhône :

Les phases 1 à 4
2000-2012

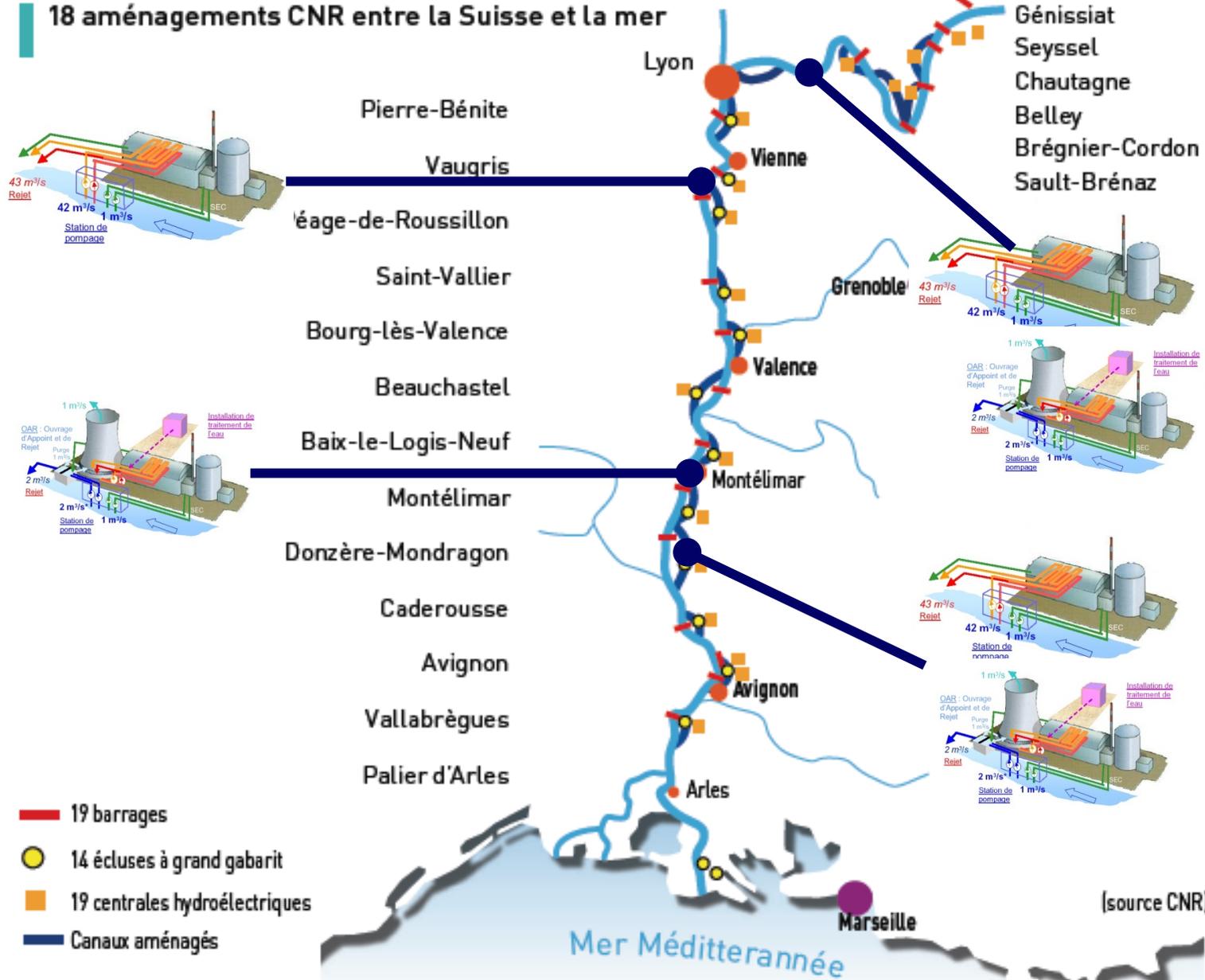
A. POIREL (EDF-DTG)



Le bassin du Rhône et les grands aménagements



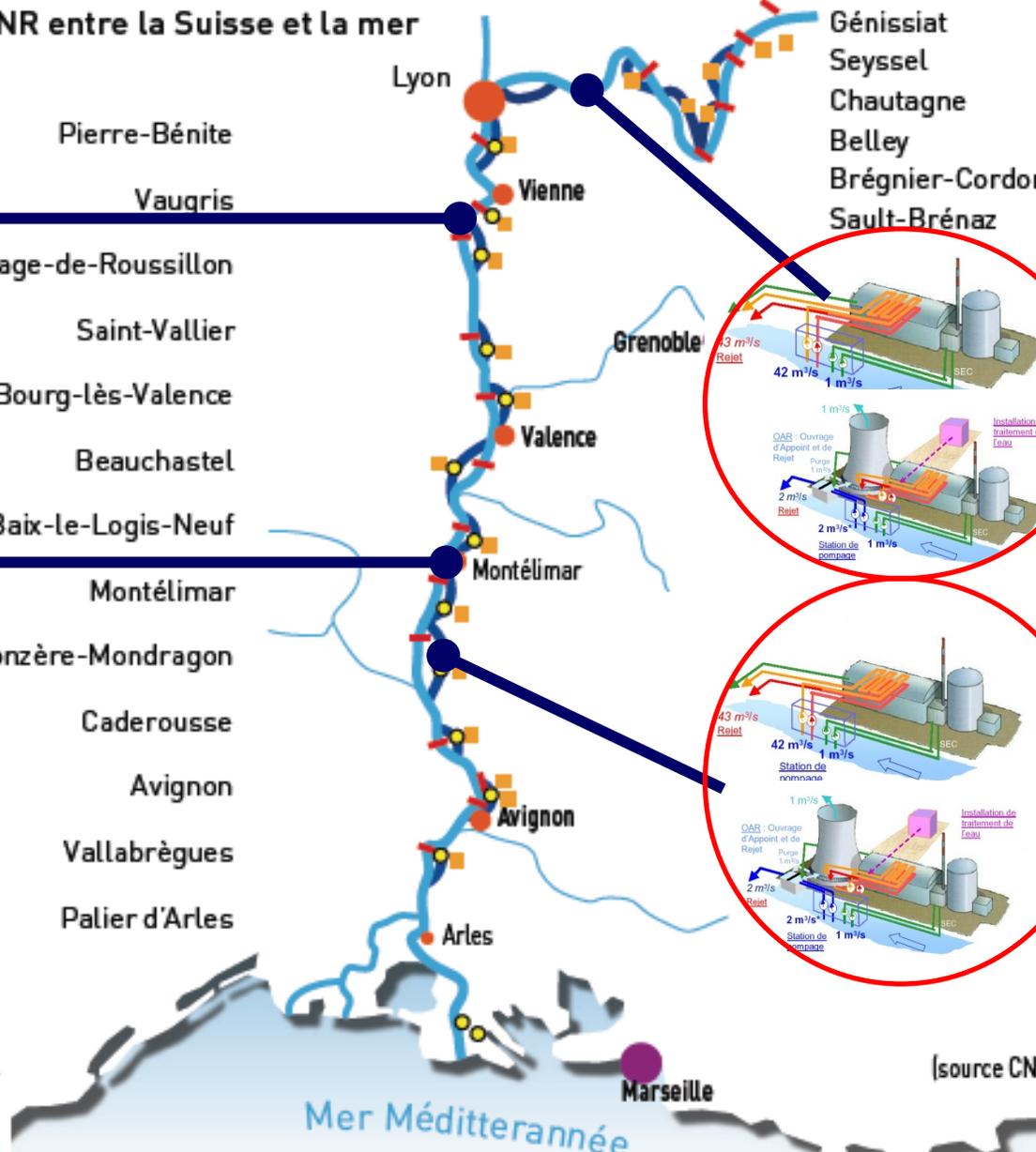
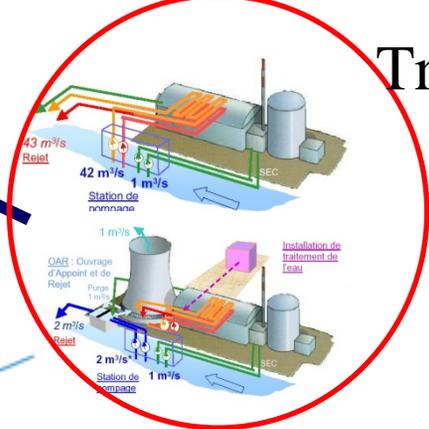
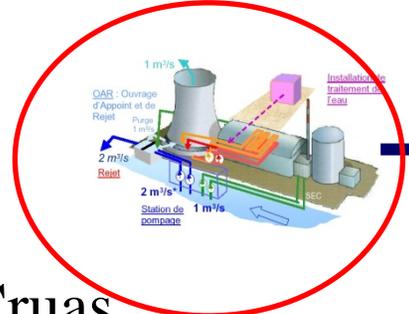
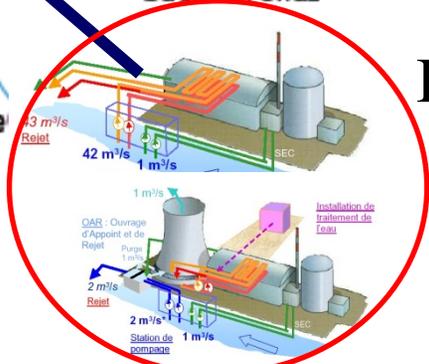
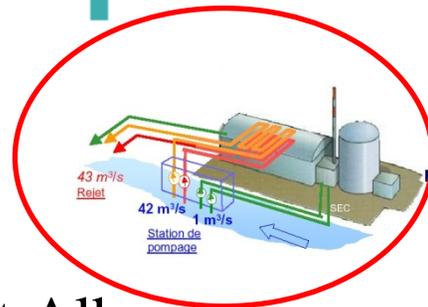
18 aménagements CNR entre la Suisse et la mer



Le bassin du Rhône et les grands aménagements



18 aménagements CNR entre la Suisse et la mer



St Alban

Bugey

Cruas

Tricastin

- 19 barrages
- 14 écluses à grand gabarit
- 19 centrales hydroélectriques
- Canaux aménagés

(source CNR)



Partie 1 : Les résultats scientifiques



Phase 1 : Quelle est l'histoire thermique du Rhône, comment la température de l'eau a-t-elle évolué depuis les années 1970

Phase 2 : Quels processus expliquent ces températures observées, Quelle est la part des rejets chauds des CNPE dans les températures observées

Phase 3 : Quel est l'histoire biologique du Rhône, Quelles sont les grandes évolutions constatées, Est-ce que les températures ou d'autres paramètres expliquent cette histoire.

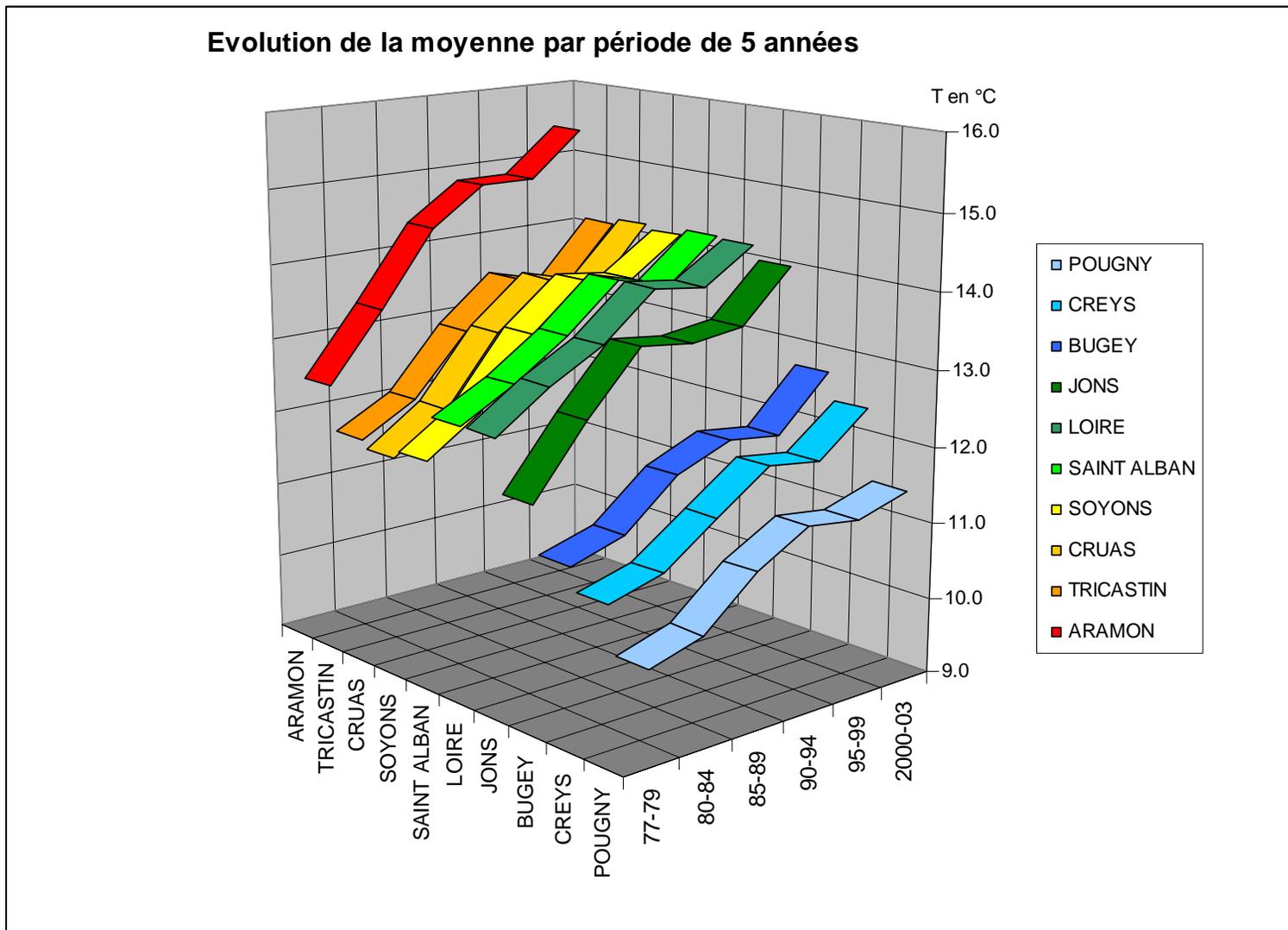
Phase 4 (en cours) : zoom sur des « verrous » scientifiques, nouvelles approches historiques (contextualisation de l'histoire) ou locales (passage de la connaissance « en moyenne » à la connaissance de détail proche du rejet).



1.1 : Résultats de la Phase 1



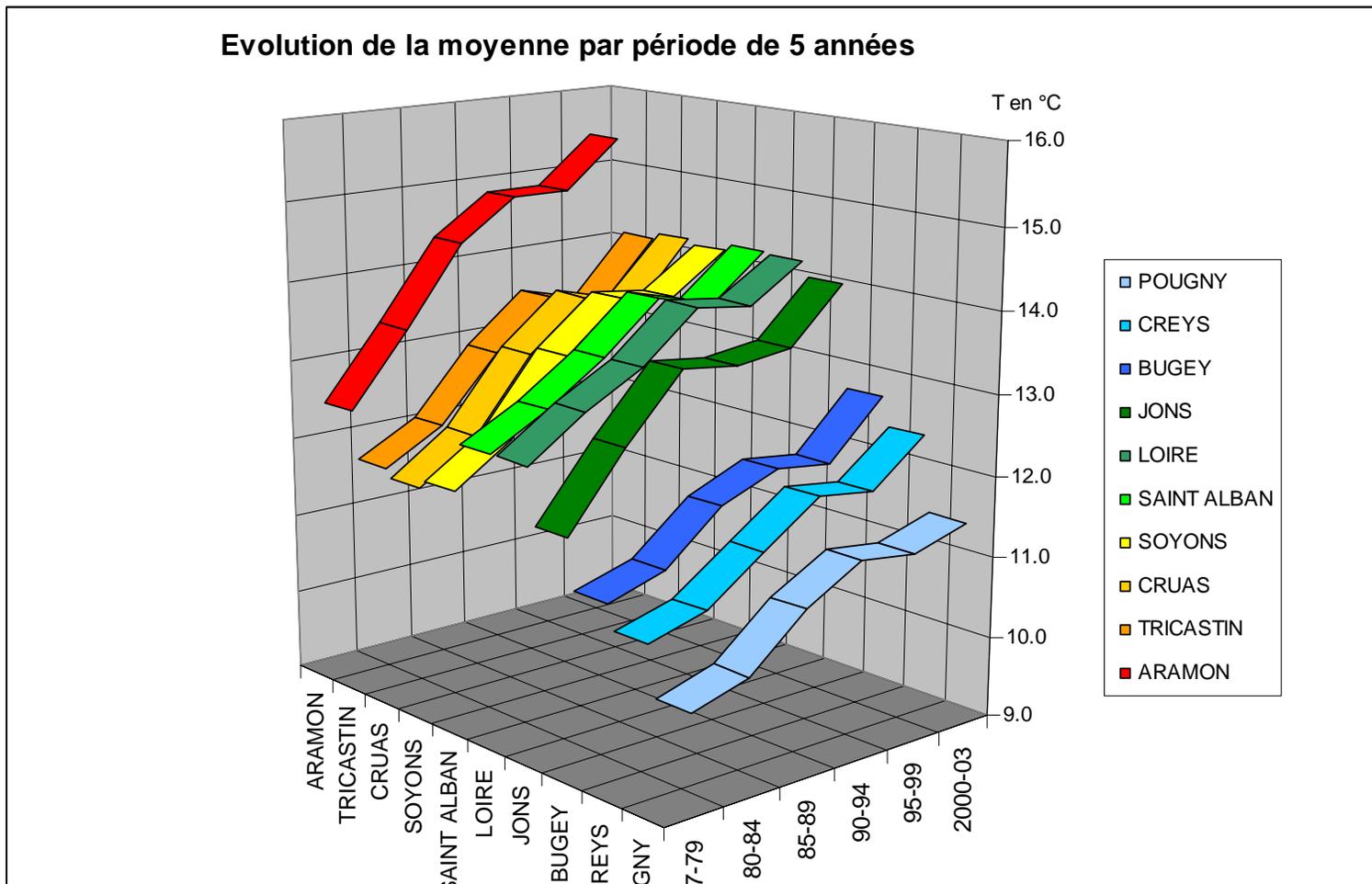
Etude 2000-2003 – percutée par la canicule – réactualisée 2004



1.1 : Résultats de la Phase 1

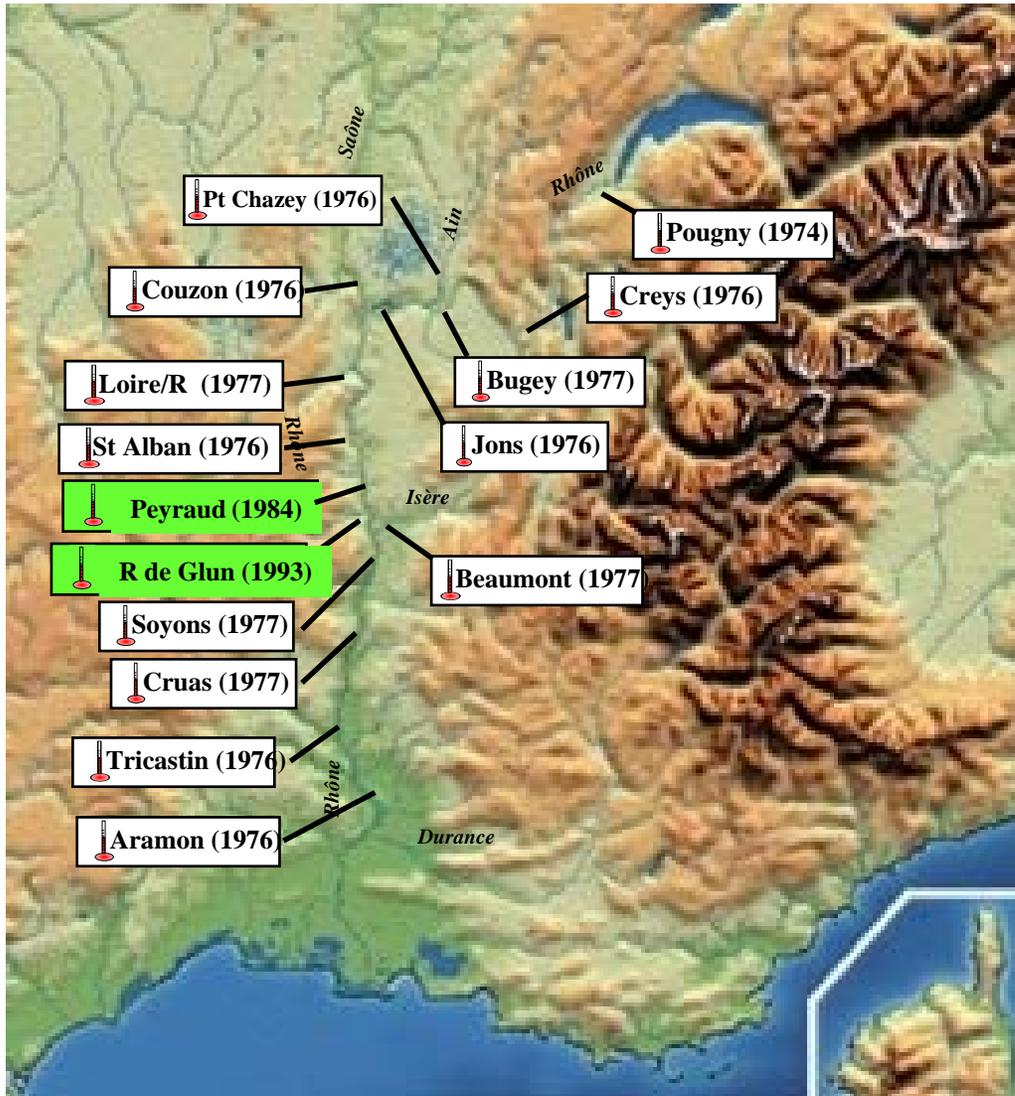


Etude 2000-2003 – percutée par la canicule – réactualisée 2004



Il y a une évolution amont-aval et temporelle des températures de l'eau y compris celles des affluents, y compris en amont des CNPE

Phase 1 : l'état thermique du fleuve



Description statistique fine des longues séries (1978-1999) de températures de l'eau mesurées sur le Rhône du Léman à la Méditerranée

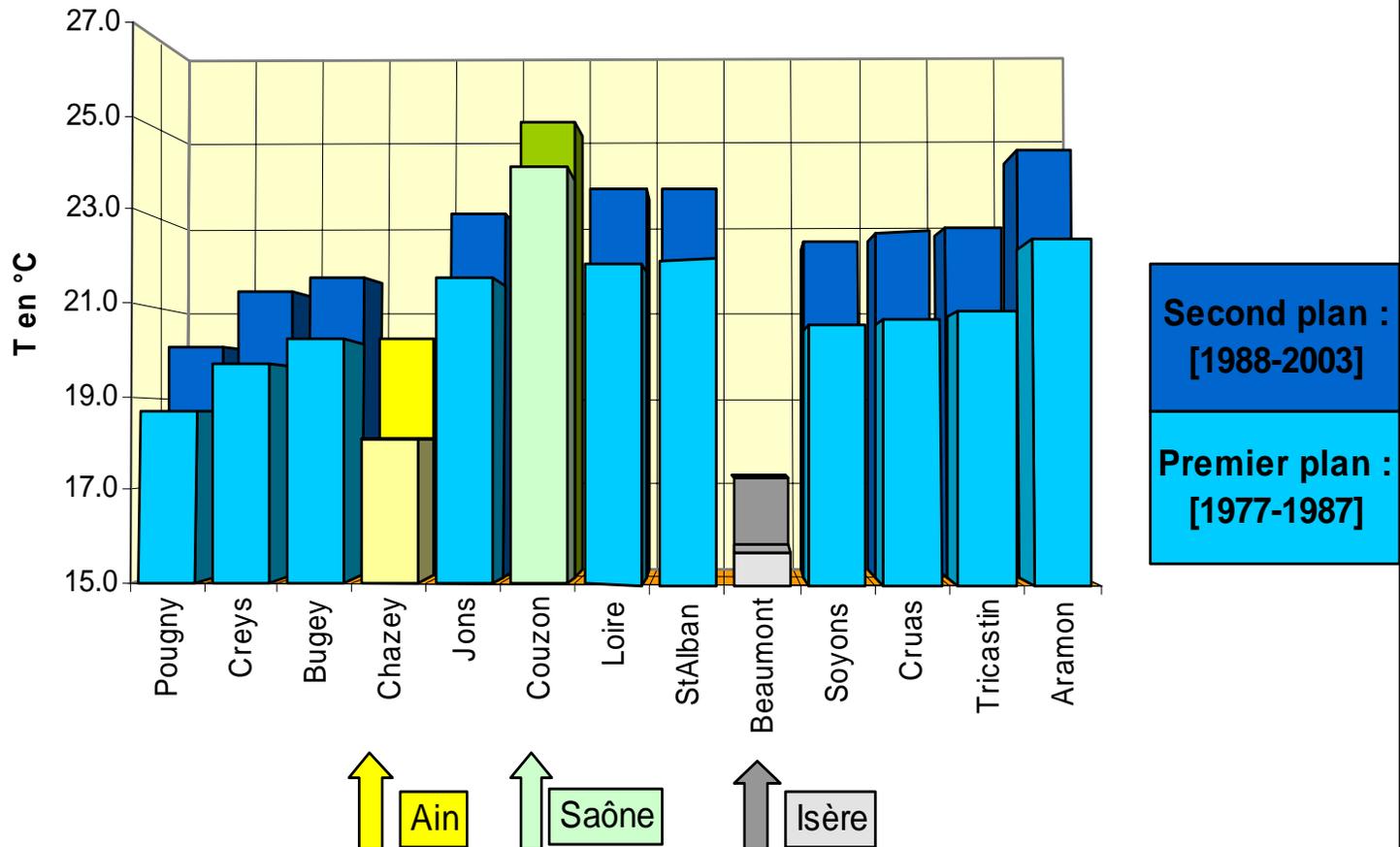
Suite à la Canicule de 2003, il a été décidé de réactualiser la phase 1 en préalable à la phase 2 en ajoutant les années 2000-2003



Phase 1 : l'état thermique du fleuve



Evolution comparée sur 2 périodes de la température moyenne du mois le plus chaud de période de retour 5 ans



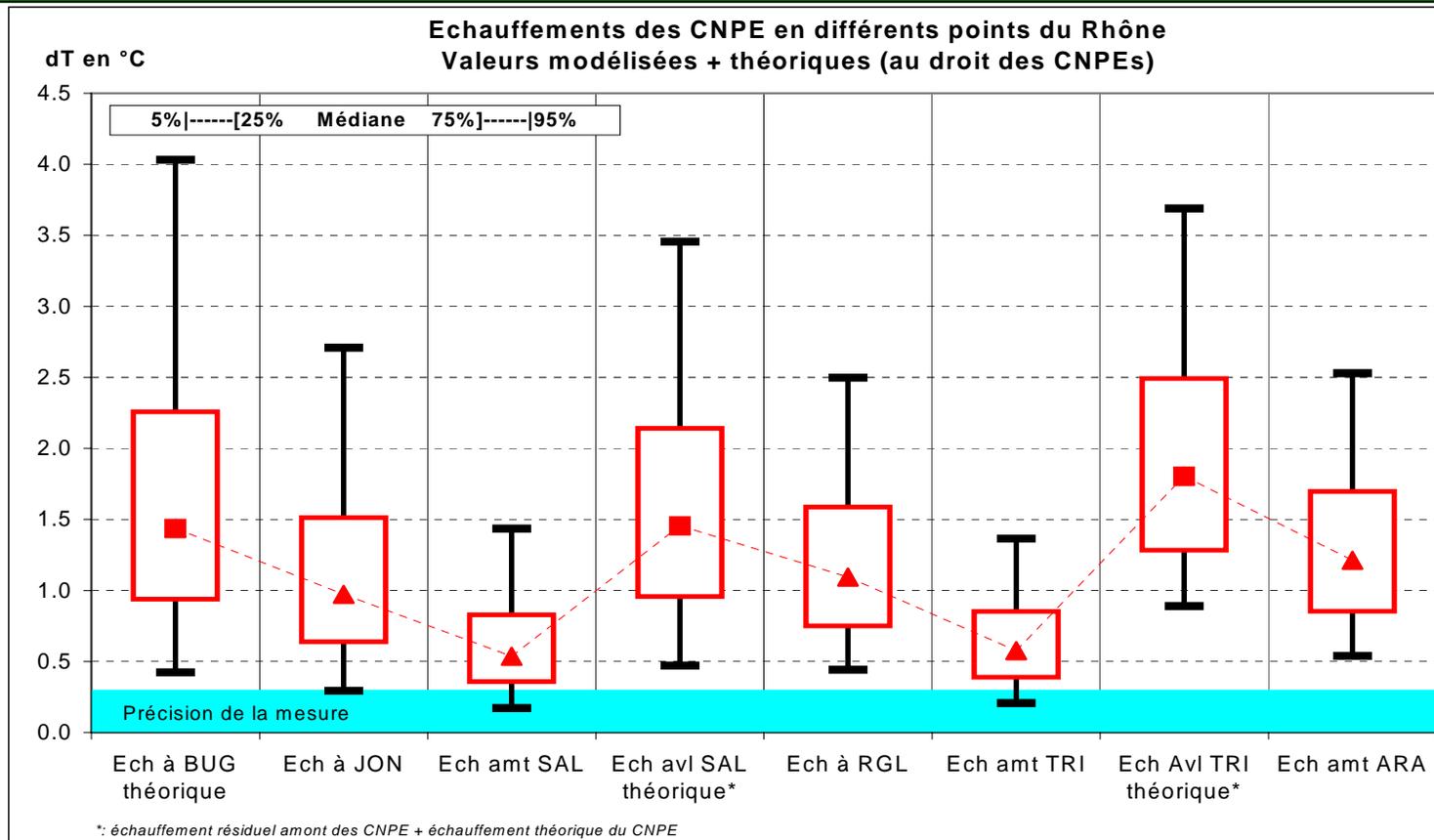


Les conclusions de la phase 1 :

- **Augmentation** des températures **d'amont en aval** mais aussi **avec le temps**
- Evolutions temporelles centrées sur la **période printanière et estivale**
- Le **Rhône n'est pas à l'équilibre avec l'atmosphère** : la T°Eau à Arles dépend de la T°Eau à Genève... il s'en est approché en 2003.
- **L'Isère joue un rôle d'affluent froid** comme l'Arve (effets contradictoires en 2003 avec des températures supérieures à la normale compensées par des débits forts dus aux apports glaciaires).
- La **dérive temporelle** débute vers 1987-88 avec des températures de 1°C à 2°C plus chaudes aujourd'hui

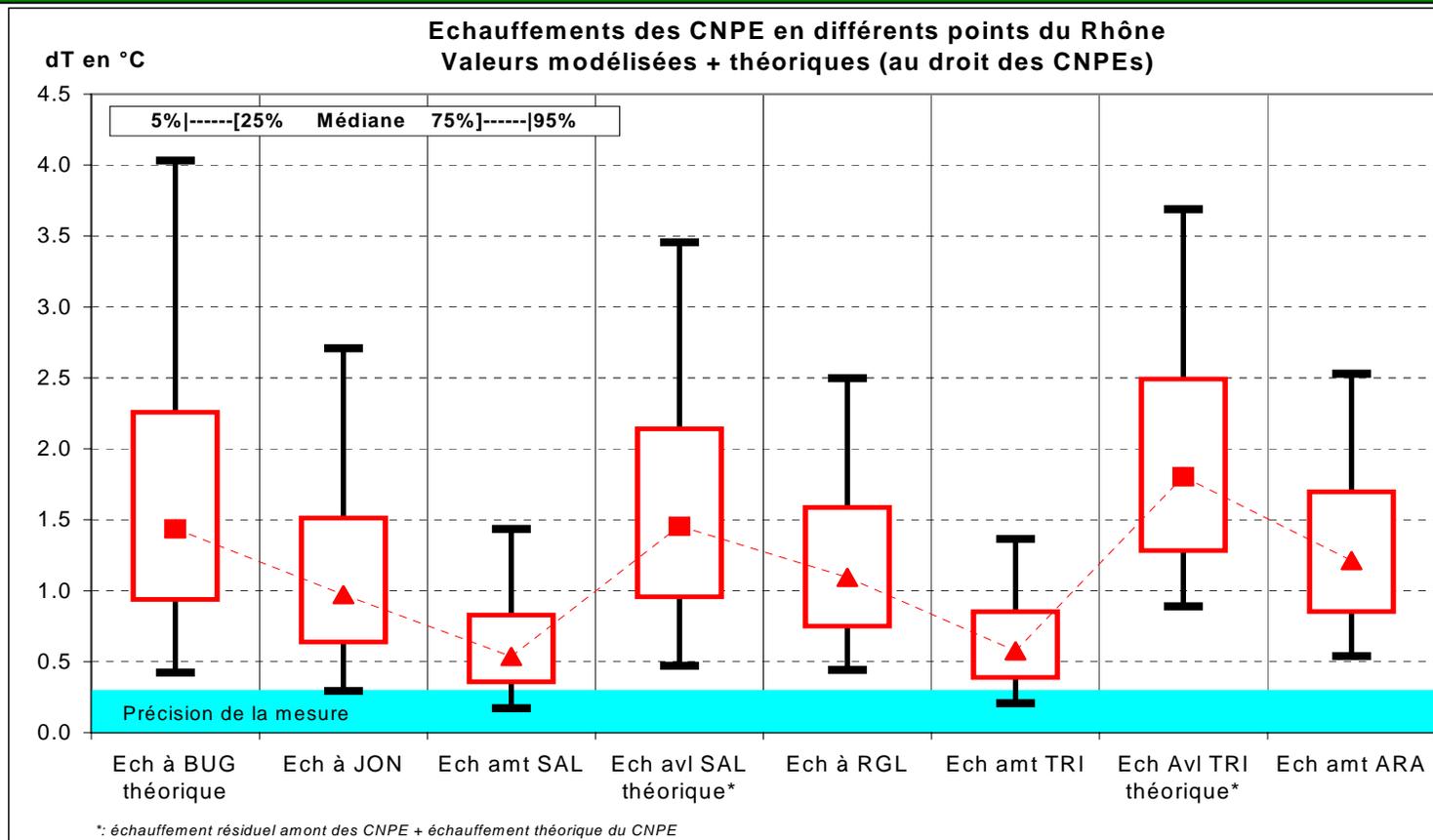
Avec la réactualisation qui inclus les données 2000-2003, les statistiques calculées sur 1977-1999 sont peu modifiées (mais toujours à la hausse) avec 4 années supplémentaires : confirme la stabilité des indicateurs thermiques établis sur plus de 20 années.

1.2 : Résultats de la Phase 2



Période 1991-2003

1.2 : Résultats de la Phase 2



Il n'y a pas cumulo des échauffements d'amont en aval mais il subsiste un résiduel variable le long du Fleuve, conjugaison de multiples facteurs. Pour un échauffement théorique médian de 3.5°C, il subsiste un échauffement résiduel médian de 1°C à Aramon



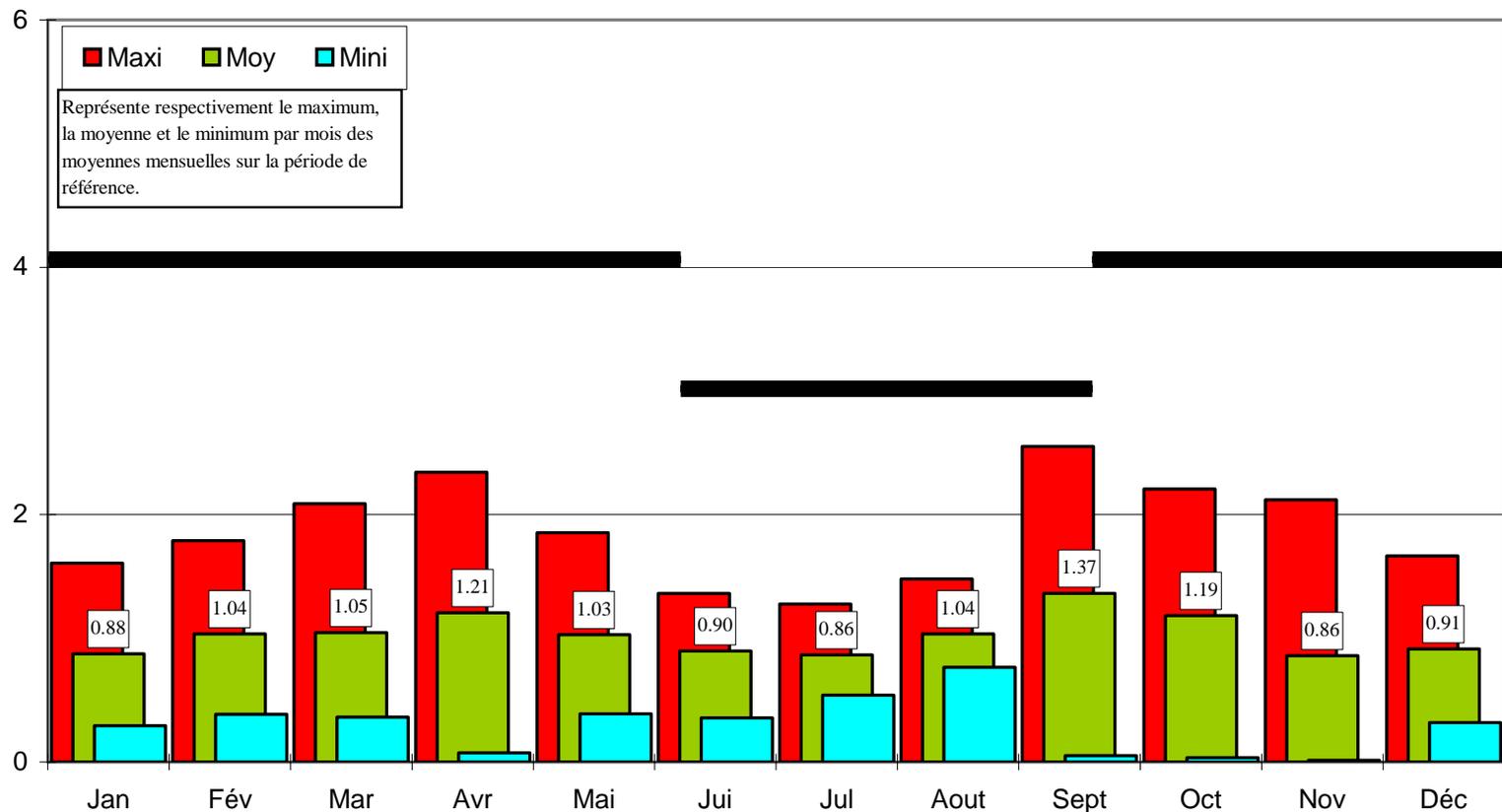
1.2.1 : Les échauffements théoriques des CNPE



Structure des échauffements calculés à partir de la Puissance évacuée et du Débit du Rhône sur le CNPE de St Alban

5 - Régime annuel sur les moyennes mensuelles

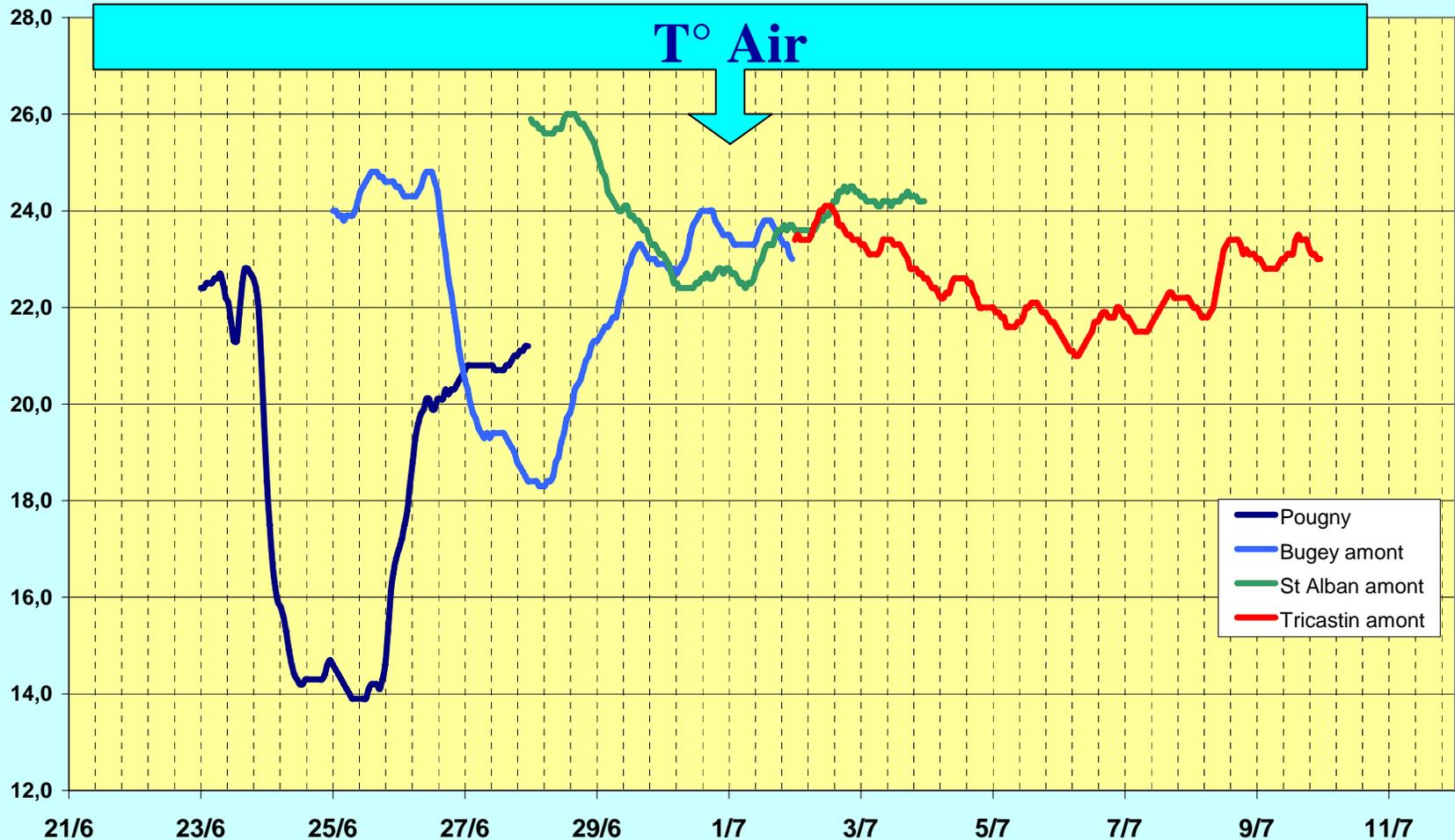
ECH en °C



1.2.2 : Fonctionnement thermique du Rhône



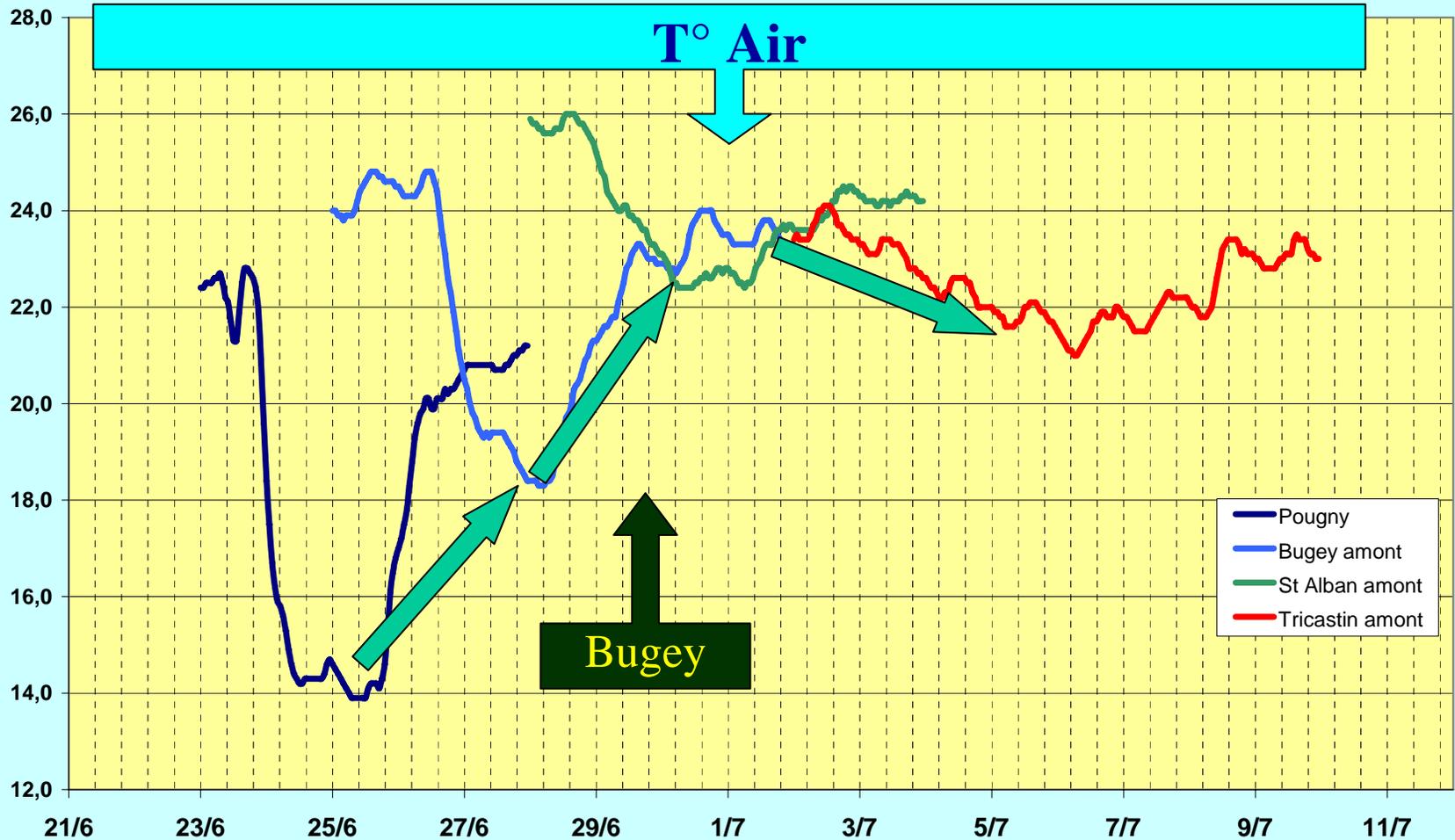
Suivi longitudinal de la "goutte froide" du 24 juin 2003 :
mise en évidence des phénomènes de transfert amont-aval



1.2.2 : Fonctionnement thermique du Rhône



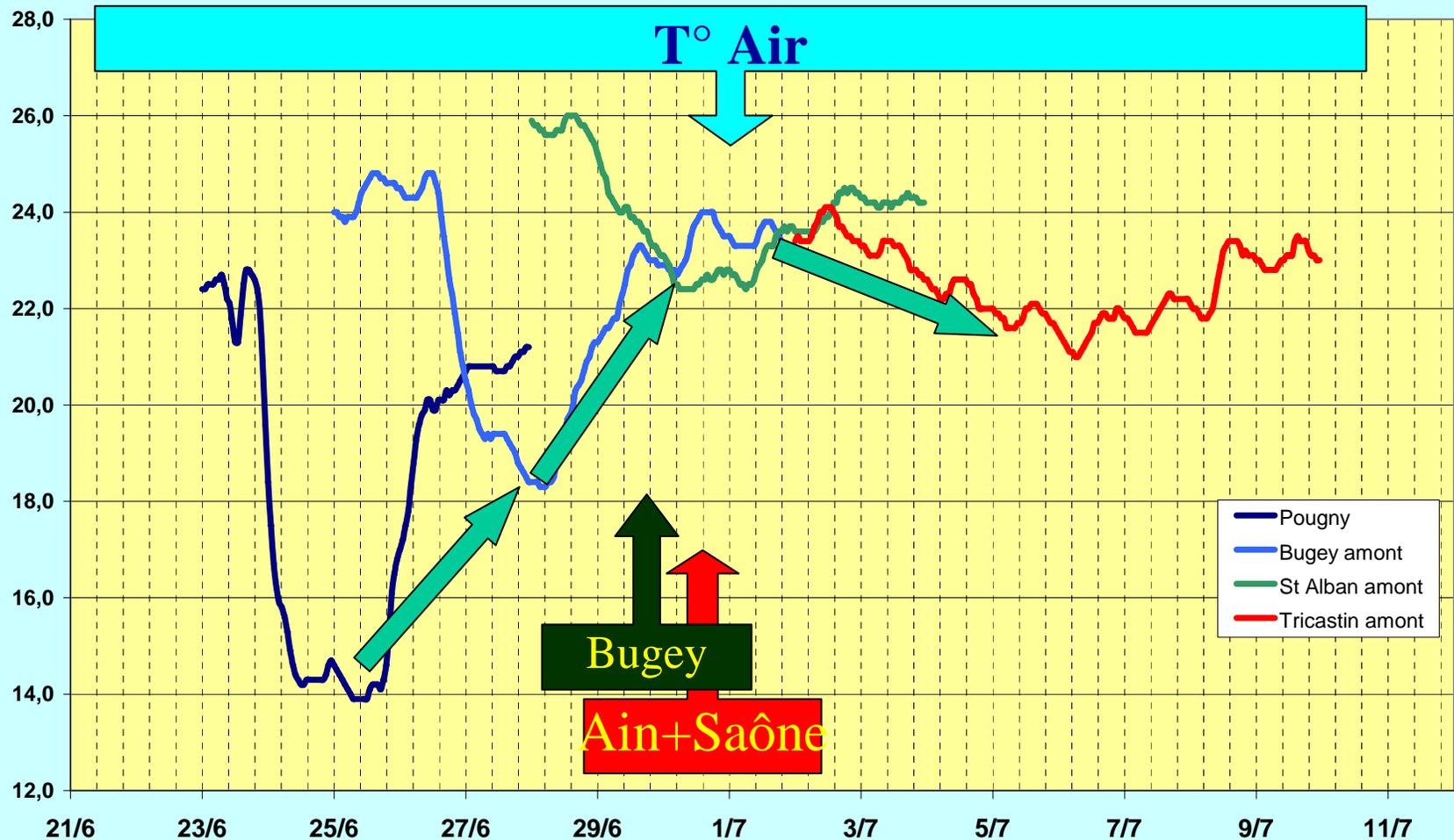
Suivi longitudinal de la "goutte froide" du 24 juin 2003 :
mise en évidence des phénomènes de transfert amont-aval



1.2.2 : Fonctionnement thermique du Rhône



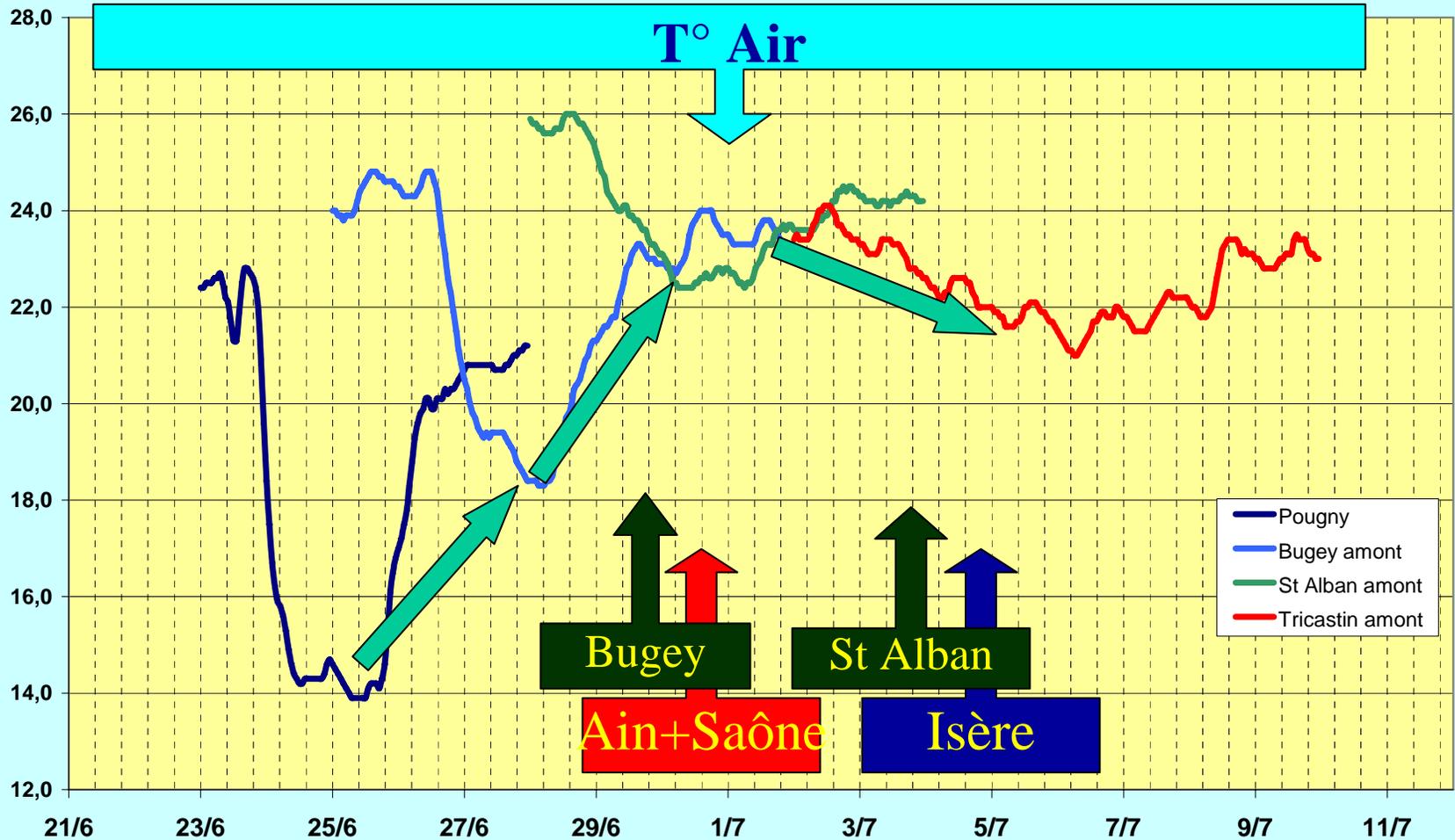
Suivi longitudinal de la "goutte froide" du 24 juin 2003 :
mise en évidence des phénomènes de transfert amont-aval



1.2.2 : Fonctionnement thermique du Rhône



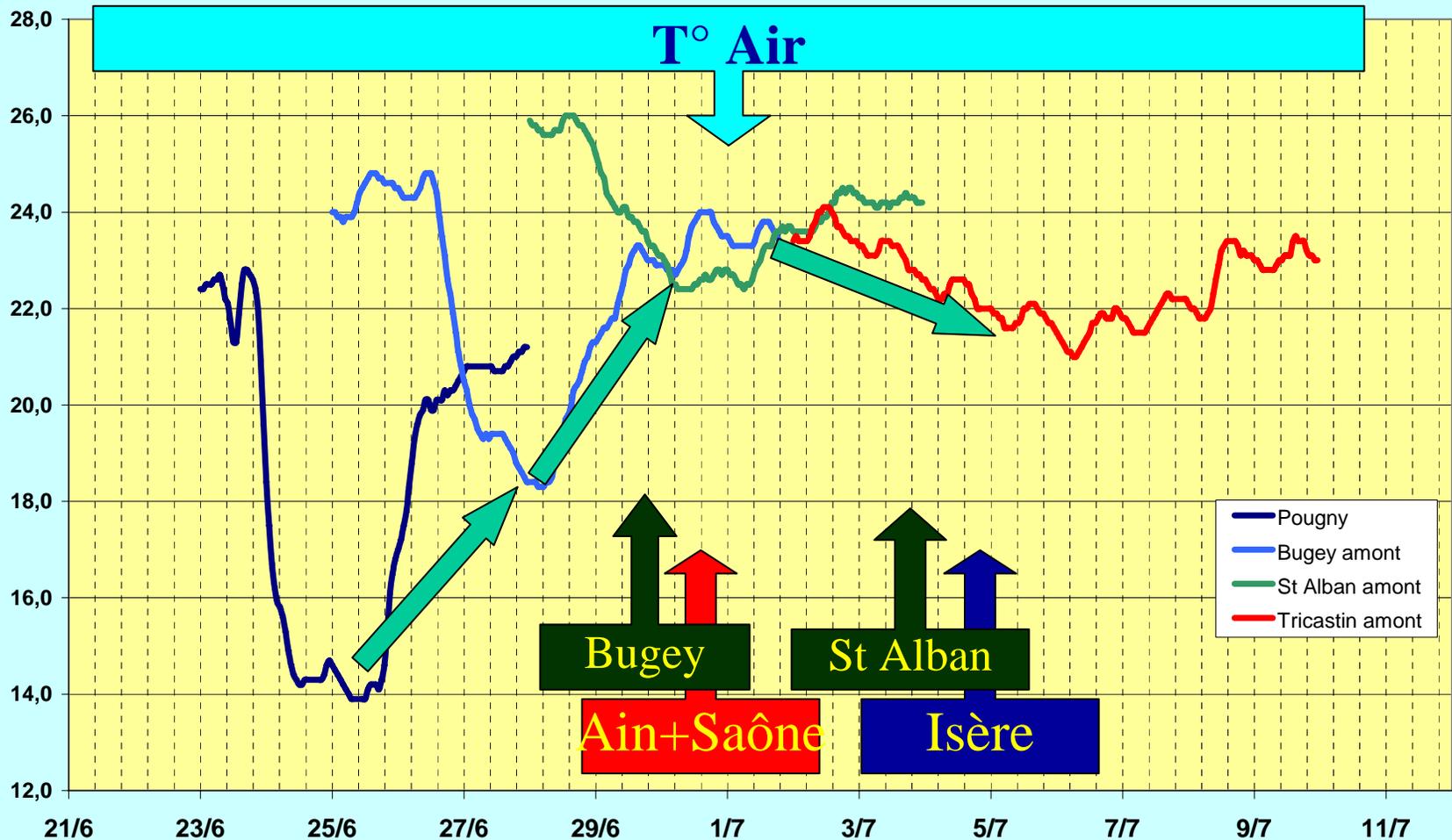
Suivi longitudinal de la "goutte froide" du 24 juin 2003 :
mise en évidence des phénomènes de transfert amont-aval



1.2.2 : Fonctionnement thermique du Rhône

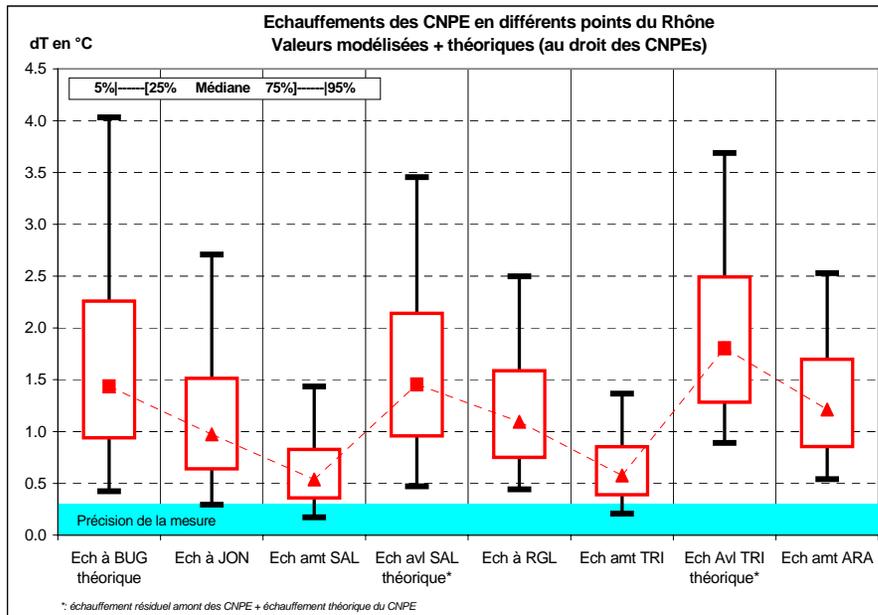


Suivi longitudinal de la "goutte froide" du 24 juin 2003 :
mise en évidence des phénomènes de transfert amont-aval

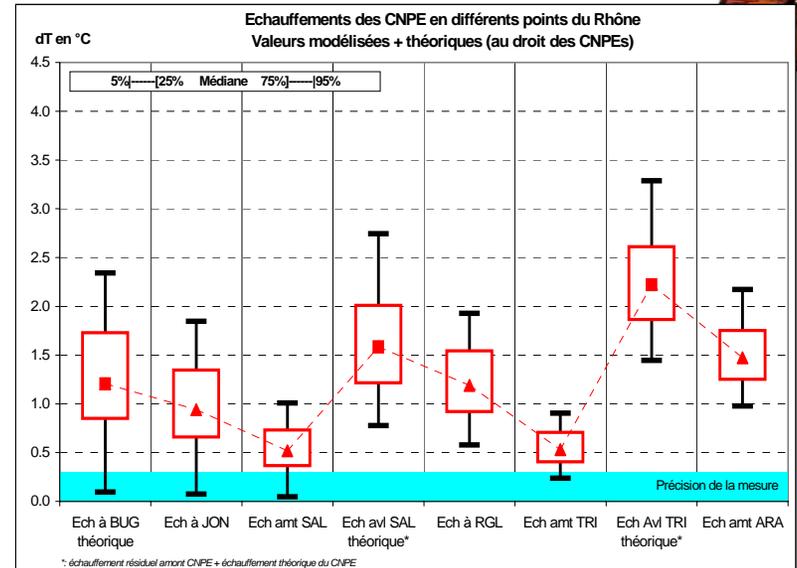


Le transfert amont-aval des températures de l'eau est influencé par la température de l'air, la dilution des affluents et les rejets thermiques

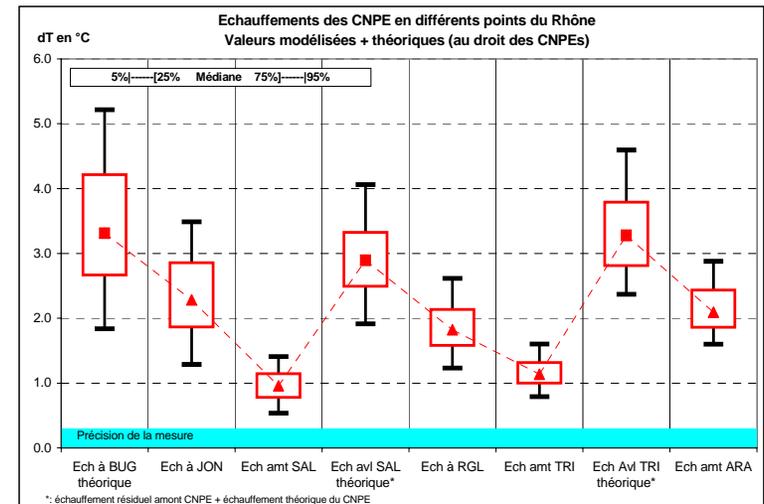
1.2.3 : échauffements moyens et extrêmes



Période 1991-2003



Tam Bugey > 20°C



Somme des éch. > 6°C

A. POIREL - Connaissances et fleuve Rhône : 02/02/2012

1.2. : Conclusions de la Phase 2



- **Complexité des phénomènes expliquant la température** : 1) propagation amont-aval; 2) climatologie- $T^{\circ}\text{Air}$; 3) rejets thermiques ; 4) débits ;
- **les Echauffements médians du Rhône sont dans la gamme $[0.5 - 1.7]^{\circ}\text{C}$, y compris à l'aval immédiat des CNPE**
- **Confirmation du non-cumul des échauffements d'amont en aval mais existence d'un échauffement résiduel d'un site sur l'autre**

Somme des échauffements instantanés des 3 CNPE = 3.5°C

il en reste un résiduel = $+1^{\circ}\text{C}$ par rapport à la $T^{\circ}\text{Naturelle}$ à l'aval du Rhône (Aramon)

- **Lorsque les températures d'eau amont sont élevées, les échauffements des CNPE sont plus faibles en moyenne.**
- **Les forts échauffements, correspondent à des bas débits et à des températures d'eau plutôt fraîches ; ils se dissipent donc plus rapidement.**



1.3 : Résultats de la Phase 3



Faune :

- Une dérive des populations sous l'effet de la chimie des eaux et des grandes crues et canicules
- Pas de différence entre l'amont et l'aval des centrales

1992-2001:
Augmentation de T et/ou "baisse" O2

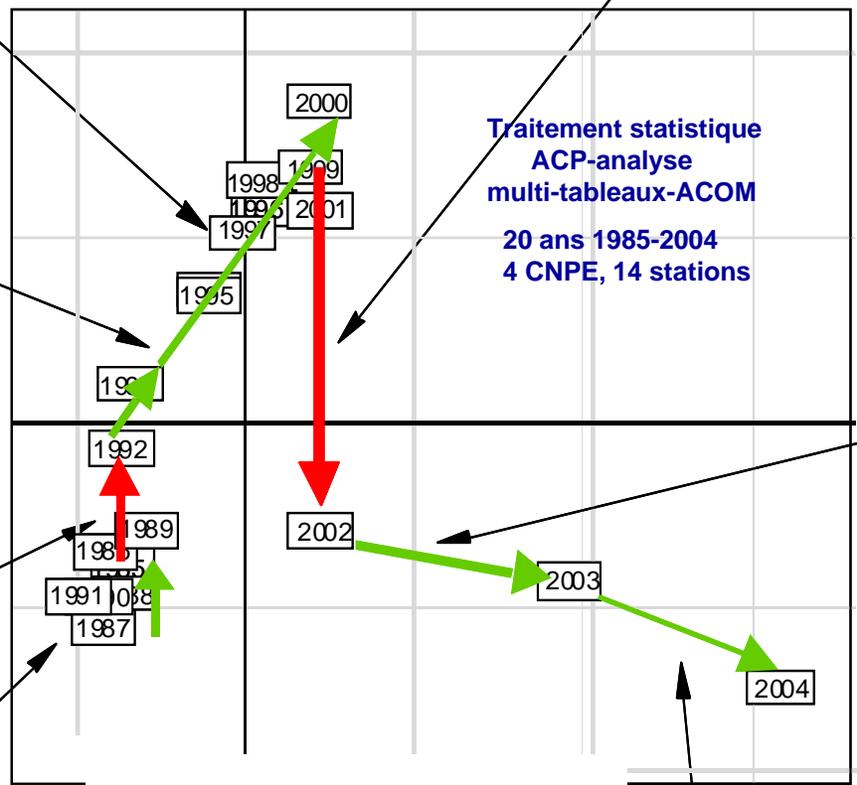
Crues
mars 2001 - nov. 2002

Crues
hiver 93-94

Traitement statistique
ACP-analyse
multi-tableaux-ACOM
20 ans 1985-2004
4 CNPE, 14 stations

1985-1991 vs. 1992:
Effet de l'amélioration de l'O2
(compensation temp. vs. chimie
et/ou effet retard des conditions
89-90 (T élevée et Q faible)

1985-1991:
Amélioration de la chimie et
effet ponctuel du débit (89-90)



Canicule

Structure temporelle des macro-invertébrés

Postcanicule

Source : JF.Fruget & P.Bady

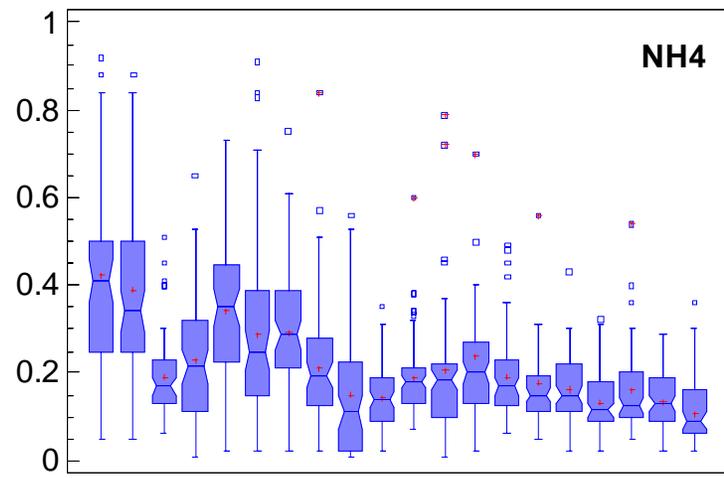
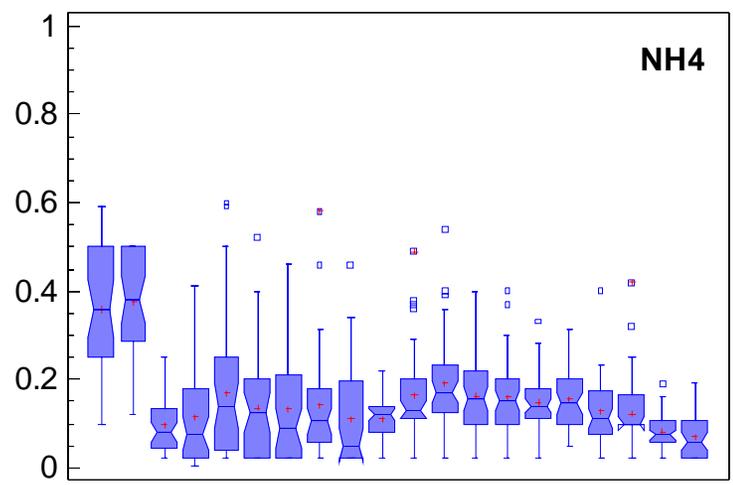
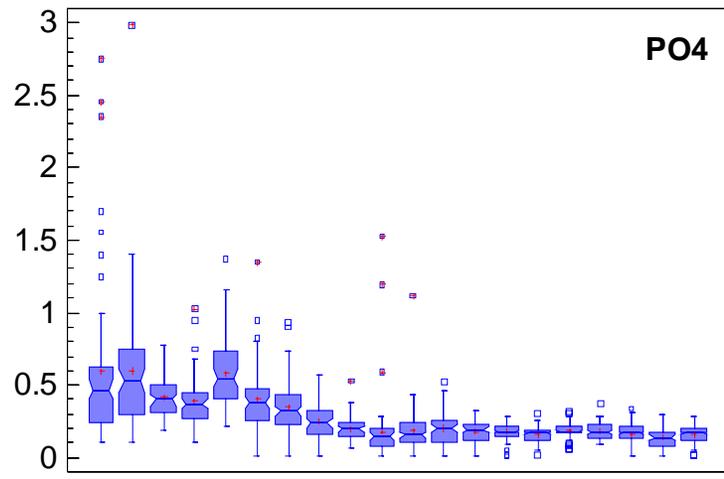
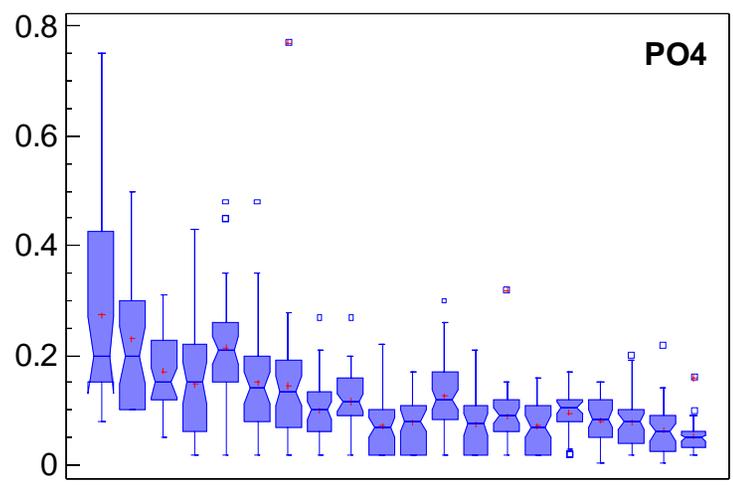


1.3.1 : Evolutions chimiques



Haut-Rhône

Bas-Rhône

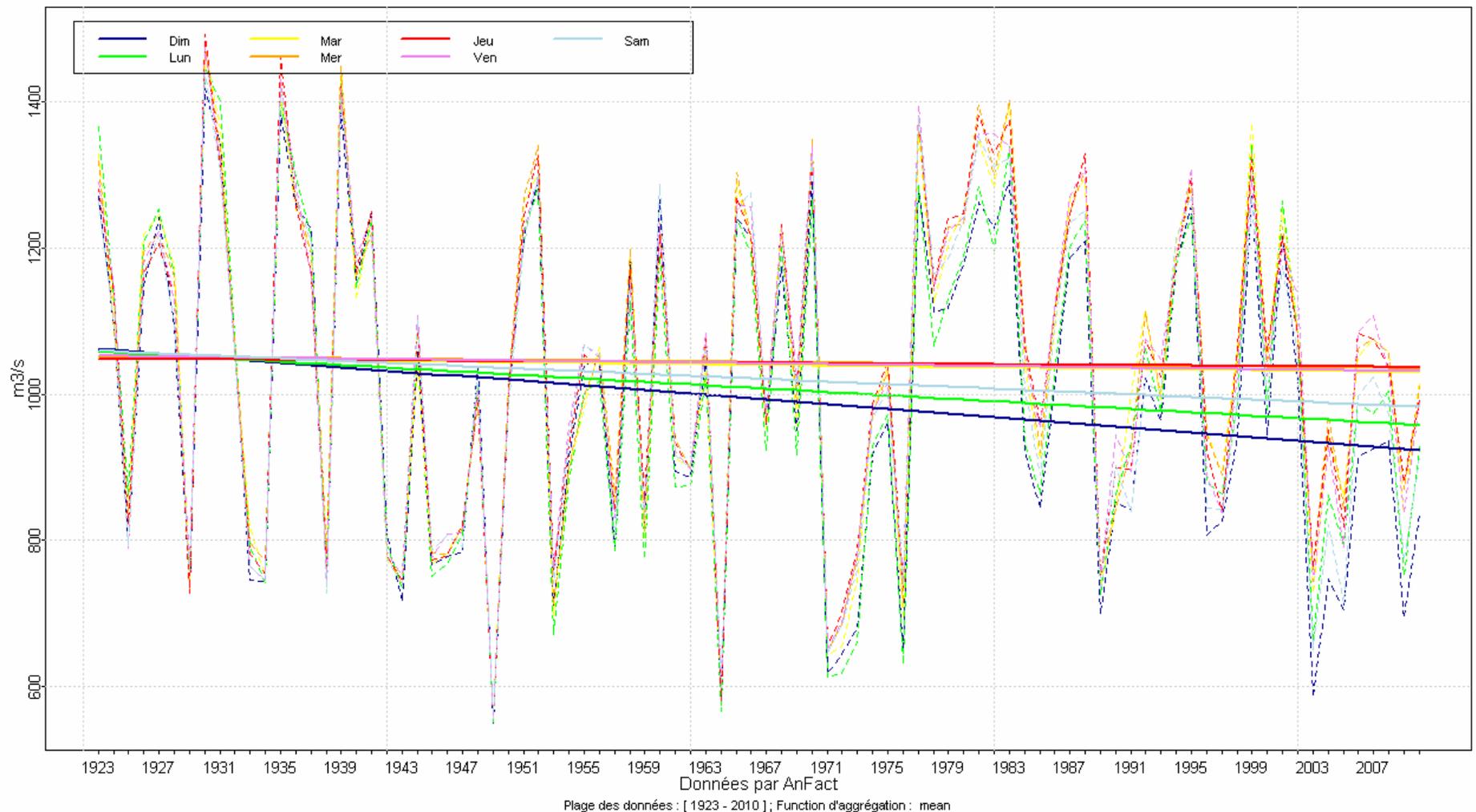


Une diminution notable de certains polluants sur la période



1.3.2 : Evolutions hydrologiques

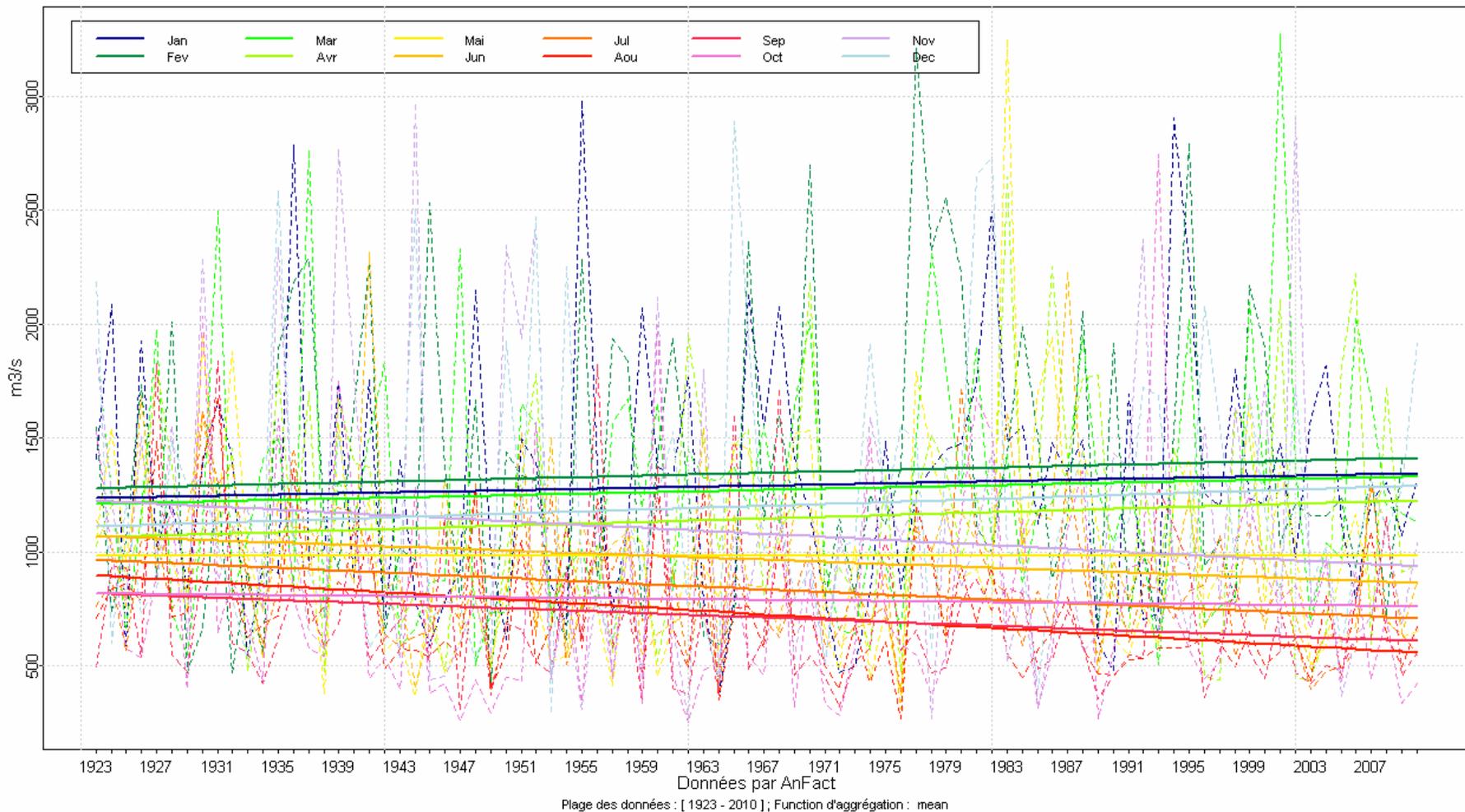
Tendances [Par-An x Par-JourSemaine] du Débit à TERNAY



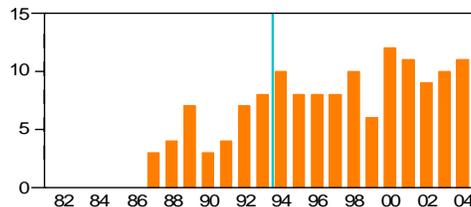
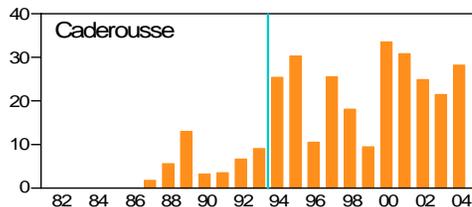
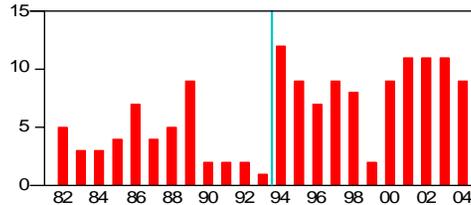
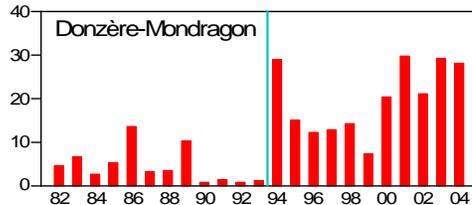
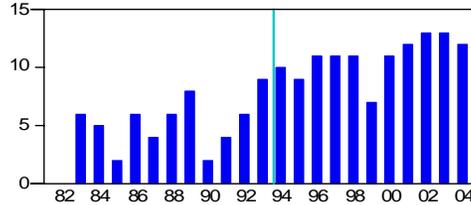
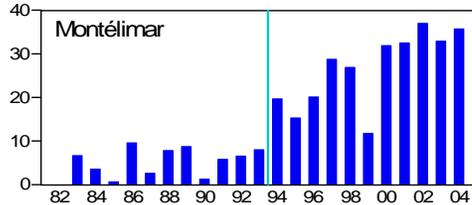
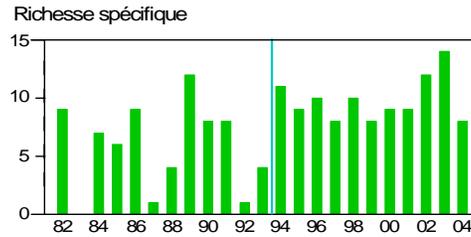
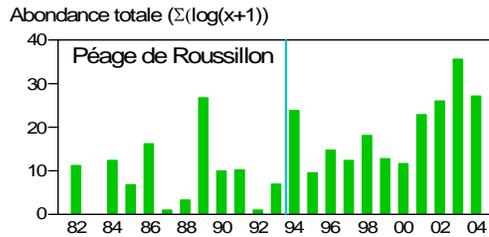
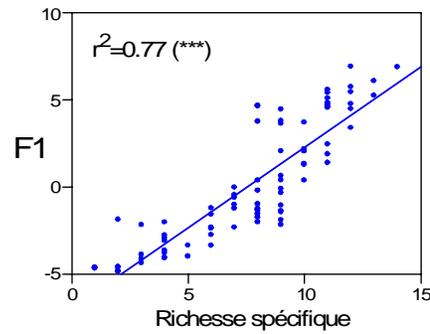
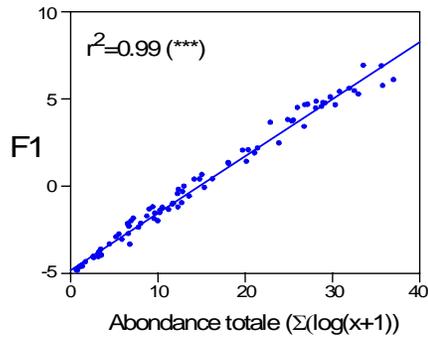
1.3.2 : Evolutions hydrologiques



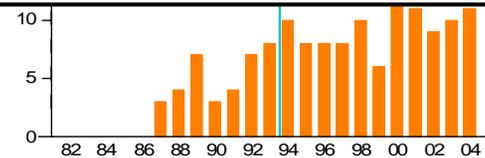
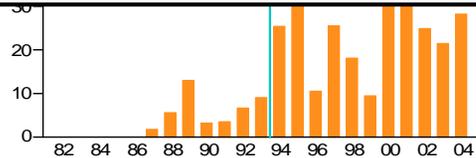
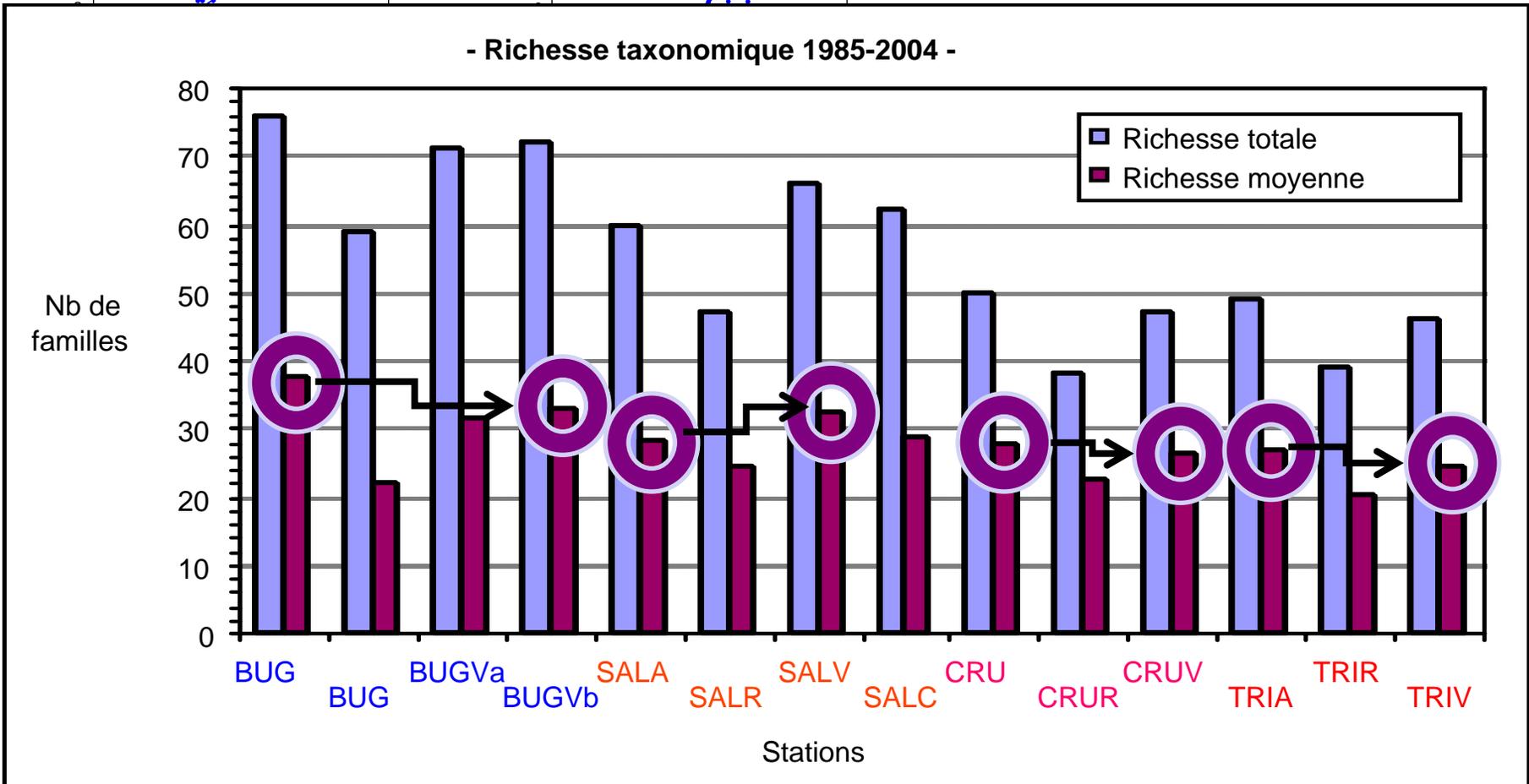
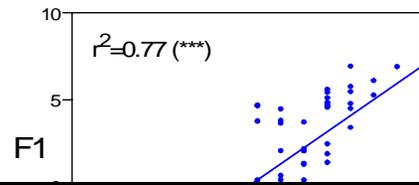
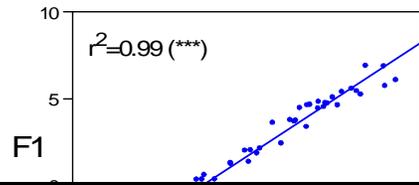
Tendances [Par-An x Par-Mois] du Débit à TERNAY



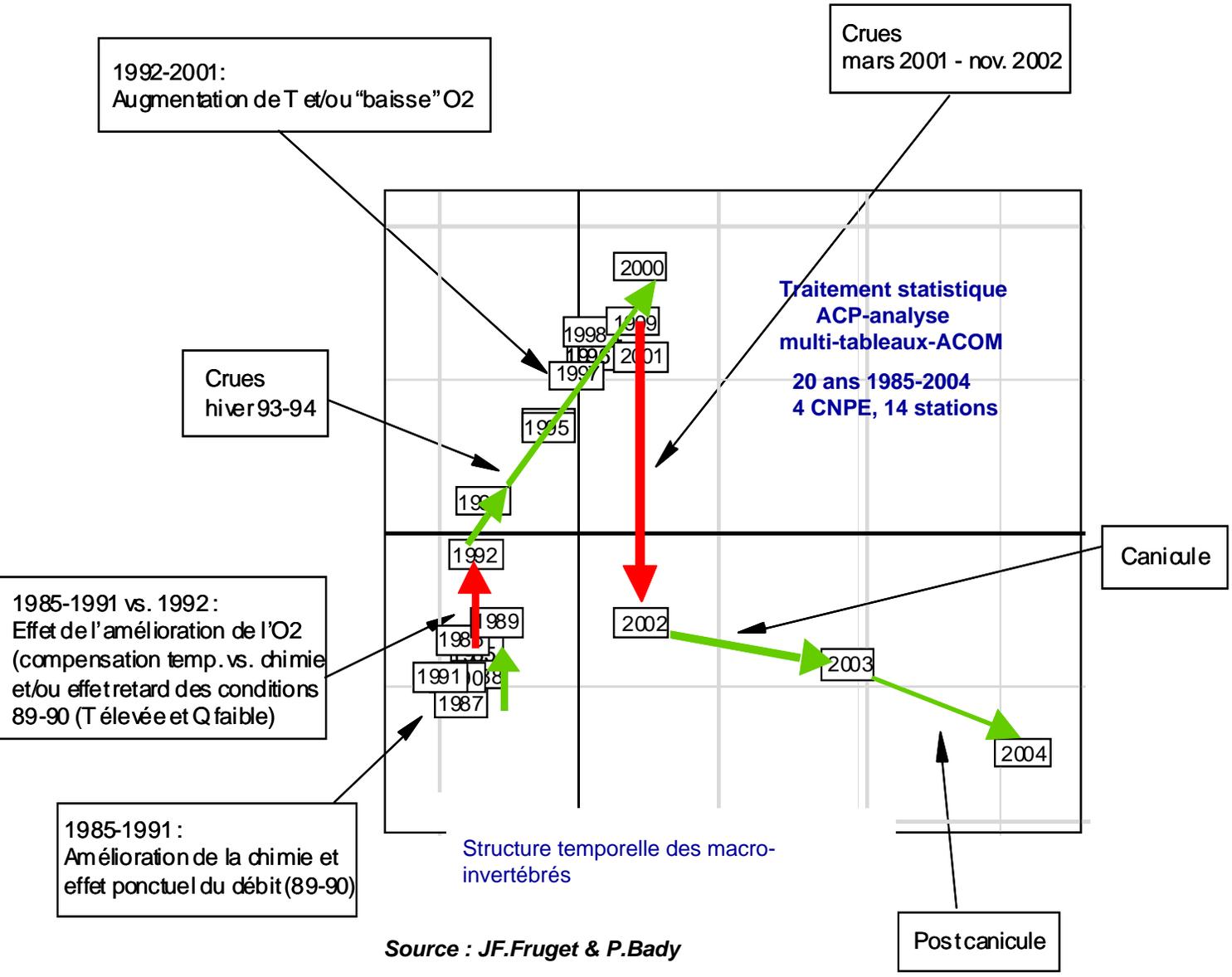
1.3.3 : Evolutions biologiques



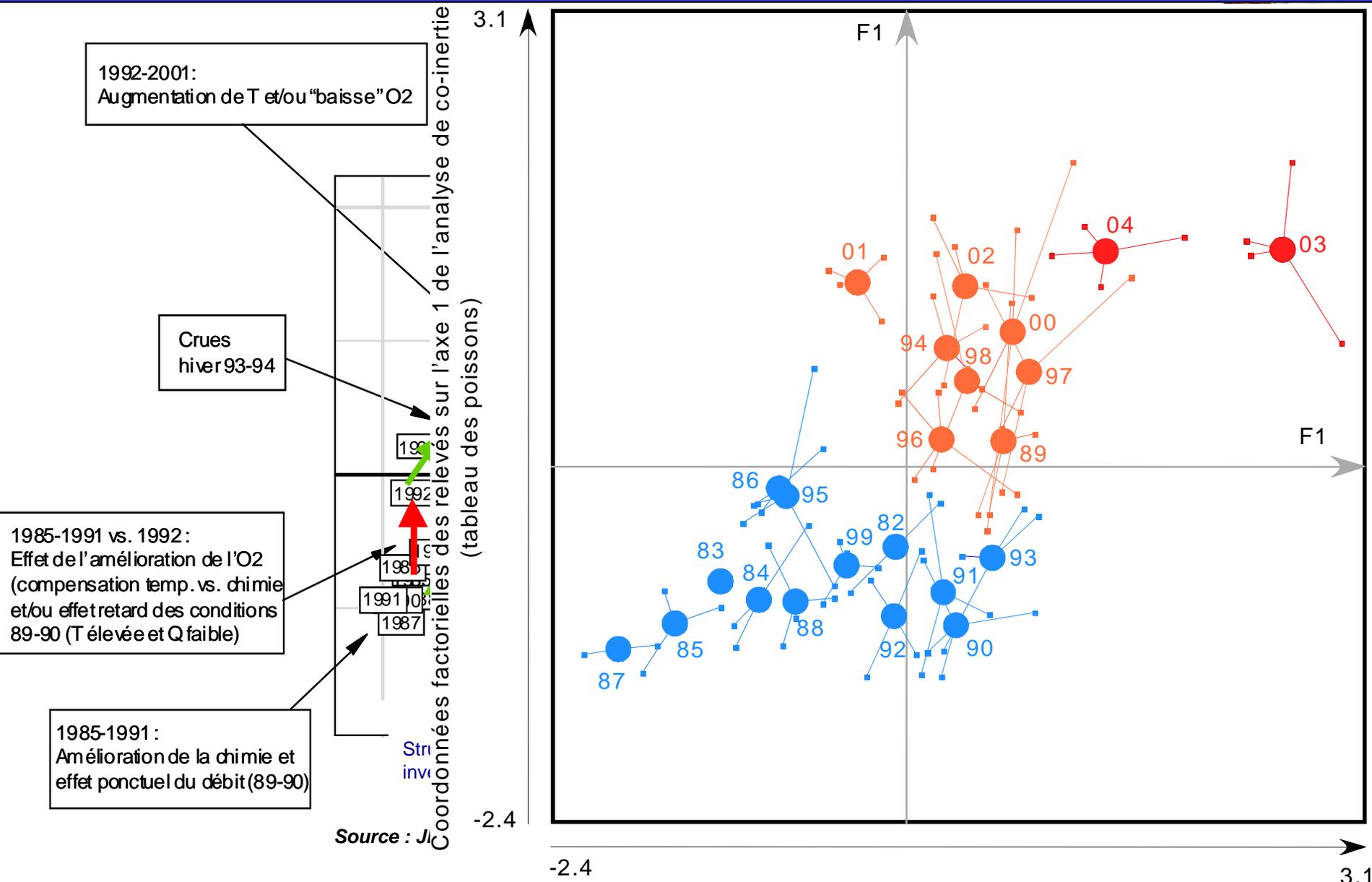
1.3.3 : Evolutions biologiques



1.3.4 : Des « histoires » Débit/T°Eau/Biologie



1.3.4 : Des « histoires » Débit/T°Eau/Biologie



1.3 : Conclusions de la Phase 3



L'écosystème fluvial du Rhône français est fortement structuré par la pente, les affluents et par les aménagements hydrauliques.

Le Bas Rhône est très homogène, la diversité se concentre dans les Tronçons court-circuités. La faune répond en synchronisme de St Alban à Tricastin.

Le Haut-Rhône s'en distingue fortement avec des peuplements plus diversifiés

La qualité de l'eau s'est améliorée au cours des deux dernières décennies mais il peut subsister un risque lié aux micro-polluants.

Les grandes crues (1993) ont amélioré la qualité des habitats sur le Bas-Rhône et ont favorisé les espèces de poissons rhéophiles et lithophiles,

La régression des poissons et invertébrés d'eau froide est nette sur le Haut Rhône.

Les printemps et début d'été plus chauds favorisent le recrutement et l'abondance des cyprinidés sur le Bas-Rhône

Sur le Bas-Rhône, l'influence des espèces introduites envahissantes est nette.

On n'observe pas de différence biologique notable entre les stations amont et aval des CNPE à habitat équivalent.

On observe des effets biologiques nets sur les stations où le rejet n'est pas bien mélangé, pour des échauffements d'au moins + 3°C à + 9 °C mais ces zones sont très localisées dans l'espace



1.4 : La Phase 4 : de nouvelles questions



- 1. Quelles sont les températures limites supportées par différents organismes ?**
- 2. Existe-t-il des « molécules » qui indiquent un stress dû à la température ?**
- 3. Comment la température influe-t-elle sur les cycles vitaux des organismes**
- 4. La hausse de température constatée a-t-elle une influence sur les espèces introduites et/ou envahissantes ?**
- 5. Quelle est la répartition spatiale et temporelle des habitats y compris T°C lorsque le fleuve est en crise thermique (habitat = hauteur d'eau, vitesse, substrat, T°C) ?**
- 6. Comment les poissons utilisent-t-ils ces habitats en période de crise thermique ? et/ou d'étiage ?**
- 7. Existe-t-il un ensemble d'espèces d'Invertébrés traduisant des effets thermiques ?**
- 8. Dans la configuration particulière du Rhône, quelles sont les rôles respectifs des retenues / chenal / tronçon court circuité en fonction des habitats, T°, reproduction, dynamique de population ?**
- 9 : Description couplée des tendances à long terme de l'hydrologie et de la thermique**
- 10 : Effet de la température sur les micro-organismes non pathogènes (biofilm...)**

Des questions génériques → Programme R&D EDF & des questions plus « rhodanienne » → Etude Rhône Phase 4

