

# 7<sup>e</sup> JOURNÉE THÉMATIQUE DE LA ZABR

Jeudi 20 octobre 2011

Hôtel de la Communauté Urbaine de Lyon (69)

## Partenaires



# Changement climatique, biodiversité, invasion

# ZABR

Zone Atelier Bassin du Rhône

---

# S O M M A I R E

---

**PROGRAMME** ..... 3

**AVANT PROPOS** ..... 4

## **SUPPORTS D'INTERVENTIONS**

Variabilité climatique et changements environnementaux :  
un regard rétrospectif  
*Jacques-Louis de BEAULIEU, IMEP Université Paul Cézanne* ..... 7

Schéma régional climat air énergie :  
focus sur le volet adaptation aux effets du changement climatique  
*Evelyne BERNARD, DREAL Rhône-Alpes* ..... 17

"Biodiversité et fonctions des systèmes alluviaux face aux étiages sévères  
induits par le changement global" 2010-2012  
- Volet hydraulique du projet Wetchange  
*Frédéric PARAN – Djamel MIMOUN – Didier GRAILLOT,  
Ecole Nationale des Mines de Saint Etienne* ..... 29

Vulnérabilité des hydrosystèmes soumis au changement global en zone  
Méditerranéenne - Le projet VULCAIN  
*Yvan CABALLERO, BRGM* ..... 35

La thermie, un moyen simple d'évaluer des effets d'opération de restauration (?)  
*Julien CORGET, Syndicat Mixte Veyle Vivante* ..... 51

Caractérisation de la thermie du Rhône par imagerie : quels éléments utiles  
pour la gestion du fleuve ?  
*Vincent WAWRZYNIAK – Hervé PIEGAY, UMR 5600, ENS* ..... 59

Influence de l'hydrologie et du régime thermique sur les peuplements de  
poissons du Rhône  
*Georges CARREL – Hervé CAPRA, Cemagref  
Jean-Michel OLIVIER, UMR 5023, Université Lyon 1* ..... 59

Invasions biologiques : processus, espèces en cause et facteurs promoteurs  
*Jean-Nicolas BEISEL, Université de Metz* ..... 69

Dynamique historique des espèces invasives sur le Rhône  
*Jean-François FRUGET, Aralep* ..... 77

Le fonctionnement en réseau :  
Exemple du pôle relais plantes invasives du département de la Loire  
*Sandrine TRABOUYER, CPIE des Monts du Pilat* ..... 85

Les modalités de contrôle de la renouée : expérimentation en laboratoire  
et *in situ*  
*Florence PIOLA – Soraya ROUIFIED, UMR 5023, Université Lyon 1* ..... 91

---

# PROGRAMME

---

<b>ACCUEIL</b>	<b>08H30</b>
<b>Ouverture</b> Roland BERNARD, Vice-président chargé du fleuve, aménagement et usages, Grand Lyon	09h00
<b>Variabilité climatique et changements environnementaux : un regard rétrospectif</b> Jacques-Louis de BEAULIEU, IMEP Université Paul Cézanne	09h15
<b>Schéma régional climat air énergie : focus sur le volet adaptation aux effets du changement climatique</b> Evelyne BERNARD, DREAL Rhône-Alpes	09h40
<b>"Biodiversité et fonctions des systèmes alluviaux face aux étiages sévères induits par le changement global" 2010-2012 - Volet hydraulique du projet Wetchange</b> Frédéric PARAN – Didier GRAILLOT, Ecole Nationale des Mines de Saint Etienne	10h10
<b>Vulnérabilité des hydrosystèmes soumis au changement global en zone Méditerranéenne - Le projet VULCAIN</b> Yvan CABALLERO, BRGM	10h35
<b>PAUSE</b>	<b>11H00</b>
<b>La thermie, un moyen simple d'évaluer des effets d'opération de restauration (?)</b> Julien CORGET, Syndicat Mixte Veyle Vivante	11h30
<b>Caractérisation de la thermie du Rhône par imagerie : quels éléments utiles pour la gestion du fleuve ?</b> Vincent WAWRZYNIAK – Hervé PIEGAY, UMR 5600, ENS	11h45
<b>Influence de l'hydrologie et du régime thermique sur les peuplements de poissons du Rhône</b> Georges CARREL – Hervé CAPRA, Cemagref, Jean-Michel OLIVIER, UMR 5023, Université Lyon 1	12h20
<b>DEJEUNER</b>	<b>12H45</b>
<b>Invasions biologiques : processus, espèces en cause et facteurs promoteurs</b> Jean-Nicolas BEISEL, Université de Metz	14h30
<b>Dynamique historique des espèces invasives sur le Rhône</b> Jean-François FRUGET, Aralep	15h00
<b>Le fonctionnement en réseau : Exemple du pôle relais plantes invasives du département de la Loire</b> Sandrine TRABOUYER, CPIE des Monts du Pilat	15h30
<b>Les modalités de contrôle de la renouée : expérimentation en laboratoire et <i>in situ</i></b> Florence PIOLA – Soraya ROUIFED, UMR 5023, Université Lyon 1	16h00
<b>Conclusion</b> Pierre MARMONIER, UMR 5023 Université Lyon 1, co-président de la ZABR	16h30
<b>FIN DE JOURNEE</b>	<b>17H00</b>

---

# AVANT - P R O P O S

---

## THEME

Le bassin du Rhône, territoire soumis à un gradient climatique important (des Alpes à la Méditerranée), dispose d'un patrimoine naturel extrêmement original et diversifié qui subit de fortes pressions anthropiques. Depuis plusieurs années, l'ensemble des acteurs publics et privés s'interroge sur les conséquences de l'ajout d'une nouvelle perturbation, celle des changements climatiques, sur les richesses et la diversité de notre patrimoine naturel. Pour comprendre les effets du changement climatique sur la biodiversité de notre territoire, les équipes de recherche membres de la ZABR, s'attachent à réaliser des projections climatiques à une échelle régionale pour apprécier les interactions entre température, changements hydrologiques et biodiversité. Une menace supplémentaire est liée à la dynamique des espèces invasives qui peuvent être renforcées par les changements climatiques. Ces projections doivent être déclinées spécifiquement pour chaque type d'écosystème : lac d'altitude, grandes zones humides fluviales, eaux souterraines...

## OBJECTIFS DE LA JOURNEE

Il s'agit de renseigner la communauté du bassin sur les interactions entre :

1. les hypothèses de changement climatique et la réponse de la biodiversité
2. les modifications d'hydrologie et la dynamique de la biodiversité
3. la combinaison entre changements hydrologiques et modifications thermiques sur les espèces invasives

## PUBLIC

Cette journée s'adresse aux acteurs du bassin du Rhône et en particulier aux collectivités locales, prestataires, bureaux d'études, scientifiques et partenaires institutionnels.  
Elle s'adresse également aux acteurs d'autres bassins intéressés par la thématique de la journée.

## COMITE DE PROGRAMME

- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse : Eric Parent
- CNR : Marc Zylberblat
- CREN : Hervé Coquillart
- DREAL : Evelyne Bernard
- EDF : Alain Poirel
- Région Rhône-Alpes : Alain Martinet
- ZABR : Anne Clémens, Pierre Marmonier (UMR 5023 Université Lyon 1)

## **Variabilité climatique et changements environnementaux : un regard rétrospectif**

---

Jacques-Louis de BEAULIEU, IMEP Université Paul Cézanne



# Variabilité climatique et changements environnementaux : Un regard rétrospectif

---

Jacques-Louis de Beaulieu, IMEP -UMR 6116 - Université Paul Cézanne

Il s'agit d'un regard doublement rétrospectif qui présente un rapide survol de la contribution de la paléoécologie à l'alerte sur le réchauffement climatique. A partir des premiers programmes européens de paléoclimatologie, à la fin des années 1970 s'est établi un dialogue entre les modélisateurs du climat et les spécialistes des changements environnementaux (terre, mer et glace).

Alors que s'affinaient les descriptions des successions d'écosystèmes au cours du Pléistocène et de l'Holocène, notamment par les palynologues, il était demandé à ces derniers d'en extraire des signaux climatiques quantitatifs qui puissent être intégrés aux équations des modélisateurs. Il fut alors possible de tester pour des situations connues passées la robustesse des modèles climatiques (programmes PMIP) à partir desquels ont été construits les scénarios qui ont lancé l'alerte sur le réchauffement à venir.

De même, grâce à l'European Pollen Database il fut aussi possible de construire les premières paléo-cartes de biomes et de les confronter aux paléobiomes issus de la modélisation. Mais cette base de données a aussi montré la complexité des processus de recolonisation postglaciaire de l'Europe par les essences forestières tempérées, suggérant des délais de réponse des écosystèmes au signal climatique et des phénomènes de résilience. Il est donc nécessaire de croiser de multiples indicateurs (biologiques et physiques) pour reconstituer au plus près les climats passés.

Comme les données hydrologiques sont au cœur des débats de la ZABR, on évoquera ici l'étude des variations des niveaux de lac (les sédiments lacustres contenant évidemment beaucoup d'autres archives paléo-environnementales). Il sera donné deux exemples de ces travaux, dont celui du Lago de l'Accesa (Toscane) étudié dans la cadre du projet LAMA. Il a existé en Europe au cours de l'Holocène une régionalisation inattendue des précipitations qu'il nous faut interpréter pour préparer l'avenir.

## Références :

Brewer S. et al., 2002. The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. *Forest Ecology and Management*, 156, 27-48.

Fyfe R. et al., 2006. A review of the European Pollen Database. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18 (5), 417-424.

Guiot J. et al., 1989. A 140,000-yr climatic reconstruction from two European pollen records. *Nature*, 338, 309-313.

Guiot J. et al., 2008. Interactions between vegetation and climate variability: what are the lessons of models and paleovegetation data. *C. R. Geoscience*, 340 (2008) 595-601.

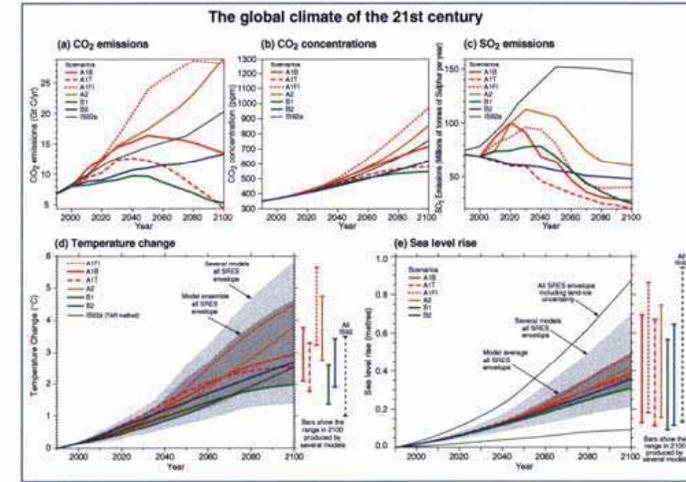
Magny M., 2004 Holocene climatic variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations, and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International* 113, 65-80.

Magny M. et al., 2011. Contrasting patterns of precipitation seasonality during the holocene in the south- and north-central Mediterranean. *JQS*, in press.

Reille M. et al., 2000. Pollen biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massif Central, France). *Journal of Quaternary Science*. 15 (7), 665-685.

# Variabilité climatique et changements environnementaux: un regard rétrospectif

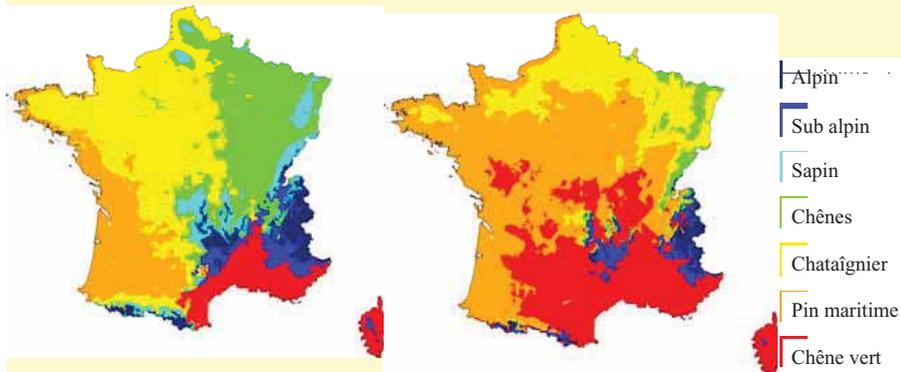
Jacques-Louis de Beaulieu  
D.R. CNRS émérite



Scenarii d'évolution au cours du 21e siècle des émissions de CO2 (a), de la concentration en CO2 dans l'air (b), des émissions de SO2 (c), de la température (d) et du niveau de la mer (e) (Houghton et al., 2001).

## Les impacts prévus – Paysage national

très forte régression des groupes « Chênes » et alpin  
 • migration au Nord du groupe tempéré atlantique,  
 • extension du goupe méditerranéen à tout le Sud de la France

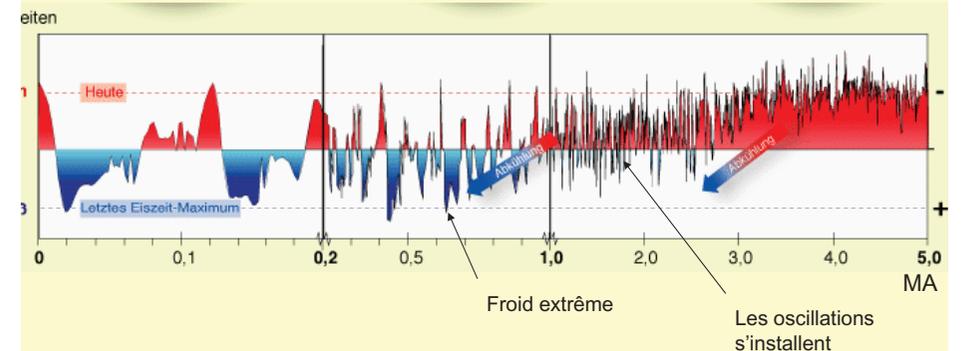


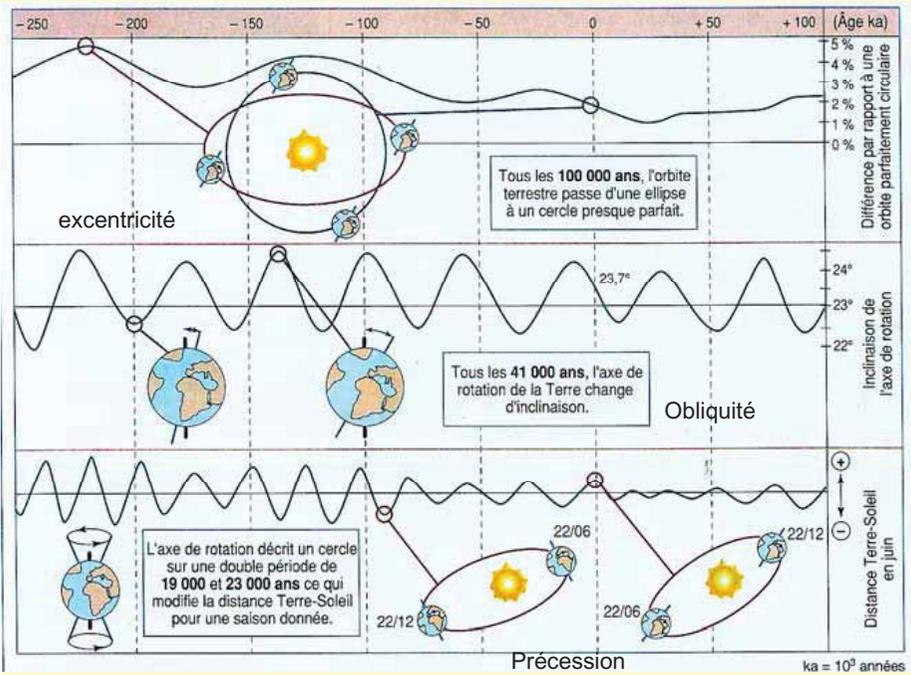
Climat 1980

Climat 2100

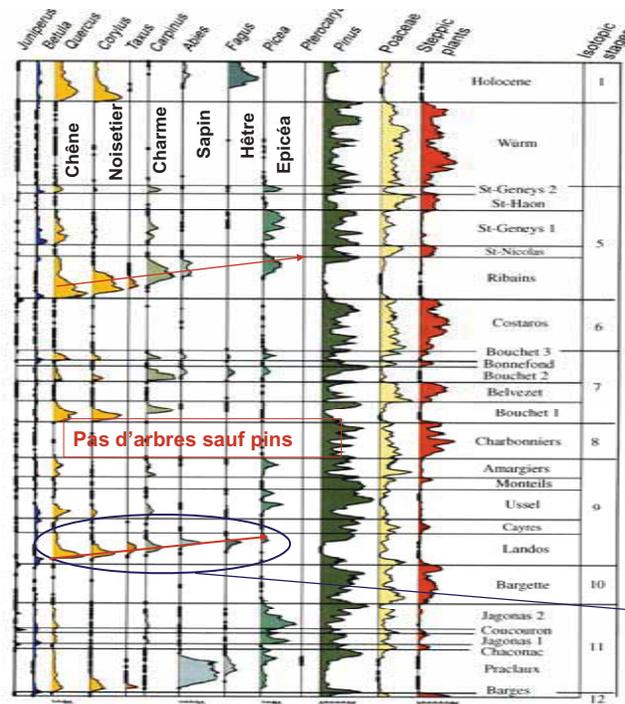
Emprunté à B. Seguin

## 1: cyclicités climatiques et dynamiques de végétations quaternaires.





## Lac du Bouchet (Velay)



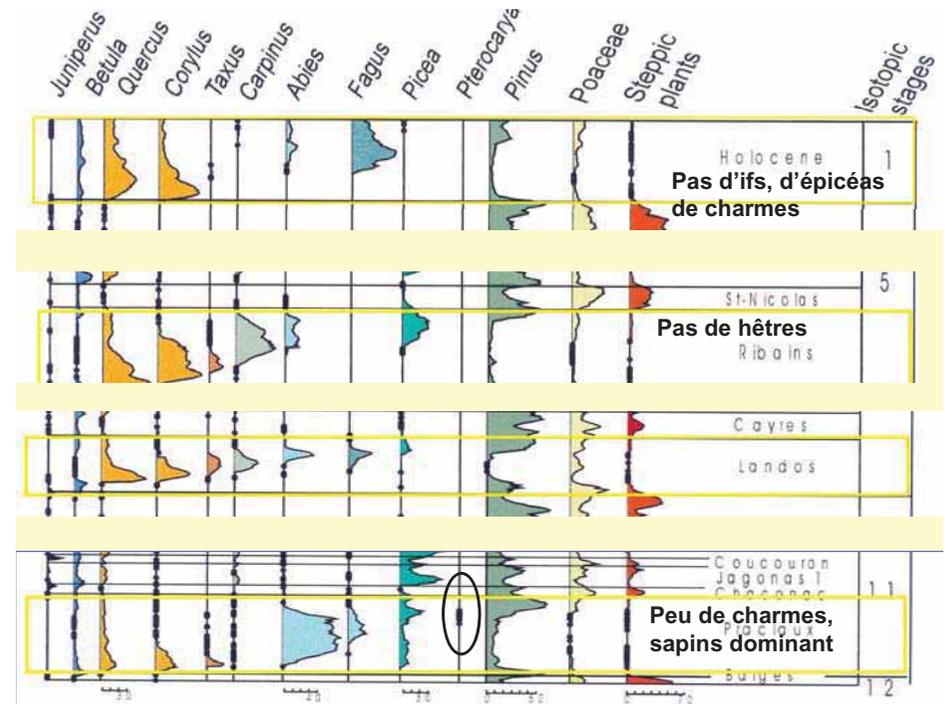
### Longue séquence des cratères du Velay:

Elle couvre les 4 derniers grands cycles climatiques soit environ 450.000 ans.

Les courbes colorées donnent les variations des pourcentages polliniques des principaux arbres (gauche) et herbes (droite).

Elles témoignent d'alternances de phases tempérées marquées par des dynamiques forestières complexes et de phases très froides quasiment dépourvues d'arbres mésophiles.

Successions forestières: chêne et noisetier, puis charme et if, puis sapin et épicéa, puis pin.



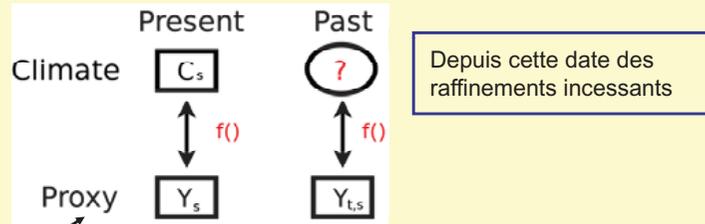


## 2 : Les fonctions de transfert Pollen/ Climat

La prévision du futur passait par la construction des GCM; la seule façon de les tester : les appliquer à des situations du passé: nécessité de **conditions initiales quantifiées**.

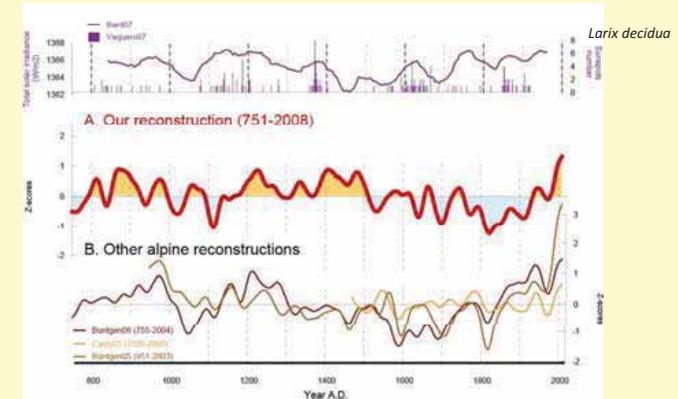
Un article fondateur:

Guiot, J., 1990. Methodology of paleoclimatic reconstruction from pollen in France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80, 49-69.



Des milliers de spectres polliniques actuels calibrés climatiquement

## 3: Reconstructions climatiques par les : cernes de croissance

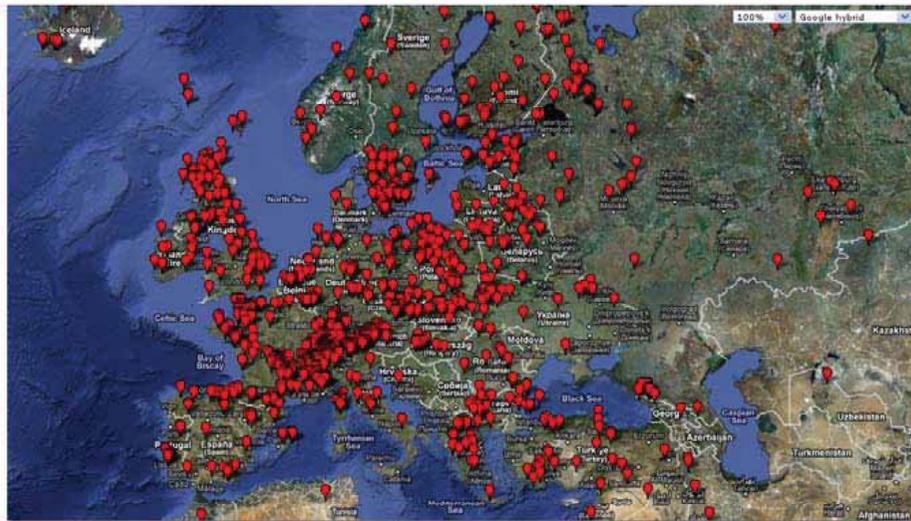


Alpes françaises : Optimum climatique médiéval 9ème et 10ème s. et refroidissement du début 14ème s. (Alpes centrales) non observés. Poursuite de l'optimum climatique médiéval jusqu'au début 16ème s. 13ème s. : températures élevées dans l'ensemble des Alpes. Températures (Petit Age Glaciaire) < Températures (1961-1990) : - 0.7°C. Augmentation discontinue des températures depuis 1820. Concordance après 1650 entre Alpes centrales et françaises.

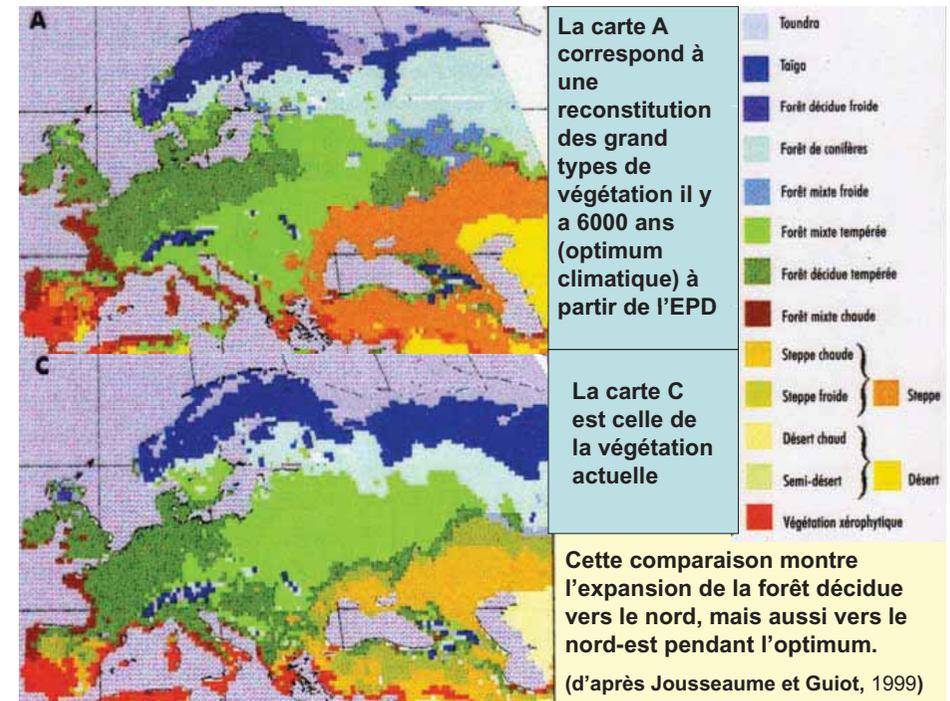
ANR ESCARCEL

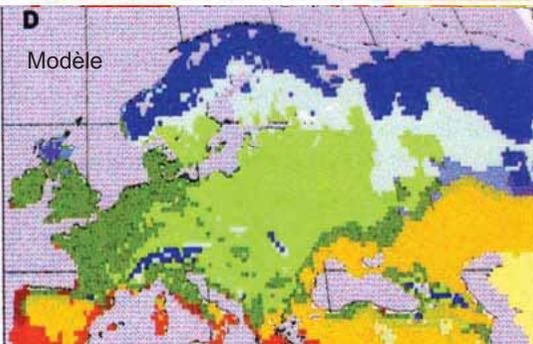
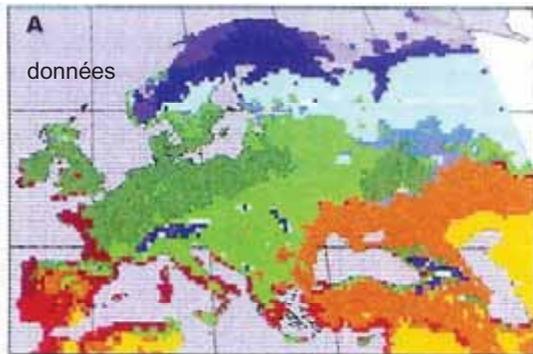
Corona et al., *Boreas*, 2011

## 4: European Pollen Database et paléo-biomes



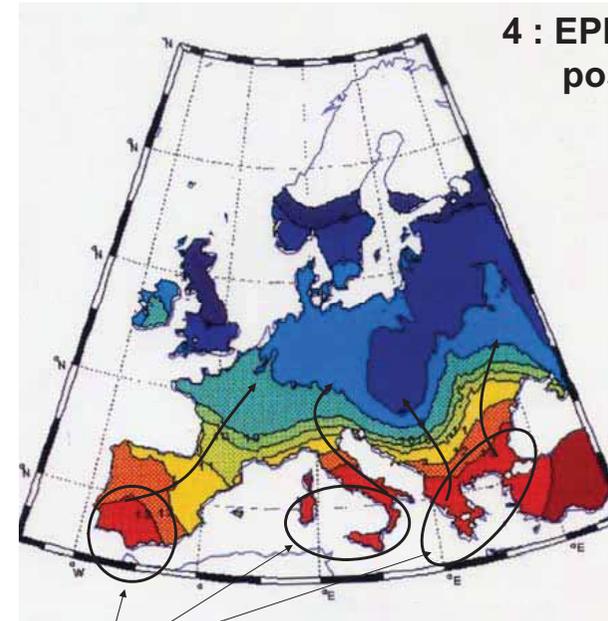
<http://www.europeanpollendatabase.net>





Biomes lors de l'optimum climatique  
Il y avait encore en 1999 de grosses divergences entre données et modèles, surtout au sud .

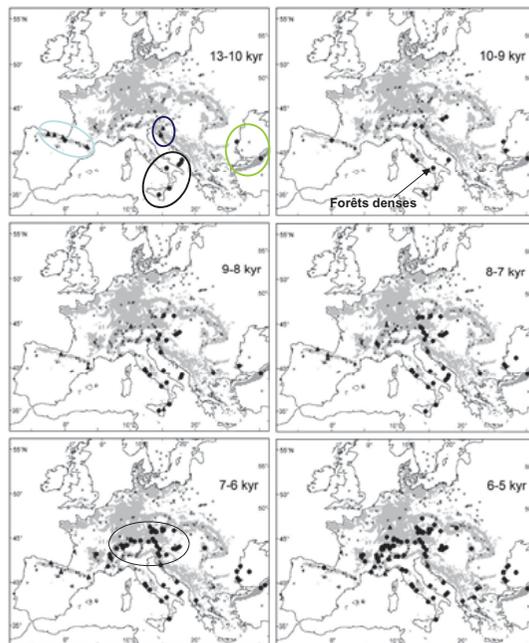
#### 4 : EPD et migrations postglaciaires



Recolonisation postglaciaire par les chênes décidus reconstituée à partir de l'EPD (S. Brewer et al. 2002).

Les chiffres sur les isolignes sont des ages en milliers d'années. Et indiquent la date à partir de laquelle le seuil de 2% a été dépassé dans les diagrammes polliniques. Ces courbes confirment la présence de refuges dans toutes les péninsules méridionale et une rapide expansion vers le nord.

Zones refuges



#### Expansion postglaciaire des hêtres

Ici ce sont une série de cartes qui montrent la localisation des populations pour différentes tranches de temps.

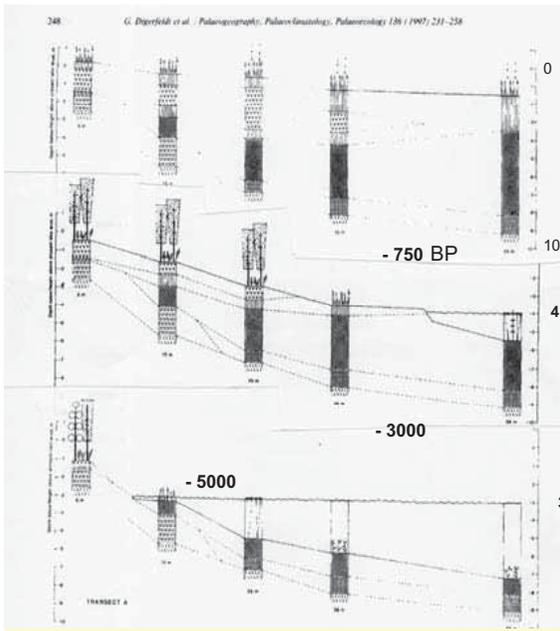
La répartition au Tardiglaciaire indique des refuges dans les Pyrénées, le sud de l'Italie, la Croatie et les bords de la mer noire. On assiste ensuite (9-7 Kyr) à une expansion en Europe centrale, puis à une occupation des Alpes et enfin une pénétration dans le massif central (entre 7 et 5 Kyr)

On voit que la migration du Hêtre est considérablement plus lente que celle des chênes

#### 5 : le signal hydrologique par les variations de niveau des lacs

- Une approche visant à dissocier, autant que faire se peut, la composante hydrique de la composante thermique ds les reconstructions climatiques

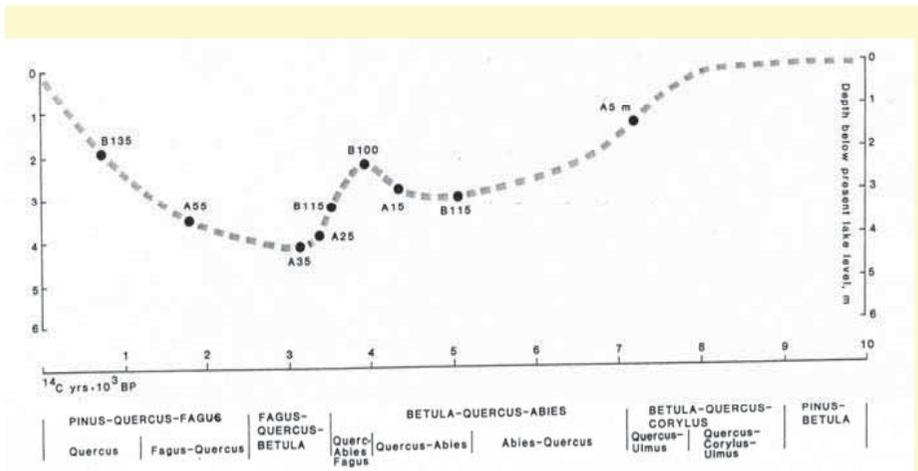
Lac de Saint Léger, 04



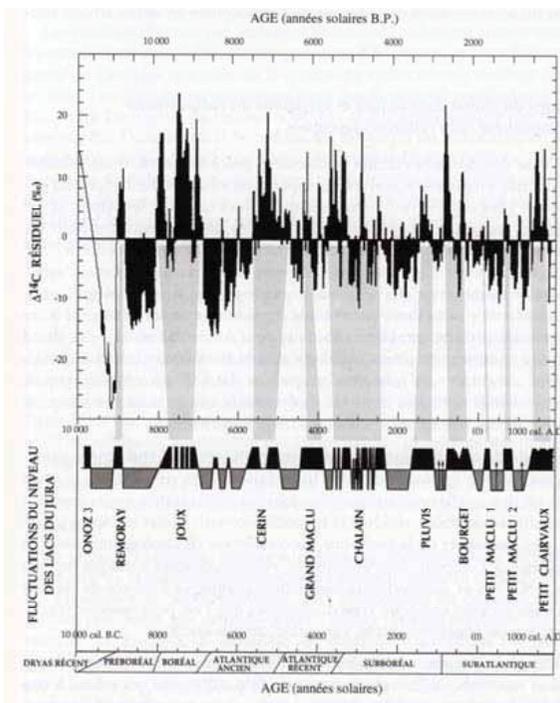
**•1/ La méthode « Digerfeldt »**

- transects de sondages sur les bordures tourbeuses des lacs.
- Les carottes sont corrélées par la palynologie (qui peut mettre en évidence des hiatus =régressions)
- L'études des macrorestes dans la tourbe met en évidence l'écosystème local, + ou- immergé ou exondé.

Digerfeldt et al., 1997



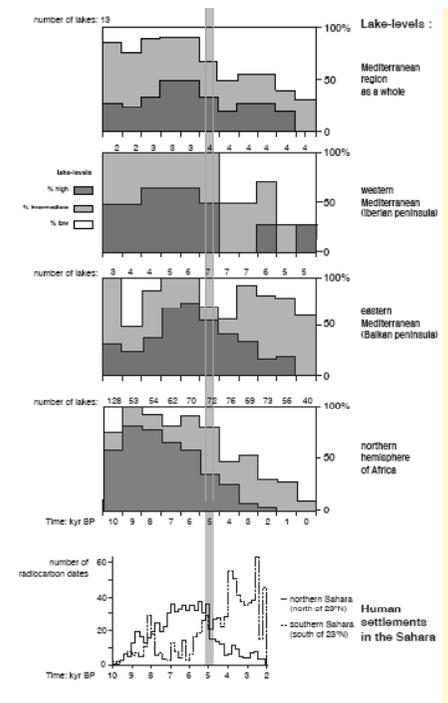
On en tire une courbe des variations du niveau du lac depuis le début de l'Holocène (hauts niveaux depuis 10.000 BP jusqu'à 8000, puis baisse jusqu'à 3000, puis remontée.



**5.2 : La méthode « Magny »**

Michel magny (Besançon) a montré que, sur substrat calcaire, Il est possible d'inférer de la morphologie des concrétions carbonatées des lacs la profondeur à laquelle elles se sont déposée.

Cette méthode, appliquée aux lacs du Jura a montré de nombreuses oscillations qui ont été corrélées avec les variations de l'activité du soleil.



La base de donnée sur les statuts des niveaux de lacs (Harrison & Digerfedt, 1993) montre pour les régions méditerranéennes un nombre croissant de lacs avec des bas niveaux durant la seconde moitié de l'Holocène.

Les bas niveaux lacustres doivent correspondre à des périodes plus arides

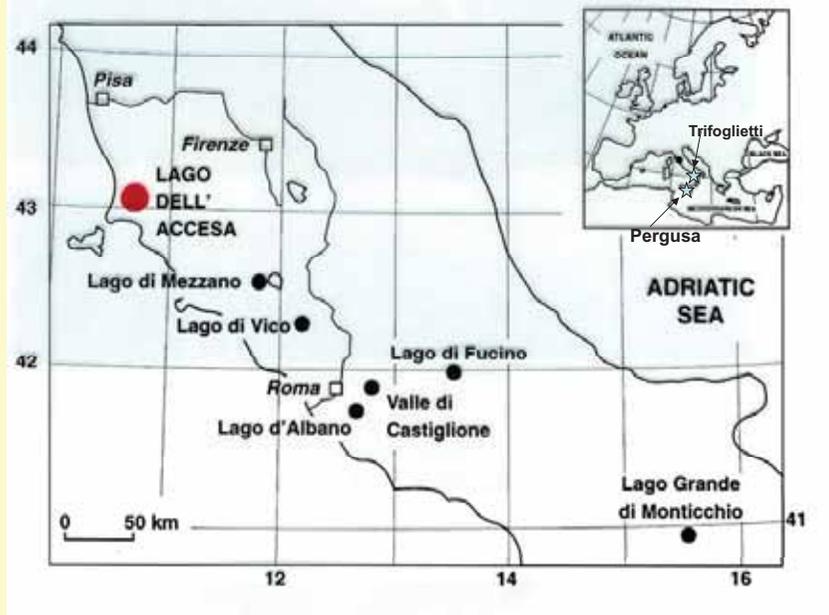
La décroissance nette des habitats préhistoriques dans le Sahara témoigne encore plus au sud d'une aridification durant la même période, après 5000 BP

Il existe cependant une grande variabilité dans les données d'origine très diverses collationnées dans cette base de donnée.

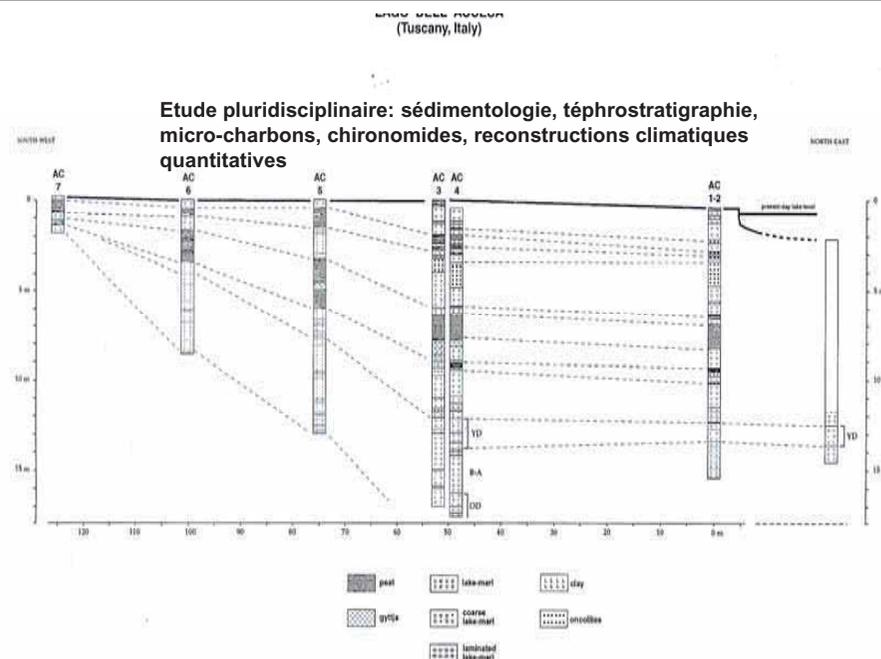
C'est la raison pour laquelle M. Magny a lancé le programme LAMA qui vise à choisir quelques lacs de références selon un transect allant du Jura à la Sicile

d'après Magny et al. 2003

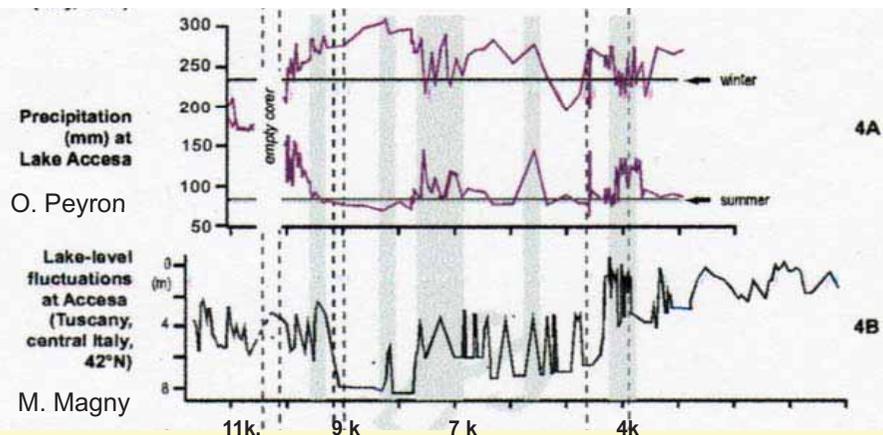
PROJET ANR LAMA (transect du jura jusqu'au sud de l'Italie)



Carte de localisation



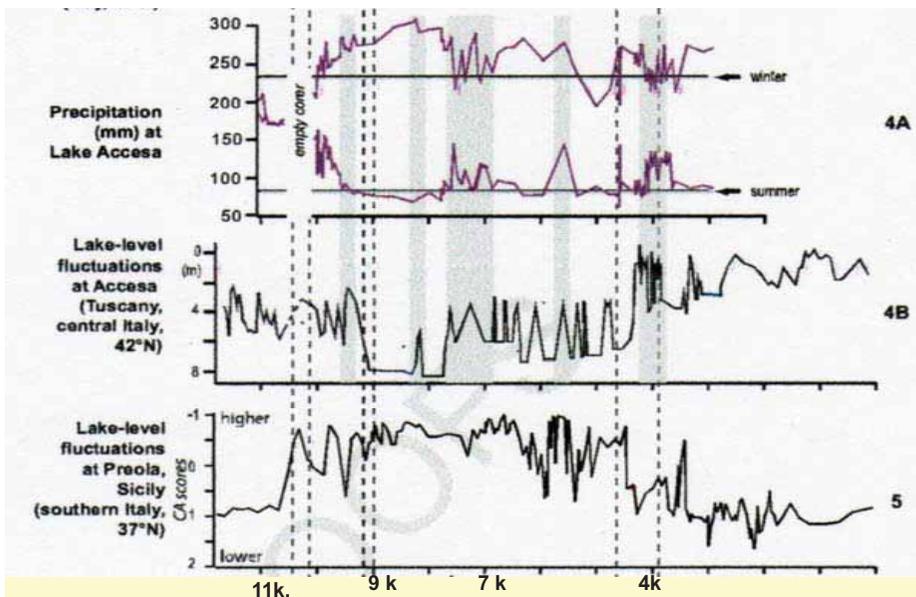
Magny et al., 2007, Holocene climate changes in central Mediterranean as recorded by lake level fluctuation at Lake Accesa (Tuscany, Italy). QSR



O. Peyron  
M. Magny

Les reconstructions des précipitations ont été établies à partir des données polliniques par la méthode des meilleurs analogues. Les niveaux de lac par la méthode sédimentologique.

Les deux jeux de données convergent pour décrire des hauts niveaux pendant l'holocène ancien jusqu'à 9 ka ca BP, une période de bas niveaux entre 9 cal ka BP et 4,5 cal ka BP et un retour à de hauts niveaux dans l'Holocène récent. Ces données s'apparentent à celles obtenues récemment au lac de Cerin (Jura) (Magny et al, 2011)



Magny et al., sous presse, Contrasting pattern of precipitation seasonality during the Holocene in the south- and north-central Mediterranean, JQS

## Des pistes explicatives? (selon Magny et al.)

- Vers 10 ka, un accroissement des précipitations de convection serait dû au maximum d'insolation orbitale du début de l'Holocène
- L'abaissement abrupt du niveau des lacs d'Accesa (et Cerin) à 9000 cal BP correspond à la disparition totale de la calotte scandinave qui pourrait avoir entraîné des modifications des circulations atmosphériques sur l'Europe de l'ouest.
- Le changement majeur observé vers 4500-4000 cal BP pourrait être une réponse non linéaire à la baisse progressive de l'insolation et à une insolation d'été redevenant supérieure à celle de l'hiver. D'où une possible descente des westerlies amenant plus de précipitations sur l'Europe moyenne et le nord de la Méditerranée et pas plus au sud.
- En contrepartie, vers le sud, le refroidissement de la Méditerranée au cours de l'Holocène supérieur peut avoir réduit le transfert de précipitations vers les terres.
- Il y a encore beaucoup de travail pour interpréter cette opposition Nord/Sud

25

## Conclusions

- **Petite histoire auto-centrée, parmi bien d'autres approches décrivant les changements environnementaux passés pour éclairer nos futurs.**
  - **Le réchauffement de la dernière décennie est conforme à ce que les premiers modèles laissaient attendre dès 1990.**
  - **Pour avancer, le dialogue données-modèles est toujours d'actualité.**
- **Merci pour votre attention**

## **Schéma régional climat air énergie : focus sur le volet adaptation aux effets du changement climatique**

---

Evelyne BERNARD, DREAL Rhône-Alpes



# *Schéma régional climat air énergie :* *focus sur le volet adaptation aux effets du changement climatique*

---

Evelyne Bernard, DREAL Rhône-Alpes

Le SRCAE est un cadre stratégique et prospectif articulant les enjeux et objectifs régionaux et territoriaux avec les objectifs climat air énergie nationaux et internationaux.

Créé par les lois Grenelle, il est élaboré conjointement par l'Etat et la Région et fixe à l'échelle du territoire régional et à l'horizon 2020 et 2050, les orientations permettant d'atténuer les effets du changement climatique et de s'y adapter.

La réflexion pour constituer le volet adaptation a débuté en 2010 par la réalisation d'un état de la connaissance du changement climatique en Rhône Alpes, à partir de l'étude MEDCIE réalisée en 2008 sur les impacts du changement climatique dans le Grand Sud Est, complété par deux prestations de Météo-France – climat actuel et simulations climatiques basées sur les scénarios d'émissions du GIEC- et par une approche économique de la vulnérabilité des secteurs économiques tourisme, agriculture, industrie en Rhône-Alpes.

Début 2011, les travaux se sont poursuivis au sein d'un groupe de travail représentant les 5 collèges du Grenelle (5 groupes Grenelle constitués pour couvrir l'ensemble des thématiques du schéma). La mission du groupe a consisté à rédiger des propositions d'orientations stratégiques pour l'adaptation des territoires aux effets du changement climatique. Ces propositions relèvent des champs de l'observation, de la sensibilisation, de l'investigation et de la connaissance, de la gouvernance et préconisent à l'attention particulière des démarches de PCET la définition de mesures “ sans regrets ” bénéfiques même en l'absence de changement climatique.

Après validation de la stratégie par la co maîtrise d'ouvrage Etat/Région, le projet de SRCAE entrera en phase de consultation préalablement à son approbation. Il constituera alors le cadre de référence stratégique pour l'élaboration des plans climat énergie territoriaux rendus obligatoires pour les collectivités territoriales dépassant les 50 000h.

## Schéma régional climat air énergie Rhône-Alpes

### Focus sur le volet « adaptation aux effets du changement climatique »

DREAL Rhône-Alpes/Evelyne Bernard

## Le SRCAE, une création des lois Grenelle

**Cadre énergie/climat** --> facteur 4 en 2050, paquet énergie climat à l'horizon 2020, des objectifs de réduction d'au moins 20% des émissions de GES, d'amélioration de 20% de l'efficacité énergétique et de production d'au moins 23% d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale.

Territorialisation du Grenelle et mise en œuvre des outils de la loi ENE :

--> le **schéma régional climat air énergie** définit le cadre stratégique régional. Co-élaboré par l'Etat et la Région, il fixe les objectifs pour la région Rhône-Alpes à l'horizon 2020 et 2050 et les orientations en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de qualité de l'air et d'adaptation au changement climatique.

--> les **Plans Climat Energie Territoriaux (PCET)** devenus obligatoires avant le 31 décembre 2012 (région, départements, EPCI et communes de + de 50 000h, périmètre patrimoine et compétences) doivent être compatibles avec les objectifs et les orientations du SRCAE.

## La région Rhône-Alpes est très concernée par les enjeux du Climat, de l'Air et de l'Énergie

La **qualité de l'air** n'est globalement pas satisfaisante notamment au regard des objectifs assignés par les directives européennes,

La Région dispose de nombreux atouts à valoriser pour contribuer au **développement des ENR**, tant pour la filière électrique que thermique -> des ressources hydroélectriques importantes, un gisement important de biomasse, un ensoleillement favorable pour le développement des installations solaires, des ressources en vent favorables au développement de l'éolien,

D'importants secteurs - **bâtiments, déplacements, industrie, agriculture**- peuvent être mobilisés au plan des économies d'énergie et de la maîtrise des émissions de GES,

Sur la notion d'**impacts du changement climatique**, la région est et sera directement concernée : espaces de montagne, grandes agglomérations et infrastructures, secteurs économiques fragilisés (agriculture, tourisme, industries, production d'énergie...)...

## Zoom sur le volet adaptation du SRCAE

### Feuille de route :

--> **analyser la vulnérabilité** de la région aux effets des changements climatiques en identifiant les territoires et les secteurs d'activités les plus vulnérables et en définissant les enjeux d'adaptation auxquels ils devront faire face.

--> sur cette base, **élaborer les orientations** visant à adapter les territoires et les activités socio-économiques aux effets du changement climatique.

Année 2010 consacrée aux diagnostics : 10 groupes de travail dont un sur la vulnérabilité de la région aux effets du CC

**Principe retenu par la co-maîtrise d'ouvrage Etat/DREAL-Conseil Régional --> 2 prestations complémentaires :**

1) Météo-France : climat actuel en Rhône-Alpes, étude prospective aux horizons 2030, 2050, 2080 sur la base des scénarios A2, A1B et B1 du GIEC

2) Etat de la connaissance en Rhône-Alpes (partir de l'information existante dont étude MEDCIE sur les effets du changement climatique dans le Grand Sud Est avril 2008)

- caractériser les sensibilités et les vulnérabilités (milieux, populations, activités et territoires dans leur diversité)
- faire ressortir les principales problématiques, les questions clés et leur territorialisation
- préparer la formulation des enjeux d'adaptation en Rhône-Alpes.

## Méthodes de travail et productions

Production de **fiches thématiques** permettant de rassembler la connaissance sur un thème :

- Exploitation de la documentation existante
- Contact avec des experts pour relecture et compléments
- Relecture par les partenaires de l'étude (Etat, Région...)

### Liste des fiches

**Thématiques environnementales** : Ressources en eau / Biodiversité / Forêts / Risques / Santé

**Activités socio-économiques** : Agriculture / Industrie-Energie/ Urbanisme, bâtiments, habitat, infrastructures, transports / Tourisme

**Conditions et milieux de vie** : Population / Montagne

## Méthode de travail et productions

**Rapport principal :**

--> **des éléments de cadrage :**

- Changement climatique en général : concepts
- Procédure SRCAE
- Prospective du changement climatique en Rhône-Alpes
- Bibliographie et éléments de vocabulaire en annexe

--> **une synthèse des fiches** (analyse AFOM)

--> **une analyse des spécificités des différentes parties du territoire**

--> **les interfaces et points de vigilance dans l'articulation avec les autres volets du SRCAE**

**Complément 1er trimestre 2011 : approche économique de la vulnérabilité aux changements climatiques dans les secteurs du tourisme, de l'agriculture et de l'industrie.**

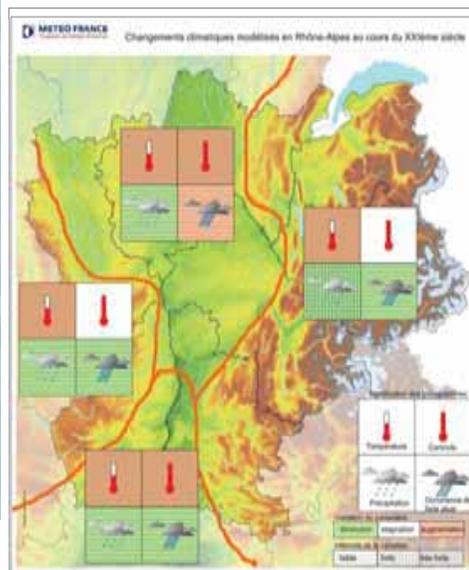
## Analyse de vulnérabilité : quelques résultats

## Climat actuel en Rhône-Alpes

- Un climat tempéré soumis à 4 influences : océanique, continentale, méditerranéenne, montagnarde,
- Une température moyenne de 5°C à 15°C
- Un enneigement varié en fonction de l'altitude et latitude,
- Le vent principalement orienté nord/sud du fait du relief

## Bilan des simulations Météo-France

- Parmi les évolutions constatées, certaines sont plus marquées que d'autres :
- **forte hausse des températures minimales l'été**, jusqu'à 6.5°C en moyenne pour la fin du siècle
- **baisse conséquente du nombre de jours de gel printanier** (gel une année sur deux dans les plaines drômoises à l'horizon 2080)
- **explosion des situations caniculaires dans la seconde moitié du siècle en cours**. L'été 2003, été de la canicule exceptionnelle (+ de 12 jours consécutifs), sera considéré comme un été habituel en 2050 et comme un "été frais" à la fin du siècle.
- tendance à la baisse du cumul de précipitation annuel qui cache quelques disparités saisonnières comme la **très forte diminution des pluies estivales en plaine à l'horizon 2080** avec une diminution envisagée du cumul de 25 à 40%
- augmentation généralisée du **nombre de jours consécutifs de sécheresse en fin de siècle et multiplication du risque de feux de forêt d'ici la fin de siècle**.

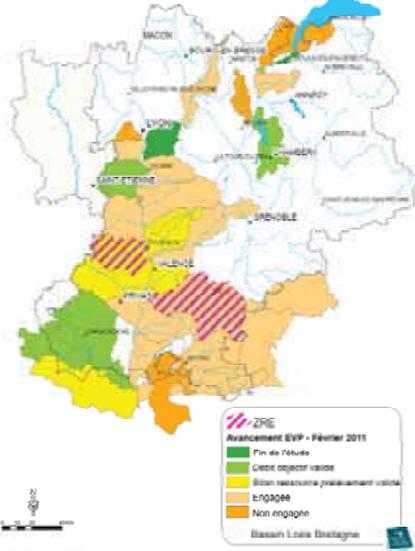


*Synthèse de la régionalisation des résultats du modèle climatique Arpège-climat sur les 3 scénarios d'émissions de gaz à effet de serre proposés par le GIEC (A1B, A2 et B1).*

## Ressource en eau

- **Contexte :**
  - 2 grands bassins versants - RMC et Loire - des précipitations supérieures à la moyenne nationale mais disparités territoriales,
  - des prélèvements superficiels (12.8 milliards de m<sup>3</sup>), des prélèvements souterrains (0.9 milliards de m<sup>3</sup>), 29,2% du territoire couvert par un SAGE, 75% couvert par un contrat de rivière
- --> impact du CC : forte incertitude sur les précipitations --> diminution de 300mm/an à l'horizon 2080, particulièrement marquée en hiver sur les reliefs et dans le sud de la région

## SDAGE et études de volumes prélevables



28 études en Rhône-Alpes (territoires en déficit quantitatif identifiés dans le SDAGE)

Objectif : identifier les usages de l'eau possibles et compatibles avec un retour à l'équilibre entre offre et demande en eau

## Ressource en eau

- **Vulnérabilités**

--> **vulnérabilité quantitative** du fait de l'inégale répartition de la ressource en eau :

- risque de déficits au sud de Lyon, dans les plaines de l'Ardèche et de la Drôme, au nord du pays du Léman et dans la vallée de Chambéry
- recul des glaciers et fonte du manteau neigeux --> pic de crue en mai, étiages plus prononcés en juillet/août
- conflits d'usages sur la ressource en eau

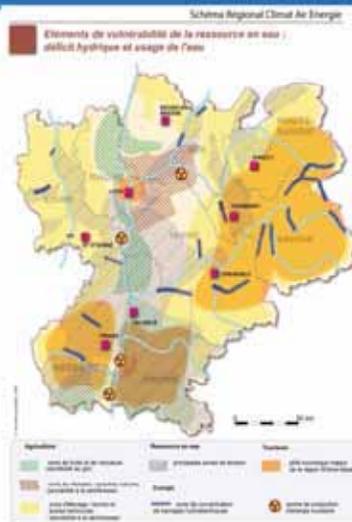
--> **vulnérabilité qualitative**

- moindre dilution des polluants
- développement de bactéries, d'algues et d'espèces invasives et/ou pathogènes
- altération physique des cours d'eau --> impacts sur les espèces piscicoles

## Ressource en eau

- **Spécificités territoriales**

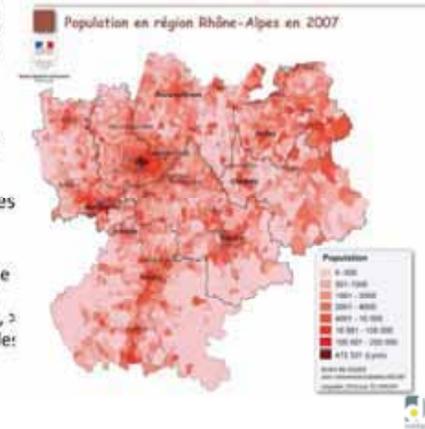
- Vallée du Rhône : production d'énergie, agriculture
- Drôme-Ardèche : eau potable, agriculture, tourisme
- Agglomération lyonnaise : sensibilité à la pollution et risques sur la qualité de l'eau potable
- Nord lyonnais, bassin de Bourg en Bresse : pisciculture, problèmes sanitaires
- Arc alpin : quantité/qualité eau potable, surtout bassin chambérien



## Risques, santé et population

- **Contexte**

- 5,9 millions habitants en 2004, 6,178 millions habitants en 2010, 0,88% de croissance démographique
- 80% de la population est concentrée sur 10% du territoire
- Risques naturels variés (inondation, avalanches, chutes de blocs et éboulements, risques sismiques) et très présents sur le territoire de Rhône Alpes : 90% des communes concernées par un risque naturel, > 50% des communes présentent des zones habitées exposées aux inondations



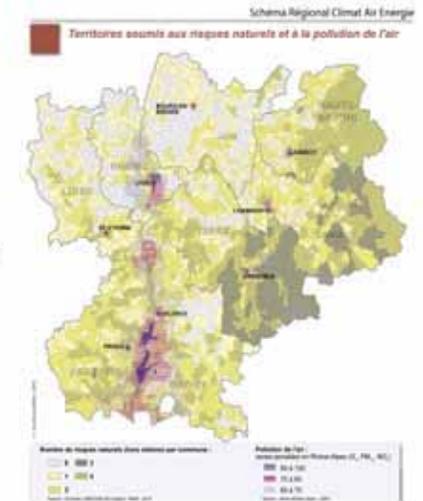
## Risques santé et population

- **Vulnérabilités**
  - surmortalité des populations urbaines (en particulier personnes âgées) du fait de la pollution atmosphérique, des canicules..
  - risque de contamination des eaux potables aux nitrates et aux pesticides
  - exposition aux risques naturels, en particulier en montagne
  - allergies



## Risques, santé et population

- **Spécificités territoriales**
  - Villes : îlots de chaleur, pollution atmosphérique
  - Montagne : crues, éboulements
  - Sud de la région : feux de forêts
  - Agglomération lyonnaise, nord Isère, Drôme, Ardèche, Arc Alpin : vulnérabilité de la ressource en eau



## Tourisme (dont tourisme de montagne)

- **Contexte**
  - Rhône Alpes : 2<sup>e</sup> région touristique, 1<sup>ère</sup> pour l'espace montagne, 2<sup>e</sup> pour le tourisme urbain
  - 7% du PIB régional, 100 000 emplois directs
  - Equilibre entre la fréquentation estivale élargie et hivernale élargie
  - 2 principales composantes : montagne (2/3 de l'activité) et loisirs liés à l'eau



## Tourisme

- **Vulnérabilités pour le tourisme hivernal** (départements alpins)
  - diminution du niveau d'enneigement et du nombre de jours d'enneigement (+2°C-> -1mois d'enneigement en moyenne montagne, -12j en haute altitude),
  - régression des glaciers
- **Vulnérabilités pour le tourisme en ville**
  - hausse de fréquence et d'intensité des vagues de chaleur, îlots de chaleur urbain
- **Vulnérabilité pour le tourisme estival**
  - opportunité pour le tourisme rural et estival en montagne
  - risque pour le tourisme lié à l'eau

## Agriculture, forêt, biodiversité

### Contexte :

- **Biodiversité**
  - région Rhône-Alpes : carrefour d'influences continentales, alpine et méditerranéenne, grande richesse des milieux naturels
  - nombreux espaces protégés : réserves naturelles, parcs, ZNIEFF, Natura 2000
- **Forêt**
  - 37% des surfaces du territoire, surface en progression (+ 6000ha par an)
  - grande diversité biologique
  - 1ère région employeur de la filière bois, majoritairement des petites structures. Présence de l'industrie du papier-carton
- **Agriculture**
  - 4ème région agricole de France, grande diversité des productions (vin, fruit, lait viande bovine..), 30% de la production sous signe de qualité (AOC, label rouge, AB,...), diminution constante de la surface agricole et vieillissement de la population agricole.

## Agriculture, forêt et biodiversité

### • Vulnérabilités

- réduction de l'aire de répartition de certaines espèces vulnérables aux modifications climatiques
- développement d'espèces invasives
- destruction d'habitats naturels
- mise en danger des économies agricoles et forestières du fait de la baisse des rendements,
- altération de divers rôles joués par la forêt : stockage de carbone, réserve de biodiversité, prévention des avalanches...



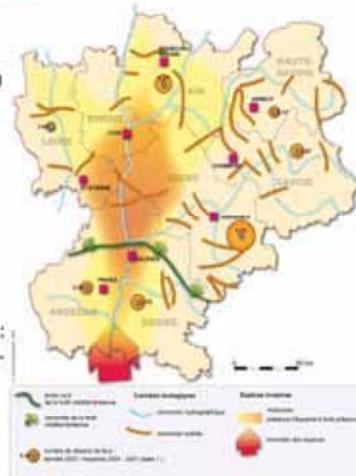
## Agriculture, forêt et biodiversité

Schema Régional Climat Air Energie

Éléments de vulnérabilité des milieux rhodanais

### □ Spécificités territoriales

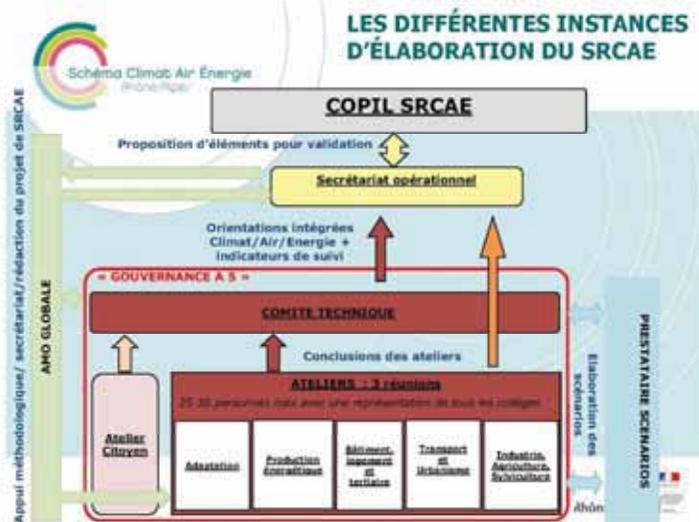
- Vallée du Rhône de Vienne à Valence : compétition pour l'espace et raréfaction de la ressource en eau affectent les pratiques agricoles et les milieux naturels
- Drôme - Ardèche : vulnérabilité à la sécheresse, impacts sur l'économie forestière locale et sur la fragilité du patrimoine naturel, développement de l'agriculture biologique
- Agglomération lyonnaise et Nord-Isère : déstructuration d'espaces agricoles péri-urbains de grande qualité



## Organisation générale, enjeux et orientations stratégiques

Année 2011 :

élaboration des orientations



### COMITÉ TECHNIQUE - RÔLES

Scénarios globaux pour la région  
Mise en œuvre et suivi du SRCAE  
Proposition d'orientations

**RÔLE D'INTEGRATION:**  
Scénario contextuel  
Vision globale Climat, Air, Énergie  
Cohérence scénarios sectoriels  
Cohérence atténuation/adaptation



### COMITÉ TECHNIQUE - RÔLES

**Construire des scénarios pour la région:** proposition d'un scénario contextuel, d'un scénario tendanciel, vérification de la cohérence des scénarios volontaristes sectoriels et élaboration de plusieurs scénarios volontaristes globaux pour la région

**Garantir la cohérence** entre les objectifs Climat/Air/Énergie et entre les différents secteurs.

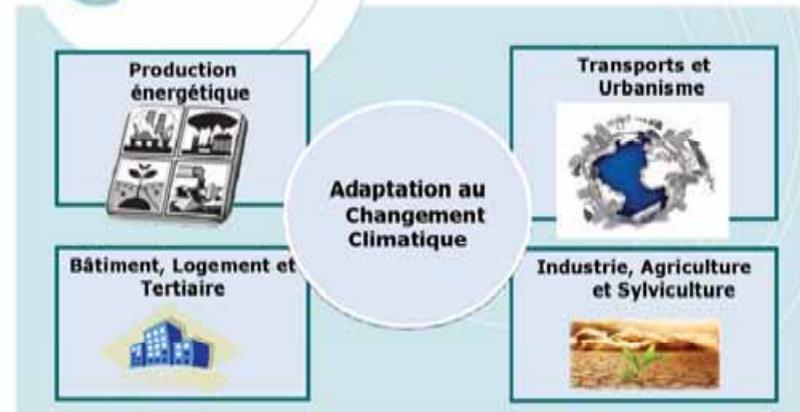
**Identifier des instruments de politique territoriale** pour la cohérence Climat/Air/Énergie au niveau local

**Proposer des orientations** pour les grands thèmes du schéma

**Proposer les modalités de suivi et de mise en œuvre** du schéma



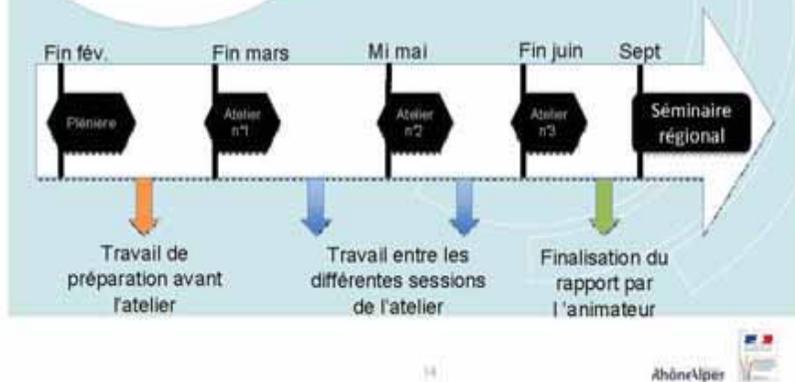
### LES DIFFÉRENTS ATELIERS





## LES ATELIERS - ORGANISATION

- **Un travail en continu des membres des ateliers est nécessaire :**



14

Rhône-Alpes

## Changement climatique - Biodiversité - Invasion

### Atelier Adaptation

- **30 à 40 personnes représentant les 5 collèges du Grenelle**
  - **Animateur :** Ghislain Dubois TEC conseil/Université de Versailles accompagné de Jean-Paul Céron Université de Limoges
  - **Feuille de route :**
    - vision intégrée de la problématique de l'adaptation, traitée également au sein de chaque atelier,
    - approche particulière des impacts non traités dans les autres ateliers : tourisme de montagne, biodiversité, impact sur l'eau, sur la santé,...
    - orientations en termes d'adaptation pour assurer un développement « sans regret » de la région Rhône-Alpes
    - formulation de propositions pour une stratégie régionale d'adaptation au changement climatique
    - outils mobilisables par les acteurs concernés pour prendre en compte la dimension adaptation (urbanisme, diversification économique, reconversion..).
- > **3 journées en mars, avril et juin + participation aux autres ateliers (interface atténuation/adaptation)**

7e JOURNÉE THÉMATIQUE DE LA ZABR

20 OCTOBRE 2011 - LYON (69)

## Changement climatique - Biodiversité - Invasion

### Premier atelier : les enjeux d'adaptation

- gouvernance de l'eau dans un contexte multi-usages et de tension croissante sur la ressource
- adaptabilité des territoires face au changement climatique,
- vivre dans un contexte de changement climatique (qualité de vie en ville)
- pérennité des activités économiques (industrie, énergie, agriculture, tourisme,...)
- besoins de recherche complémentaire sur l'adaptation au changement climatique et ses effets
- préservation de la biodiversité
- solidarité, impacts sur les populations

7e JOURNÉE THÉMATIQUE DE LA ZABR

20 OCTOBRE 2011 - LYON (69)

## Changement climatique - Biodiversité - Invasion

### Second atelier : les propositions d'orientations

- --> **trois sous groupes :**
  - ressource en eau, gouvernance générale, impacts sur la production énergétique et l'industrie,
  - activités économiques, agriculture, tourisme, sylviculture,
  - ville, risque et biodiversité

7e JOURNÉE THÉMATIQUE DE LA ZABR

20 OCTOBRE 2011 - LYON (69)

## 3ème atelier --> rapport final

--> les principes pour l'élaboration d'une stratégie d'adaptation en Rhône-Alpes : développement durable, maintien de l'emploi, villes compactes et attractives (perspectives de croissance démographique et tertiarisation de l'emploi), préservation de la ressource en eau, développement de la prévention, ...

--> propositions d'orientations dans les champs de l'observation, de la sensibilisation, de l'investigation et de la connaissance, de la gouvernance et préconisant à l'attention particulière des PCET la définition de mesures "sans regrets" bénéfiques même en l'absence de changement climatique.

## Prochaines étapes

- Adoption du SRCAE
- Les PCET obligatoires (38 en Rhône-Alpes) seront compatibles avec le SRCAE : les collectivités disposent de leviers privilégiés pour réduire la sensibilité de leur territoire et renforcer ses capacités d'adaptation : devoir d'exemplarité, planification, incitation, réglementation, communication,...

**"Biodiversité et fonctions des systèmes alluviaux face  
aux étiages sévères induits par le changement global"  
2010 – 2012 - Volet hydraulique du projet Wetchange**

---

Frédéric PARAN - Djamel MIMOUN - Didier GRAILLOT,  
Ecole Nationale des Mines de Saint Etienne



# *Volet hydraulique du projet WETCHANGE*

## *« Biodiversité et fonctions des systèmes alluviaux face aux étiages sévères induits par le changement global » 2010-2012*

---

Frédéric Paran, Djamel Mimoun et Didier Graillot, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (ENSM-SE)

La communication proposée dans le cadre de cette 7<sup>e</sup> journée thématique ZABR vise à présenter le volet hydraulique (hydrogéologique et hydrologique) du projet ANR WETCHANGE impliquant l'ENSM-SE, le CEMAGREF et l'UMR CNRS 5023. Dans un contexte de changement global, incluant changement climatique et pressions anthropiques, les modifications hydrologiques et l'augmentation des phénomènes extrêmes induites, peuvent avoir de graves conséquences sur les aquifères et les zones humides en nuisant à leurs fonctions clefs (épuration, rétention des eaux de crues, puits de carbone, ressources, biodiversité...). Dans un tel contexte, l'objectif du projet consiste à établir des prévisions à l'horizon 2030-2050 de la réponse des différents types de zones humides alluviales aux étiages induits par le changement global, en utilisant des descripteurs physiques (fonctionnement hydrologique et caractéristiques physiques et chimiques des habitats) et biologiques (communautés végétales, animales et microbiennes).

Le volet hydrogéologique et hydrologique du projet (WP1) consiste à mettre en lien sur le bassin versant de l'Ain des scénarios hydro-climatiques et une modélisation du système alluvial nappe/rivières afin de caractériser les cinétiques de dessèchement. Ce volet nécessite donc un travail d'acquisition de données et de scénarios climatiques et de modélisation.

Dans un premier temps la caractérisation de scénarios climatiques sur la basse-vallée de l'Ain vise à déterminer les forçages hydrologiques et météorologiques représentatifs des conditions passées et futures. Des séries chronologiques passées et futures de pluies et d'ETP ont été acquises (CERFACS, Météo France, Base de données SAFRAN). Quatre scénarios climatiques ARPEGE, désagrégés par sous-bassins versants et incluant 7 paramètres à fréquences journalières (Précipitations solide et liquide, Température à 2m, Module du vent à 10m, Humidité spécifique à 2m, Radiation infrarouge et visible incidente en surface), sont mobilisés (chaud sec, chaud humide, froid sec, froid humide). Il est aussi

nécessaire de disposer de chroniques de débits de l'Ain et des principaux affluents (Banque Hydro, Syndicat de la basse vallée de l'Ain).

Dans un second temps la modélisation du système alluvial nappe/rivières a été engagée à partir d'un modèle préexistant (BURGEAP) qui reste à affiner (Modflow). Un tel modèle devra être à même de générer des cartes de fluctuations du niveau phréatique en fonction des scénarios climatiques et de gestion de la ressource. Il devra aussi être mis en lien avec un modèle hydraulique (MIKE-11) permettant de générer des séries chronologiques de lignes d'eau sur la rivière Ain et des affluents en fonction des scénarios climatiques. A terme, ce travail devra déboucher sur la constitution d'une base de données dans laquelle pour chaque scénario et site étudiés correspondra un fichier des hauteurs d'eau du toit de la nappe.

En l'état, la première année de travail est marquée par des résultats importants pour le WP1 : 1) l'acquisition et l'analyse de scénarios climatiques ; 2) la connaissance de la fluctuation du niveau phréatique sur la période actuelle. Pour la suite, il sera nécessaire : 1) d'acquérir les chroniques de débits à l'aval des barrages EDF ; 2) de prendre en compte les incertitudes sur les scénarios climatiques ; 3) de caractériser l'influence du niveau phréatique sur les lînes et sur l'Ain ; 4) d'analyser les cinétiques de dessèchement et 5) de proposer des scénarios de gestion. Une fois les réponses hydrauliques du système connues (WP1) il conviendra de faire le lien d'une part avec les réponses physiques (Nutriments sol/eau et Cinétique/qualité substrat) et d'autre part avec les réponses biologiques des communautés microbiennes, végétales et animales, afin de construire une base de connaissances à même d'être mobilisées dans des modèles de réponses.



# Volet hydraulique du projet WETCHANGE

« Biodiversité et fonctions des systèmes alluviaux face aux étiages sévères induits par le changement global »

2010 - 2012

Frédéric Paran,  
Djamel Mimoun et Didier Graillet



## Introduction Changement global

- **Changement global**

Modifications hydrologiques et augmentation des extrêmes

- Pressions croissantes sur les aquifères
- Changement climatique



- **Zones humides**

Fonctions clefs (épuration, rétention des eaux de crues, puits de carbone, ressources, biodiversité)

- Hydrologie contrôlée par les cours d'eau et les nappes
- Fortes pressions anthropiques (nappes, qualité, connectivité)
- Faible profondeur, sédiments perméables



## Introduction Le projet

- **Objectif**

Etablir des prévisions à l'horizon 2030-2050 de la réponse des différents types de zones humides alluviales aux étiages induits par le changement global, en utilisant des descripteurs physiques et biologiques



- **Modules**

**WP1: hydrologie-  
hydrogéologie-  
dessèchement**

- 1: Scénario hydro-climatique
- 2: Modélisation du système alluvial nappe/rivières
- 3: Cinétique du dessèchement du substrat

**WP2: Réponse des  
communautés à l'exondation**

- 1: Réponses écologiques in situ
- 2: Etudes expérimentales : hiérarchisation des facteurs susceptibles de moduler la réponse à l'étiage

**WP3: Elaboration des  
outils de prévision**

- 1: Mise en relation des différents résultats obtenus
- 2: Construction d'un outil d'analyse intégré
- 3: Construction d'une base de données

## 1. Scénarii hydro-climatiques Les données

**Déterminer les forçages hydrologiques et météorologiques représentatifs des conditions passées et futures**

- **Séries de pluies et d'ETP** sur la zone d'étude selon les scénarios climatiques désagrégés (CERFACS, Météo France, Base de données SAFRAN)
- **Chroniques de débits de l'Ain** et des principaux affluents sous climat actuel et futur (Banque Hydro, Syndicat de la basse vallée de l'Ain)

+ MNT à 50m (IGN BD Topo)



# 1. Scénarii hydro-climatiques

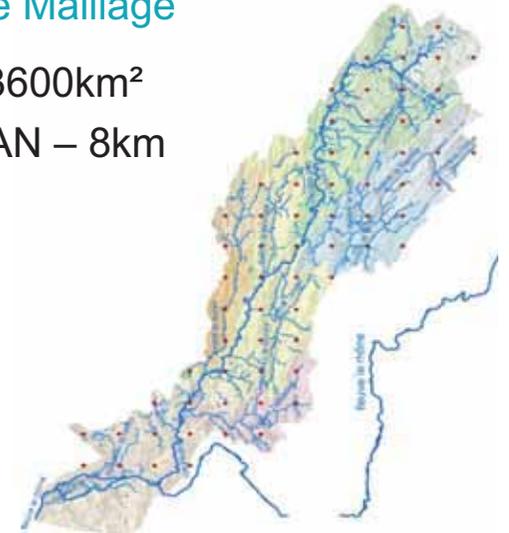
## Le modèle ARPEGE

- 4 scénarios climatiques ARPEGE  
Météo France (CERFACS)
  - Un scénario chaud sec / Un scénario chaud humide
  - Un scénario froid sec / Un scénario froid humide
- 7 paramètres / fréquence journalière
  - Précipitations solide et liquide / Température à 2m
  - Module du vent à 10m / Humidité spécifique à 2m
  - Radiation infrarouge et visible incidente en surface
- Agrégation par sous bassin versant (13)
- Traitement des données

# 1. Scénarii hydro-climatiques

## Le Maillage

- BV de l'Ain – 3600km<sup>2</sup>
- Mailles SAFRAN – 8km



# 2. Modélisation nappe/rivières

## Les données

- Séries de lignes d'eau sur la rivière Ain et des affluents en fonction des scénarios climatiques  
Modèle hydraulique 1D (MIKE-11) : à faire
- Cartes fluctuations niveau phréatique en fonction des scénarios climatiques et de gestion de la ressource  
Adaptation du modèle aux différences finies de BURGEAP (Modflow)  
Accès à 80 piézomètres (SBVA, CETE, DREAL, BRGM)
- Base de données dans laquelle pour chaque scénario et placette correspondra un fichier des hauteurs d'eau du toit de la nappe

# 2. Modélisation nappe/rivières

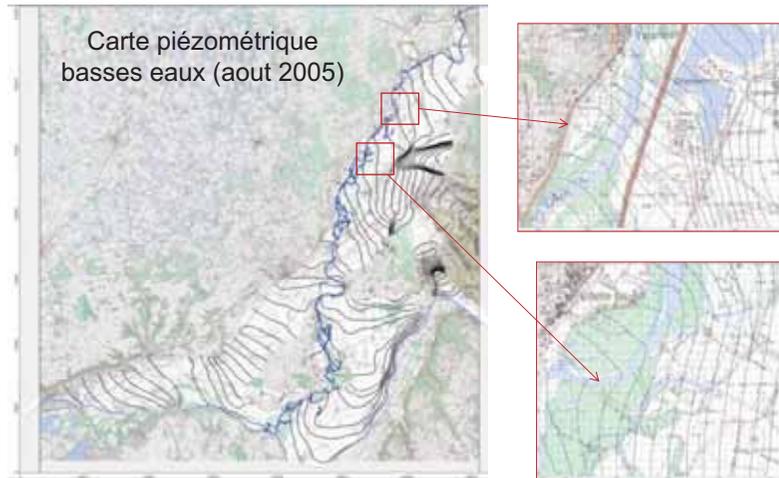
## Le modèle

### Modèle global de nappe - zone saturée

- Construction du modèle global de la nappe alluviale de la basse vallée de l'Ain (350 km<sup>2</sup>)
  - Déterministe à différences finies (maillage à taille variable)
  - Monocouche
  - Régime transitoire (pas de temps adaptatif – 2002 - 2005)
- Prise en compte des pompages tous usages
- Calage du modèle sur hautes eaux modérée (mai 2005) et basses eaux (août 2005)

## 2. Modélisation nappe/rivières

### Système alluvial : piézométrie



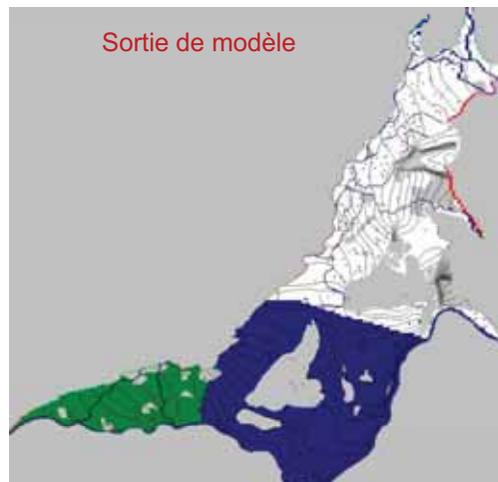
## Conclusion

### Ce qui est fait et ce qui reste à faire

- Résultats marquants année 1 :
  - Acquisition et analyse des scénarios climatiques
  - Fluctuation du niveau phréatique connue pour la période actuelle
  - Métrologie : sondes de niveaux en lônes et profil en long de l'Ain
- En attente de résultats :
  - Acquisition des chroniques de débits à l'aval des barrages EDF
  - Prise en compte des incertitudes sur les scénarios climatiques
  - Influence du niveau phréatique sur les lônes et sur l'Ain
  - Analyse des cinétiques de dessèchement
  - Proposition de scénarios de gestion

+ Lien avec les autres WP

## Merci pour votre attention



**Vulnérabilité des hydrosystèmes soumis au  
changement global en zone Méditerranéenne  
- Le projet VULCAIN -**

---

Yvan CABALLERO, BRGM



# *Vulnérabilité des hydrosystèmes soumis au changement global en zone Méditerranéenne – Le projet VULCAIN*

---

Yvan Caballero, BRGM

Le projet VULCAIN s'est proposé de mettre au point une méthode de modélisation intégrée (transdisciplinaire) qui permette d'étudier les impacts des changements climatiques et socio-économiques sur les hydro-systèmes méditerranéens à court (2020-2040) et à long terme (2040-2060).

La vulnérabilité des hydro-systèmes et des territoires qui en dépendent pour leur alimentation en eau sur le département des Pyrénées Orientales,

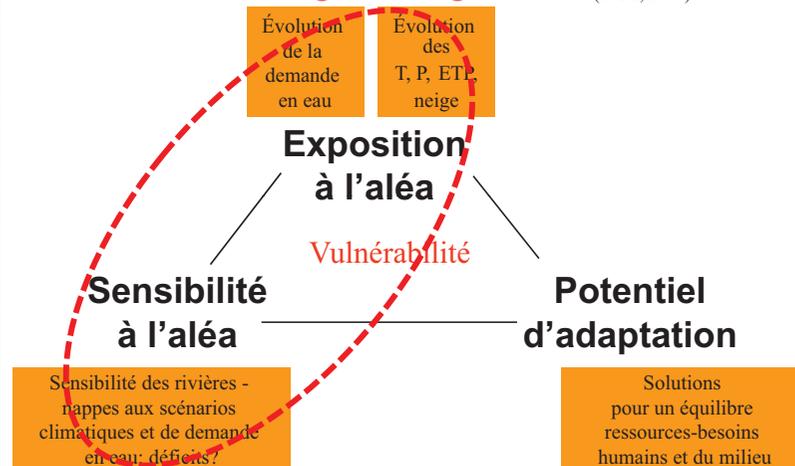
a été étudiée à l'aide de modèles hydrologiques et hydrogéologiques auxquels ont été appliqués des scénarios climatiques (sorties de modèles de climat ayant participé au dernier rapport de l'IPCC) et socio-économiques (analyse prospective et scénarios de rupture). Cette approche a permis de mettre en évidence que la vulnérabilité du territoire étudié au changement global dépend de manière prépondérante de l'évolution du climat et ce, même à court terme.

**ULCAIN**  
VULNERABILITE DES HYDROSYSTEMES  
SOUMIS AU CHANGEMENT GLOBAL  
EN ZONE MEDITERRANEE

<http://agire.brgm.fr/VULCAIN.htm>

## Comment définir la vulnérabilité?

Vulnérabilité *actuelle*... des hydrosystèmes... aux changements globaux (IPCC, 2001)



## Questions abordées

Scénarios climatiques 2020 - 40 / 2040 - 60

Changements Pluie, T° et ETP 1970 - 2006?

Débits Tech présent - futur?

Demande en eau présent - futur?

Débits Agly présent - futur?

**Vulnérabilité?**

Piézométrie pliocène Présent - futur?

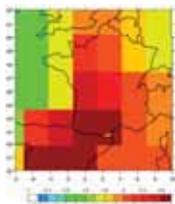
## Le climat présent (1970 - 2006)

- **Augmentation significative des températures moy. annuelles :**
  - en moyenne sur la zone : **+ 0.3°C/10 ans**
  - plus marquée en montagne que sur le littoral et au printemps
- **Augmentation significative de l'ETP annuelle en montagne :**
  - en moyenne sur la zone : **+1 à +4 mm/an**
  - plus marquée au printemps

- **Pas de tendance significative pour les pluies annuelles :**
  - **baisse** en juin et **hausse** en novembre



## Scénarios climatiques



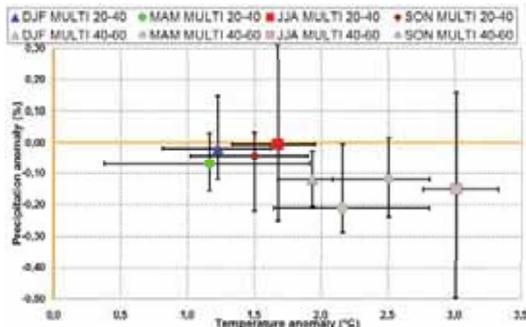
5 MCG (AR4 / SRES A1B):

- IPSL-CM4 (FR)
- CNRM-CM3 (FR)
- UKMO-HadGEM1 (GB)
- NCAR-CCSM3.0 (USA)
- MPI-ECHAM5 (ALL)

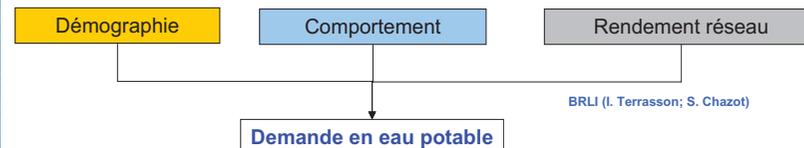


$$\delta T = T_{\text{Future}} - T_{\text{Present}}$$

$$\delta P = \frac{P_{\text{Future}} - P_{\text{Present}}}{P_{\text{Present}}}$$



## Demande en eau potable actuelle



BRLI (I. Terrasson; S. Chazot)

**Actuel:** 55 Mm<sup>3</sup> prélevés (Moy 2000-2004)

- 70% (40 Mm<sup>3</sup>) dans Plioquaternaire
- 15% (8 Mm<sup>3</sup>) en rivière
- 10% (5,5 Mm<sup>3</sup>) en nappe alluviale dans les BV
- 5% (2,5 Mm<sup>3</sup>) autres aquifères (socle; calcaires)



## Demande en eau potable future

Facteurs de changement	Etats futurs	
Démographie	+	Territoire
Urbanisme	+	
Tourisme	+	Efficacité
Réseaux	+	
Economies d'eau	+	Ressource
Tarifs	+	
Forages	+	Scénarios
Canaux	+	
Gestion	++	Dvt anarchiques, perte de vitesse du territoire
		Dynamisme territorial durable
		Tendanciel timide
		Demande associée: 68 Mm <sup>3</sup> , 51 Mm <sup>3</sup> , 51 Mm <sup>3</sup>

Modèle AEP simple



**Actuel:** 55 Mm<sup>3</sup> prélevés (Moy 2000-2004)

+ 2 ateliers de réflexion

**Demande AEP 2030:**

**[-9% ; +25%]**

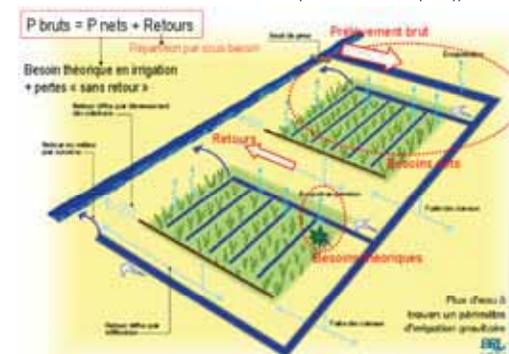
**Incertitudes:**

- Population
- rendement
- économie/gaspillage
- tourisme

## Demande en eau agricole actuelle

$$\text{Besoin en eau des cultures : } \sum_j \max [0, (Kc(i, j) \times ETP(k, j) - P(k, j)) - RU(j-1)]$$

(Allen et al. 1998 (FAO))



**Actuel:** 88 Mm<sup>3</sup> (année quinquennale sèche)

# Demande en eau agricole future

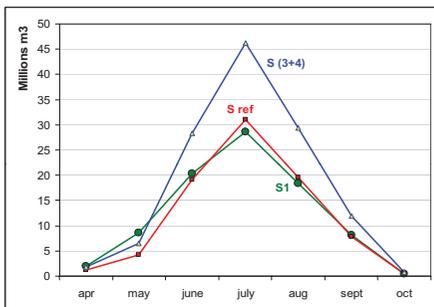
Déconstruction et re-construction des scénarios « La Bussière »

**S1 : Agriculture ultra-compétitive** 2030: - 4.5%

**S2 : Agriculture durable** 2030: + 43%

**Sud intense ou l'Europe des régions**

**Agriculture haute performance environnementale**



# Demande en eau agricole future

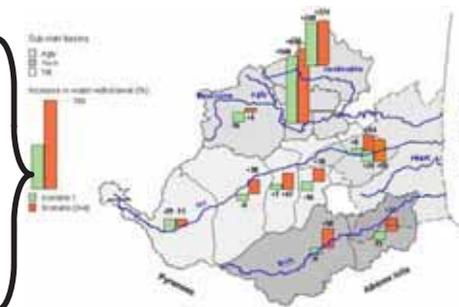
Déconstruction et re-construction des scénarios « La Bussière »

**S1 : Agriculture ultra-compétitive** 2030: - 4.5%

**S2 : Agriculture durable** 2030: + 43%

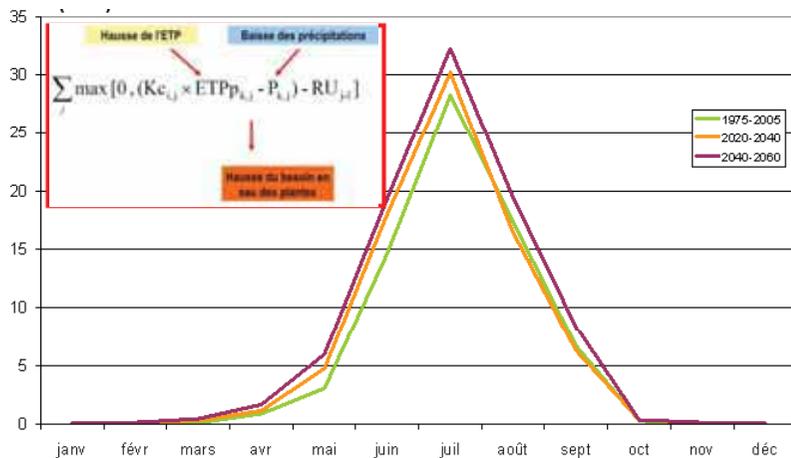
**Sud intense ou l'Europe des régions**

**Agriculture haute performance environnementale**



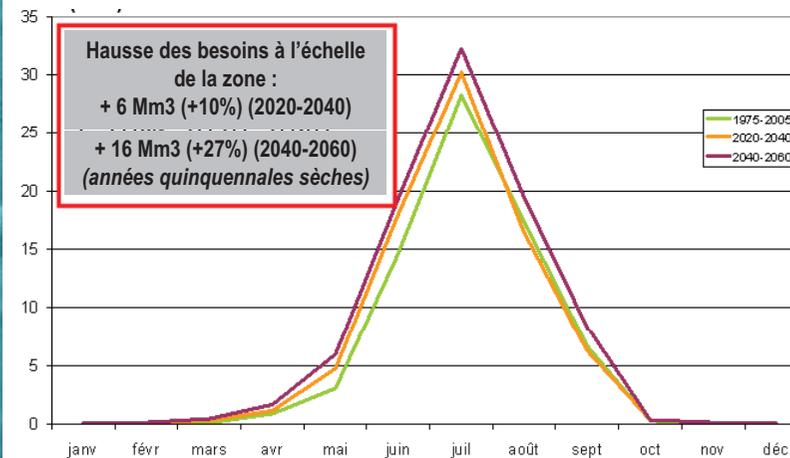
# Demande en eau agricole future

Sous l'effet du changement climatique :

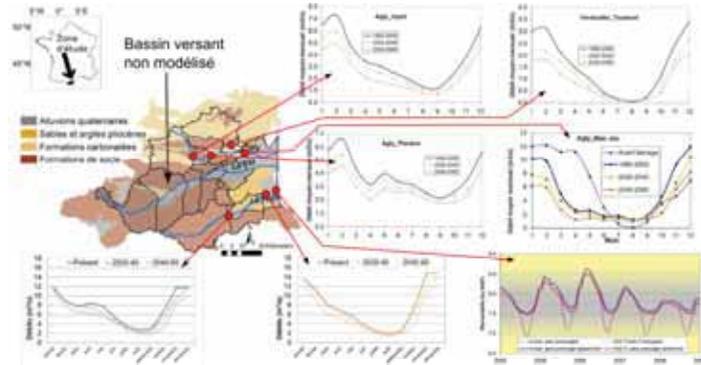


# Demande en eau agricole future

Sous l'effet du changement climatique :



## Impact CC sur ressource en eau

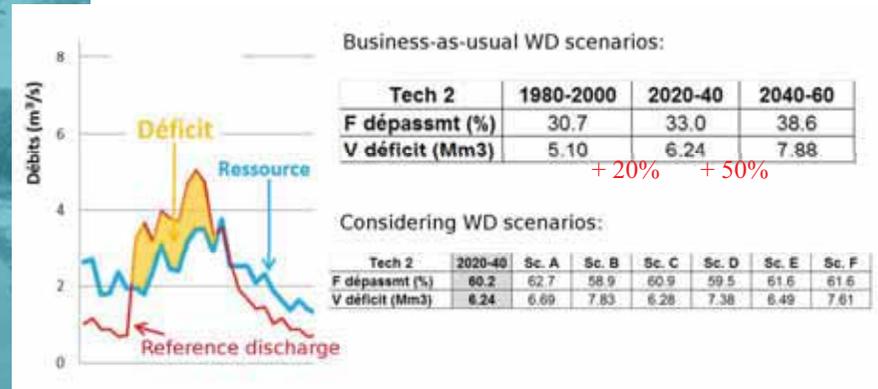


2030:  
-10% à -20%  
Printemps et  
automne

2050:  
-20% à -40%  
Toute l'année

Eaux souterraines:  
Rôle « tampon » vérifié, mais pas suffisant  
Réduction débit pertes karstiques  
Captif: Influence prépondérante des prélèvements

## Vulnérabilité du territoire



Vulnérabilité du territoire dépend de manière prépondérante de l'évolution du climat et ce, même à court terme.

Besoin de stratégies de « rupture » de gestion de l'eau (interconnexion, nouvelles ressources,...)

## Vulnérabilité du territoire

VULCAIN - Tableau de synthèse

Mm3	période référence	2020-2040		2040-2060	
	1980-2000	2020-2040	delta / réf	2040-2060	delta / réf
<b>Précipitations sur la zone Vulcain</b>					
Précipitation pluvieuse	3 251	3 251	0	2 969	-281
Précipitation neigeuse	626	483	-143	357	-269
<b>Total zone Vulcain</b>	<b>3877</b>	<b>3 734</b>	<b>-143</b>	<b>3 326</b>	<b>-550</b>
<b>Ecouement annuel sur la zone Vulcain</b>					
Tech (Argelés)	248	223	-25	188	-60
Têt (Amont Vinça)	340	306	-10%	255	-25%
Agly (Mas Jau)	164	123	-41	95	-69
<b>Total zone Vulcain</b>	<b>752</b>	<b>652</b>	<b>-100</b>	<b>538</b>	<b>-214</b>
<b>Prélèvements total sur la zone Vulcain</b>					
Prélèvement AEP min	55	50.6	-3.9	54.4	-0.1
Prélèvement AEP moy	55	60.6	6.1	64.1	9.6
Prélèvement AEP max	55	67.5	13.0	67.5	13.0
Prélèvement net Irrigation min	88	76.2	-11.8		
Prélèvement net Irrigation moy	88	88.0	0.0		
Prélèvement net Irrigation max	88	103.6	15.6		

© BRU

## Conclusion

La température et l'ETP vont continuer à augmenter  
Les précipitations devraient diminuer (à moyen terme)

La demande en eau future, bien qu'incertaine, devrait augmenter

A l'échelle annuelle, **la ressource en eau devrait diminuer**, à un niveau que les scénarios de demande en eau les moins consommateurs ne permettront pas de compenser et ce, dès le court terme.

Nécessité d'étude au cas par cas, à l'échelle saisonnière



## **La thermie, un moyen simple d'évaluer des effets d'opération de restauration (?)**

---

Julien CORGET, Syndicat Mixte Veyle Vivante



# *La thermie, un moyen simple d'évaluer des effets d'opération de restauration (?)*

Julien Corget, Syndicat Mixte Veyle Vivante

## **Contexte**

La Veyle est un affluent rive droite de la Saône aval, drainant un bassin versant de 700 km<sup>2</sup> situé en Dombes pour sa moitié amont, et en Bresse pour sa moitié aval.

A partir de l'an 2000, un contrat de rivière a été élaboré, et une structure intercommunale de gestion et d'aménagement créée à l'échelle du bassin versant.

Le contrat de rivière (2004 – 2011) visait l'amélioration de la qualité de l'eau, et affichait des ambitions fortes sur la restauration physique des cours d'eau. Une dynamique d'amélioration des connaissances de l'hydrosystème a été engagée, en complément d'une politique de travaux d'aménagement et de restauration.

## **Le suivi thermique mis en place**

En cours de contrat, tandis que les premiers suivis hydrobiologiques des aménagements sur les habitats aquatiques se mettaient en place, le besoin de données thermiques est apparu, notamment pour (re)calculer le niveau biotypologique du cours d'eau, et en appréhender ses potentialités biologiques.

Le dispositif suivant a été mis en place entre 2009 et 2010 :

- 3 stations fixes et pérennes (amont, centre, aval de la Veyle) dont 1 télétransmise en temps réel (sonde reliée à un dispositif préexistant de télésurveillance d'un ouvrage hydraulique)
- Un pool d'une vingtaine d'enregistreurs miniatures affectés sur le bassin versant, selon un plan d'échantillonnage défini annuellement en fonction des besoins (évaluation d'aménagements, connaissance d'un secteur particulier, acquisition de données générales sur l'ensemble du bassin versant.)

Les données, relevées trimestriellement sont stockées dans un tableur.

*Investissement : 4000 € HT (dont 1/3 pour sonde télétransmise) subventionné à 80%*

## **L'utilisation des données**

L'exploitation des données étant en cours ou en devenir, il n'y a pas encore de résultats à proposer. Néanmoins quelques exemples d'utilisation sont détaillés :

- La gestion des crises sécheresse, grâce aux données en temps réel

Un comité de vigilance sécheresse pilote la restriction des prélèvements en période de sécheresse : il s'agit de nuancer les données de débits (souvent imprécises en étiage) par des éléments de contexte (besoins en eau, la météo ou l'état du milieu). La température de l'eau donne un éclairage utile, permettant d'apprécier le niveau de fragilité du milieu par une variable objective

- Evaluer les opérations de restaurations du milieu

La température traduit assez bien les modifications physiques du cours d'eau. Ainsi sur le long terme, la thermie est une variable retenue pour décrire et évaluer l'effet sur le milieu de :

- la ripisylve (et le programme de replantation)
- les retenues de seuils et moulins (et la politique d'aménagement des ouvrages)
- les annexes fluviales (et les opérations de restauration)

La difficulté résidera dans le choix d'échelles spatio-temporelles, et des valeurs (amplitude journalières, maximum...) pertinentes.

De manière indirecte, la température est également un paramètre incontournable dans le cadre des suivis écologiques des aménagements (cf biotypologie, SEEE...)

- Améliorer la connaissance du milieu

Variable clé en écologie, la thermie permet de mieux cerner les milieux (identifier les apports phréatiques par exemple) et constitue un paramètre déterminant pour les biocénoses (sur la Veyle, il explique souvent la répartition géographique des poissons)

Cette bonne connaissance du fonctionnement du milieu, et de ses potentialités doit permettre au gestionnaire de se fixer des objectifs pertinents et réalistes avant même la définition du programme de mesures.

Ainsi, par exemple, la plupart des masses d'eau de la Veyle ne peuvent pas, en raison de leur thermie, abriter des populations de truites fario (sauf à influencer sur ce paramètre), le prochain contrat de rivière ne devra donc ni communiquer sur un objectif « truite », ni calibrer des actions sur celui-ci.

### **Conclusion**

La température est une des variables clé du fonctionnement des hydrosystèmes.

La production, sur la Veyle, de cette donnée « bon marché » pourra, intéresser, si elle s'inscrit dans le long terme :

- La connaissance d'un petit hydrosystème de plaine : son potentiel, ses altérations
- La gestion : concevoir un programme de restauration réaliste et pertinent, puis l'évaluer
- Une réflexion extralocale scientifique et politique sur les effets du changement climatique

# La thermie, un moyen simple d'évaluer des effets d'opération de restauration (?)

Julien CORGET,  
Syndicat Mixte Veyle Vivante

## Le territoire : bassin versant de la Veyle

670 km<sup>2</sup>,  
50 communes,  
50 000 habitants,

territoire rural (« rurbain ») à cheval  
sur la Bresse et la Dombes

cours d'eau tous du domaine privé

Réseau hydrographique dense  
~600 km

largement artificialisé depuis  
longtemps  
(moulins – hydraulique agricole)



## Le territoire : bassin versant de la Veyle

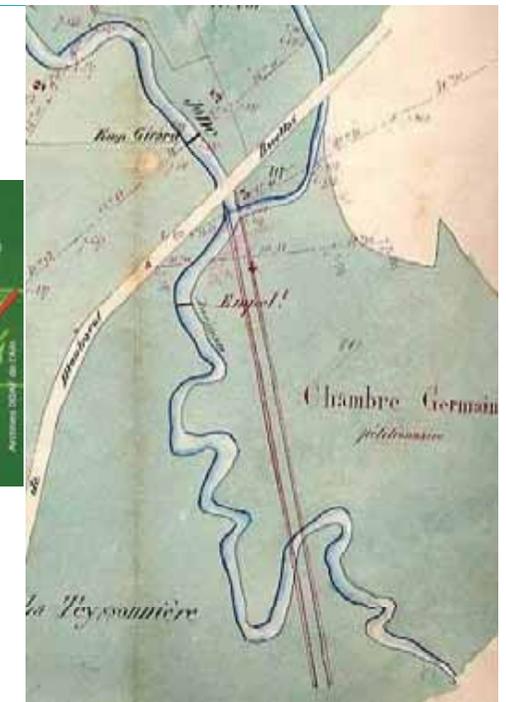
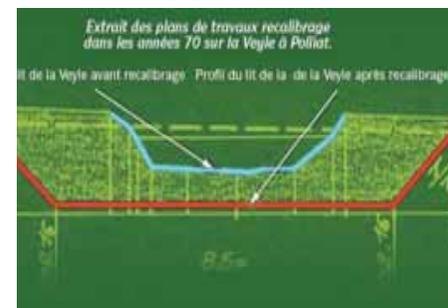
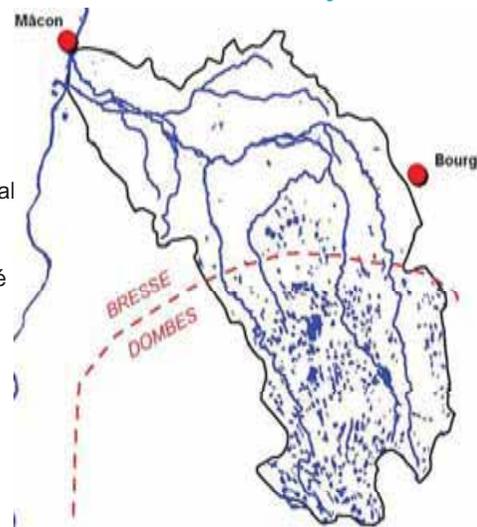
670 km<sup>2</sup>,  
50 communes,  
50 000 habitants,

territoire rural (« rurbain ») à cheval  
sur la Bresse et la Dombes

cours d'eau tous du domaine privé

Réseau hydrographique dense  
~600 km

largement artificialisé depuis  
longtemps  
(moulins – hydraulique agricole)



## Le contrat de rivière Veyle

- Inondations
- **Étiages**
- **Qualité de l'eau (eutrophisation – phytosanitaires)**
  - eaux usées domestiques + industrielles
  - Pollutions diffuses agricoles
- **Milieux aquatiques : restauration physique**
  - Actions pilotes (expérimentales & démonstratives)
  - préservation ou restauration poussée des secteurs dynamiques
  - Restaurations simplifiées (ripisylve, annexes fluviales...)
- **Appropriation des milieux aquatiques par public**
- **Gestion : coordonnée IBV et durable**

**7 ans (2004 – 2011) – 20 Millions €**  
dont 5 sous maîtrise ouvrage SMVV

## Pourquoi l'indicateur température ?

### Une variable clé pour comprendre la rivière

Verneaux (1973) : structuration biologique du cours d'eau définie par :

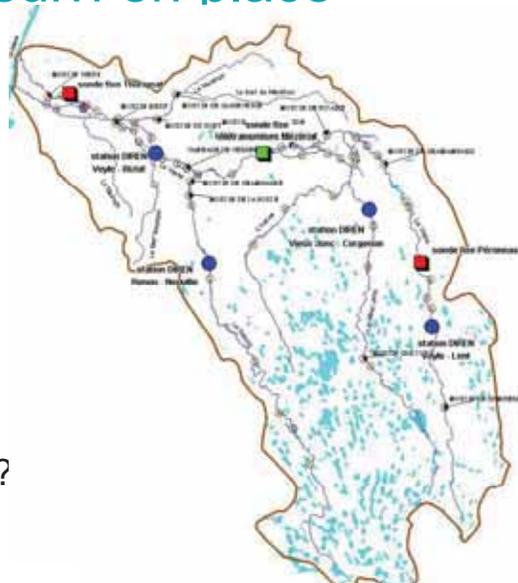
- 45% : température
- 30% : distance à la source; dureté
- 25% : section mouillée étiage; pente; largeur

### Une donnée fiable et bon marché

### Une notion « universelle » et « parlante »

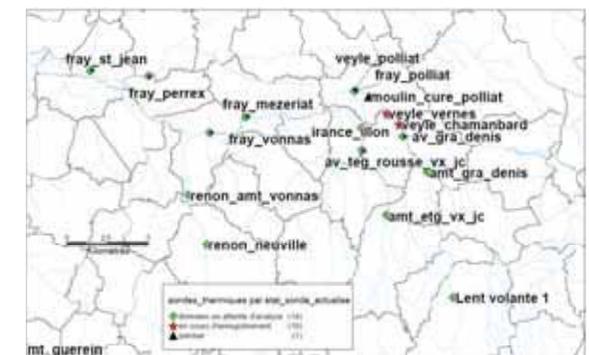
## Le suivi en place

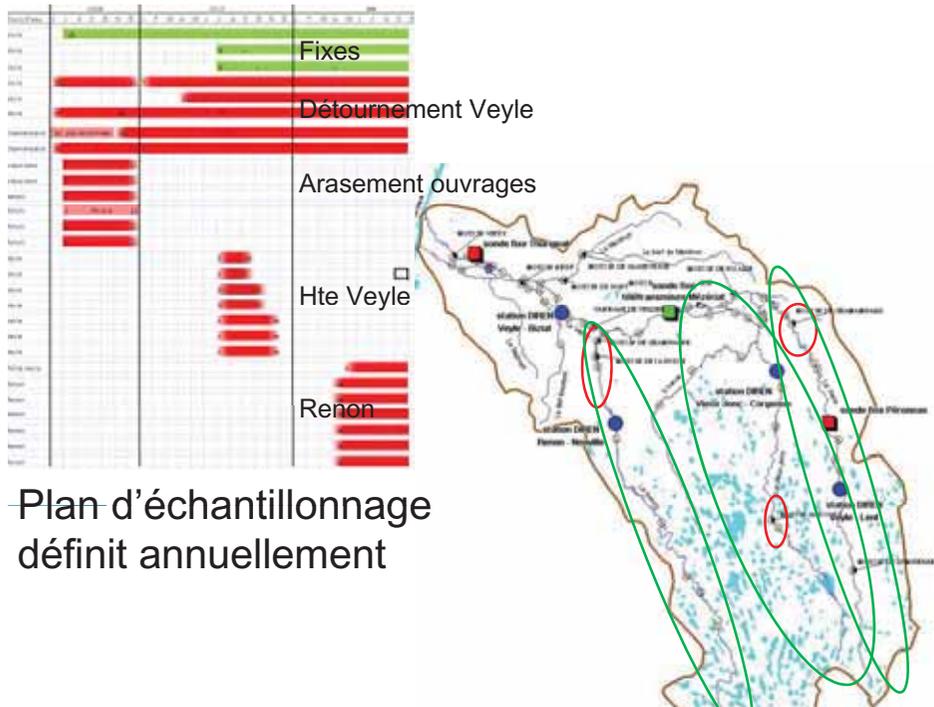
- 3 fixes
  - 20 volantes  
(1/2 suivi amts  
1/2 ss-bv)
- 4000 € HT  
+5 j-homme/an  
(FD + SMVV)
- +stations hydro ?



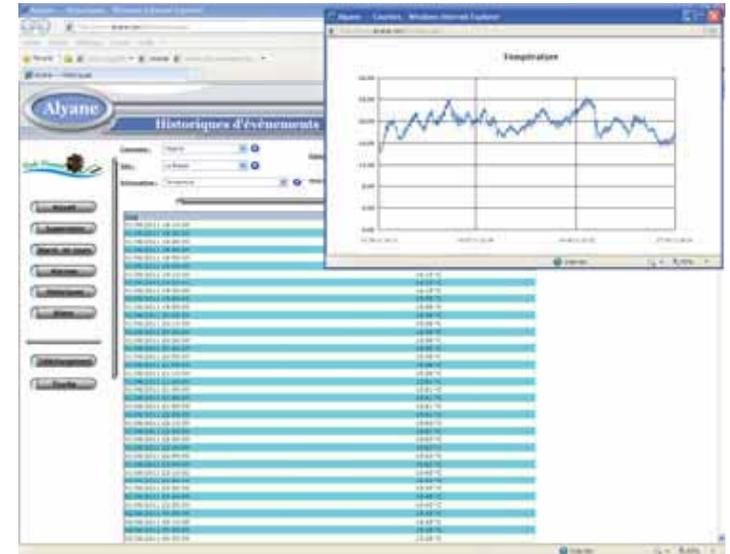
## Le suivi en place

- 3 fixes
  - 20 volantes  
(1/2 suivi amts  
1/2 ss-bv)
- 4000 € HT  
+5 j-homme/an  
(FD + SMVV)
- +stations hydro ?

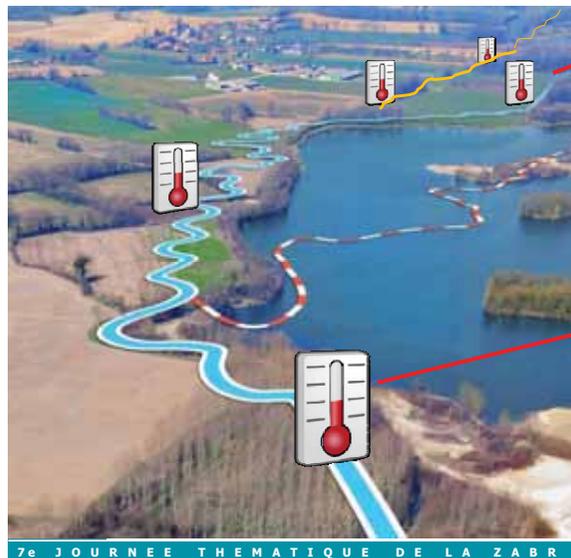




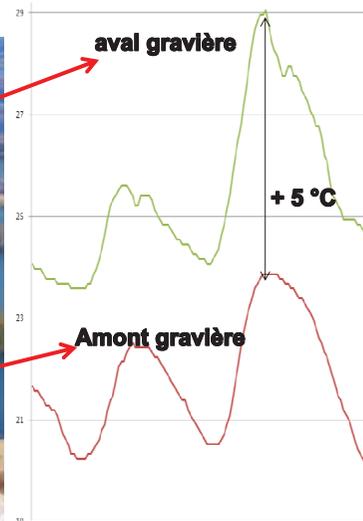
# Gestion crise



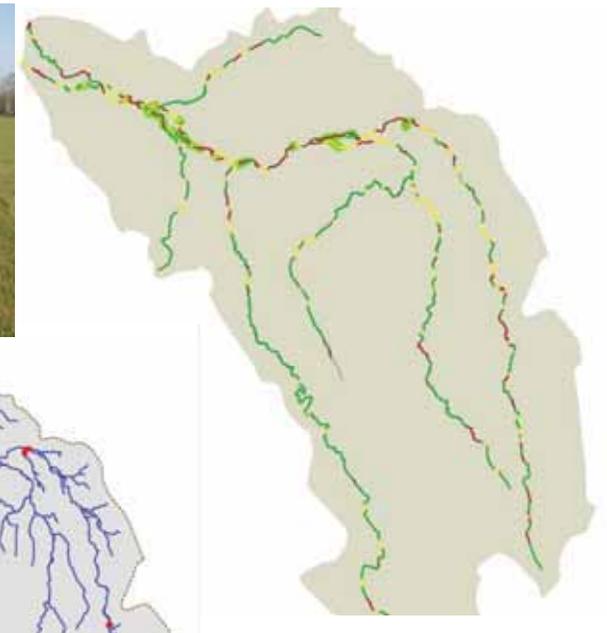
## T°C = paramètre ciblé



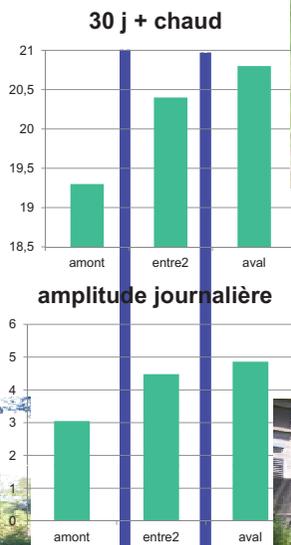
T°C Veyre Gravière 15 au 17 juillet 2009



## T°C = paramètre ciblé



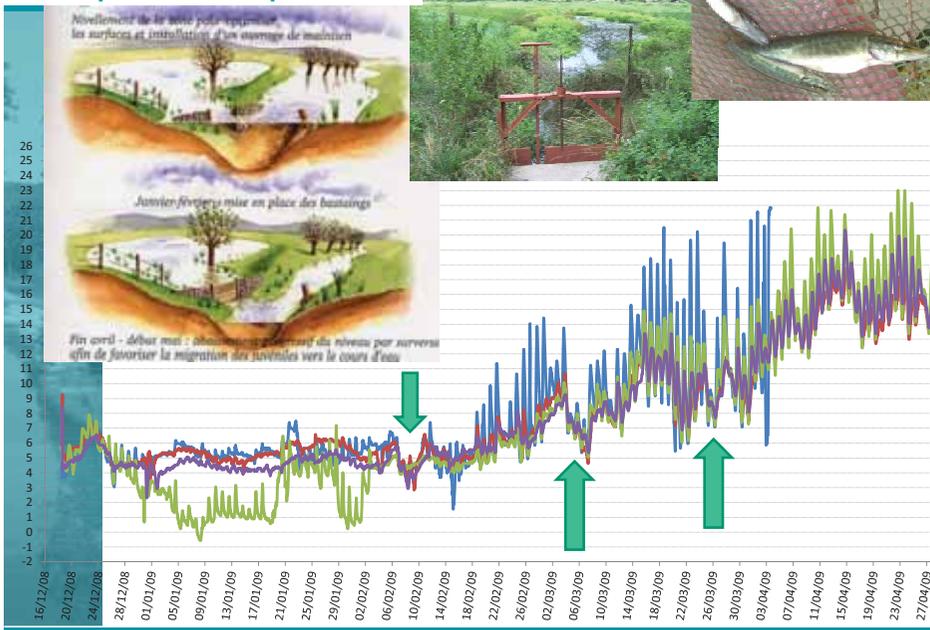
T°C =  
paramètre  
ciblé



T°C traduit potentialités bio  
=> explique résultats



T C pour comprendre



Changement climatique - Biodiversité - Invasion

## La thermie intéresse

- Localement, le gestionnaire :  
Mieux diagnostiquer  
Mieux agir  
Évaluer
- Plus largement « pour la science » :  
changement climatique et ses effets ?  
connaissances hydrosystèmes ?

## **Caractérisation de la thermie du Rhône par imagerie : quels éléments utiles pour la gestion du fleuve ?**

---

Vincent WAWRZYNIAK – Hervé PIEGAY, UMR 5600, ENS



# *Caractérisation de la thermie du Rhône par imagerie : quels éléments utiles pour la gestion du fleuve ?*

---

Vincent Wawrzyniak & Hervé Piégay, Université de Lyon, CNRS-UMR 5600, ENS de Lyon

Dans un contexte de réchauffement climatique, la compréhension du régime thermique des cours d'eau est un enjeu essentiel. La température peut être mesurée ponctuellement à l'aide de thermomètres, toutefois ces techniques sont limitées lorsqu'il s'agit de couvrir des linéaires importants. La télédétection infrarouge thermique (IRT) permet de s'affranchir de ces limites en cartographiant la température de surface (Torgersen et al., 2001 ; Handcock et al., 2006).

Pour mieux comprendre la contribution relative des différents facteurs contrôlant la température de l'eau, nous avons utilisé des images satellites IRT pour étudier les variations longitudinales et temporelles des structures thermiques du Rhône français. Un total de 83 images acquises par le satellite Landsat ETM+ entre 1999 et 2009 ont été analysées. La précision moyenne de nos données, qui varie de  $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$  pour les biefs de plus de 3 pixels, et de  $\pm 1,4^{\circ}\text{C}$  pour ceux ayant de un à trois pixels de large, est comparable à celle d'autres études s'appuyant sur l'imagerie IRT satellitaire (Handcock et al., 2006). Nos résultats confirment les études précédentes (Poirel, 2004) sur les impacts thermiques des affluents et des centrales nucléaires sur le Rhône et apportent de nouveaux éléments. Les aménagements hydroélectriques ont un effet très limité sur le patron longitudinal de température.

Toutefois, nous avons constaté des différences thermiques ( $0\text{-}2^{\circ}\text{C}$ ) entre le canal et le Rhône court-circuité (RCC) avec des réponses différentes selon les aménagements. Les différences les plus marquées sont observées pour les aménagements de Montélimar et Caderousse ; par rapport au canal, les RCC sont plus chauds l'été et plus froids l'hiver. Ces différences thermiques s'expliquent notamment par la longueur et la valeur du débit réservé du RCC. Lorsque le débit du RCC est faible comparativement à celui des cours d'eau s'y déversant, leur température influence alors directement la température du RCC.

Dans ce contexte, des différences de température existent sans doute dans plusieurs autres aménagements, notamment les plus longs et ceux rejoins par un affluent apportant un débit significatif par rapport à l'écoulement du RCC. Une meilleure résolution spatiale serait nécessaire pour pouvoir étudier ces aménagements moins larges et valider de telles différences thermiques.

## **Références :**

Wawrzyniak V, Piégay H, & Poirel A. 2011. Longitudinal and Temporal Thermal Patterns of the French Rhône River using Landsat ETM+ Thermal Infrared (TIR) Images. *Aquatic Sciences*. Accepted

Handcock RN, Gillespie AR, Cherkauer KA, Kay JE, Burges SJ, Kampf SK. 2006. Accuracy and uncertainty of thermal-infrared remote sensing of stream temperatures at multiple spatial scales. *Remote Sensing of the Environment* **100**: 427-440.

Poirel A. 2004. Étude thermique du Rhône - Phase 1, Complément d'étude, Extension des résultats à la période 2000-2003. Rapport EDF DTG.

Torgersen CE, Faux RN, McIntosh BA, Poage NJ, Norton DJ (2001) Airborne thermal remote sensing for water temperature assessment in rivers and streams. *Remote Sensing of the Environment* **76(3)**: 386-398.

# Caractérisation de la thermie du Rhône par imagerie : quels éléments utiles pour la gestion du fleuve ?

**Wawrzyniak, V.<sup>1</sup>, Piégay, H.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université de Lyon, CNRS-UMR 5600 EVS, ENS de Lyon, Plateforme ISIG  
15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69343 Lyon Cedex 07, France  
Téléphone: +33437376665; e-mail: [vincent.wawrzyniak@gmail.com](mailto:vincent.wawrzyniak@gmail.com)



## Imagerie infrarouge thermique (IRT) et rivières

Surface de l'eau → Radiations IRT (3-5 & 8-14 μm)

Mesure avec capteurs & conversion en température (loi de Planck)

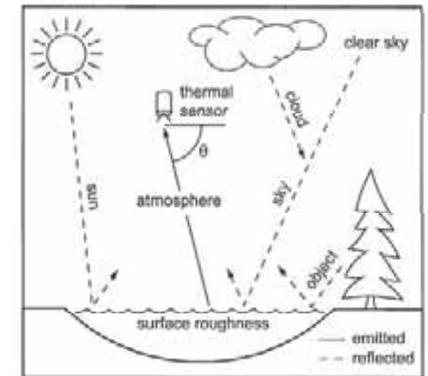
*Torgersen et al. (2001)*

### Utilisation IRT : rivières

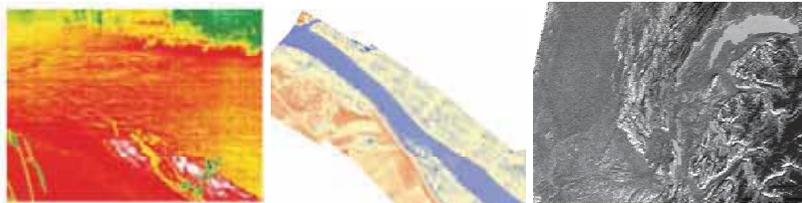
- Radiations réfléchies
- Angle d'observation
- Rugosité eau



Observation verticale



## Imagerie infrarouge thermique (IRT) et rivières



*Cardenas et al., 2008*    *Rivière Ain, Hiver 2011*    *Landsat, Hiver 1999*

### Echelle

#### Sol

Cardenas et al., 2008;  
Dunkel et al., 2009;  
Tonolla et al., 2010

#### Aérienne

Atwell et al., 1971;  
Torgersen et al., 1999;  
Torgersen et al., 2001;  
Loheide & Gorelick,  
2006; Cristea & Burges,  
2009...

#### Satellite

Cherkauer et al.,  
2005; Kay et al.,  
2005; Handcock et al., 2006

## IRT aérienne : possibilités

□ **Résolution spatiale** : en fonction des paramètres de vol et de la caméra thermique, de quelques mètres à une dizaine de cm

□ **Précision** : jusqu'à inférieur à 1°C. Correction atmosphériques.

**Différences absolues vs relatives**

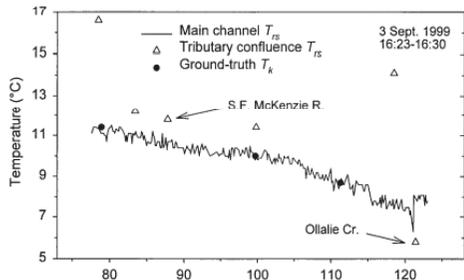
*Torgersen et al. (2001)*



*Cristea & Burges (2009)*

### IRT aérienne : limites

- ❑ **Limites spatiales** : profils souvent limités à **quelques dizaines de km** au maximum : Torgersen et la., 2001
- ❑ **Limites temporelles** : Information ponctuelle par rapport à des thermomètres in situ & souvent un unique vol
- ❑ **Limites économiques** :
  - Caméra thermique : ~ 30 000€
  - Location hélico : ~ 500€ HT/heure



VarioCAM® InfraTec

Torgersen et al., 2001

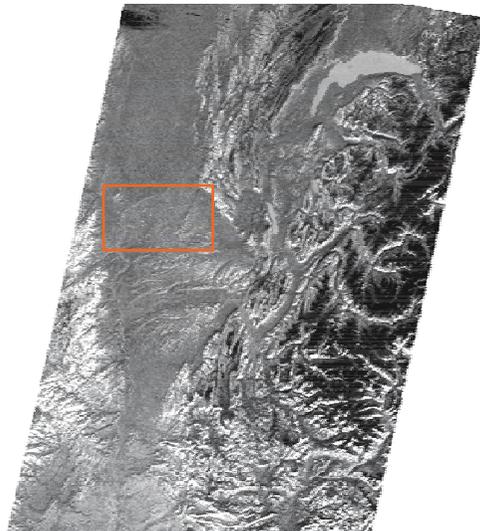
### IRT satellite : possibilités

- ❑ **Nombreuses images disponibles** : variations temporelles et saisonnières
- ❑ **Accès gratuit**
- ❑ **Amélioration de la résolution thermique** :
  - Landsat 5 : 240 m
  - Landsat 7 : 60 m

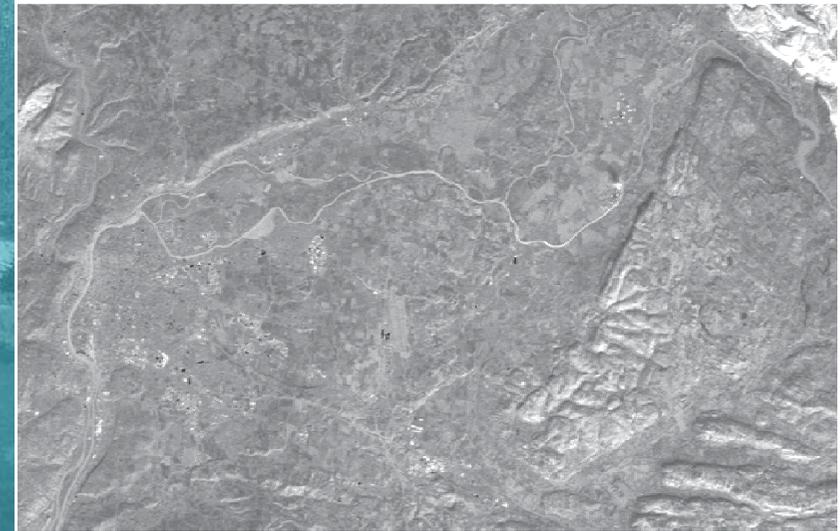


### Images thermiques ETM+

TM6 : IRT  
 11h20 (heure locale)  
 7 Décembre 1999  
 Noir : froid  
 Blanc : chaud



### Images thermiques ETM+

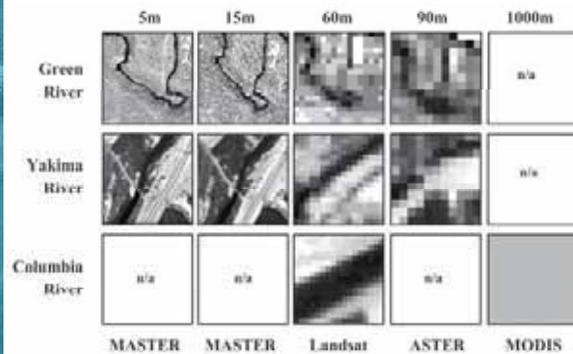


### IRT satellite : limites

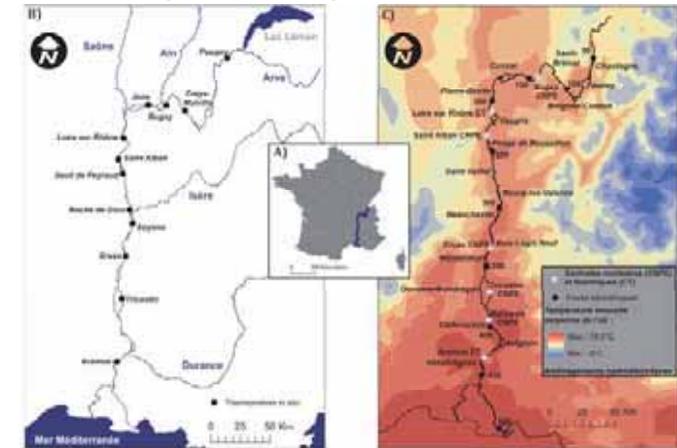
❑ Limites spatiales : meilleure résolution 60 m Landsat ETM+

❑ Heure fixe des images

IRT : **3 pixels** de large (Handcock et al., 2006)



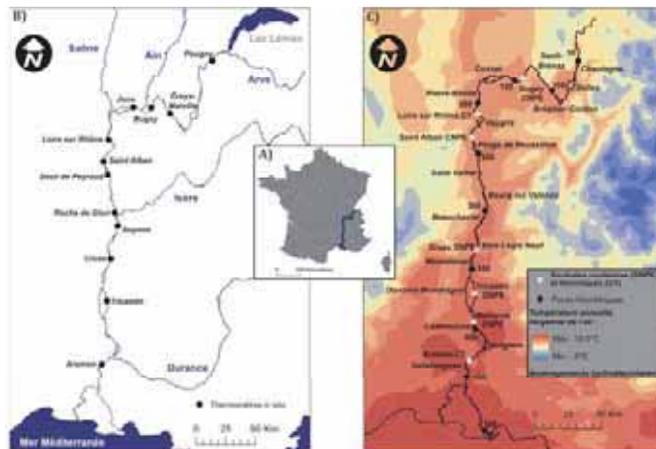
### Pourquoi la température du Rhône



Depuis 1977 : 12 stations T° *in situ* (EDF) : mais infos locales

**But : Évaluer les structures thermiques du Rhône entre 1999 et 2009 en utilisant des images thermiques Landsat ETM+ (83 dates)**

### Pourquoi la température du Rhône



- Évaluer les effets thermiques des sources ponctuelles (affluents principaux et Centres Nucléaires de Production Électrique (CNPE))
- Estimer les impacts thermiques des aménagements hydro-électriques

### Méthode



❑ IRT : **3 pixels** de large (Handcock et al., 2006)

↳ Landsat ETM+ : 180 m

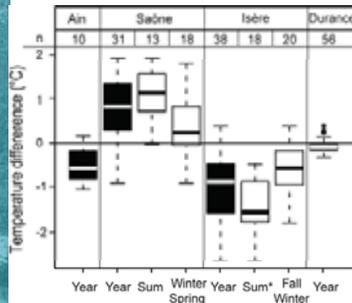
❑ Identification de l'eau :

- Indice Spectral (Xu Hanqui, 2006)
- BDortho® & BDtopo® (Agence de l'eau)

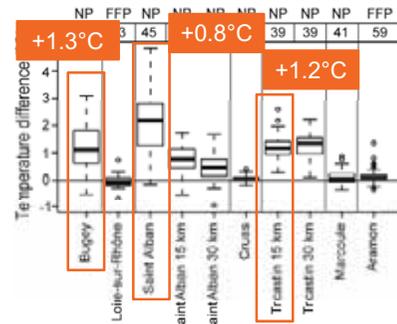
↳ Pixels « purs » eau

❑ Incertitude moyenne : 0.5°C

### Sources ponctuelles : affluents et CNPEs



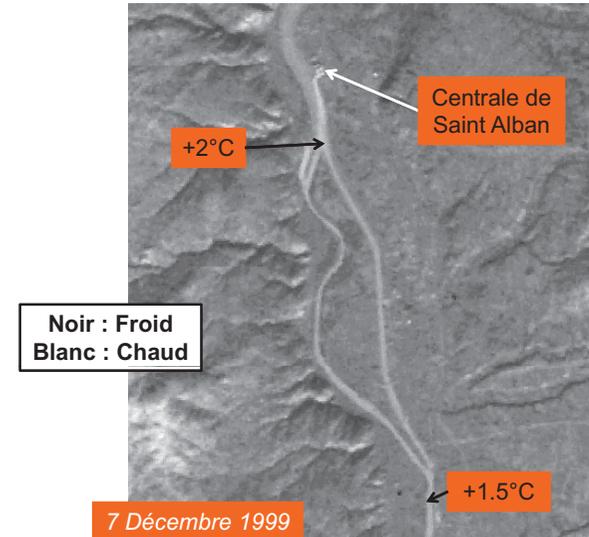
- Confirmation des calculs théoriques (Poirel, 2004)
- Débit** : impacts forts des centrales nucléaires pour les conditions d'étiage



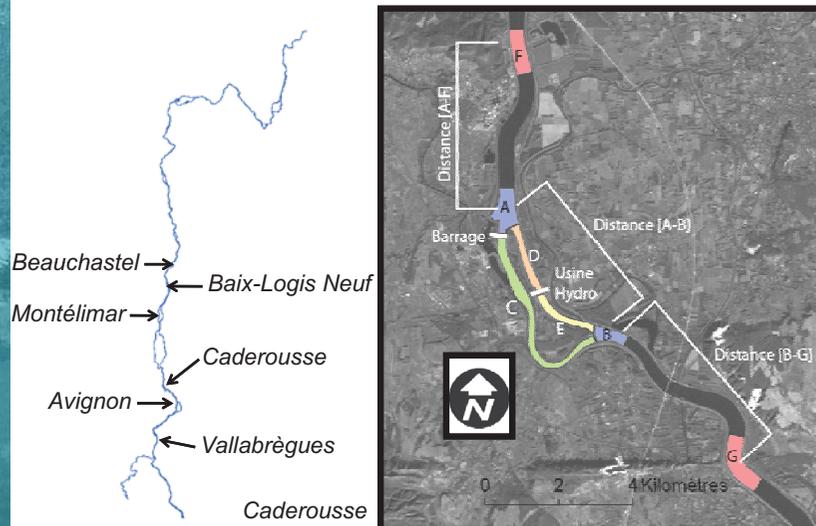
NP : nuclear plant. FFP : fossil-fuel plant

- Isère**: source d'eau froide
- Saône**:
  - Source d'eau chaude l'été
  - Mauvaise représentativité des données satellites durant l'hiver (nuages)

### Panache CNPE



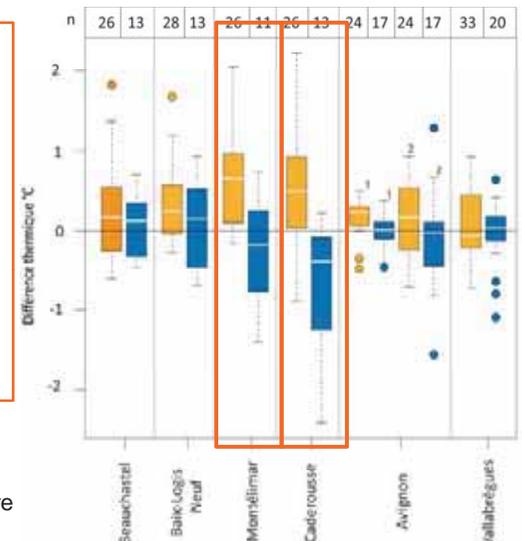
### Aménagements hydroélectriques



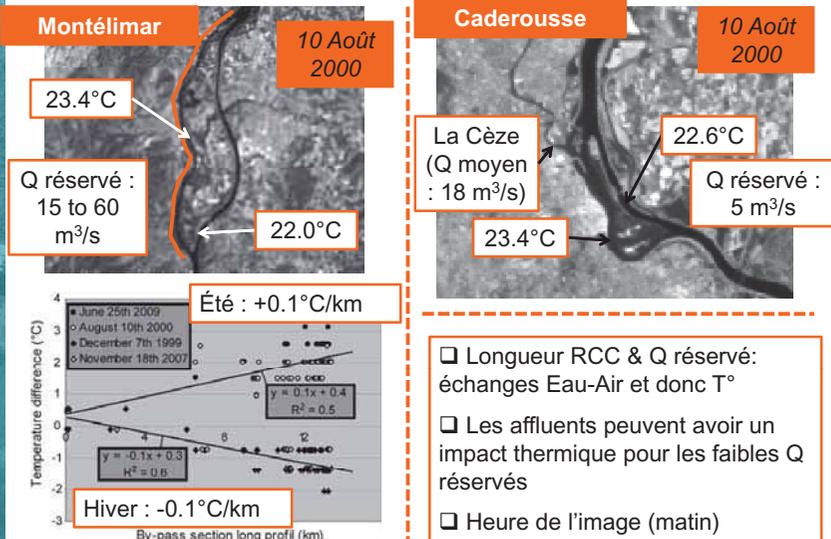
### Aménagements hydroélectriques

- Différences thermiques entre le RCC et le canal**:
  - >0 : RCC + chaud que canal
  - <0 : RCC + froid que canal
- Variations saisonnières**
- Montélimar et Caderousse**

- Été (Avril à Septembre)
- Hiver (Octobre à Mars)



## Aménagements hydroélectriques



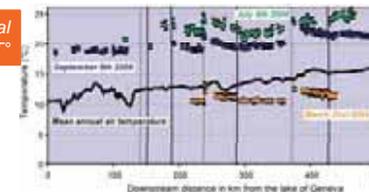
## Thermie Rhône

### Structures thermiques

#### Échelle régionale :

- Affluents, CNPEs, Lac Léman, Température de l'air
- Pas d'effet des aménagements hydroélectriques

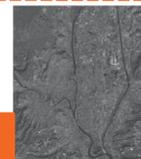
Profils longitudinal de T°



#### Échelle du tronçon :

- RCCs plus sensibles à la température de l'air que les canaux (Poirel, 2004)
- Longueur du RCC et Q réservé
- Affluents et rapports de Q
- Autres aménagements

Aménagement de Donzère-Mondragon



#### Échelle locale :

- Hétérogénéité thermiques (latérales) dans le RCC (apports phréatiques, hyporhéiques...)
- Importance écologique
- Meilleure résolution (1m)



Bras mort dans un RCC (J. Riquier)

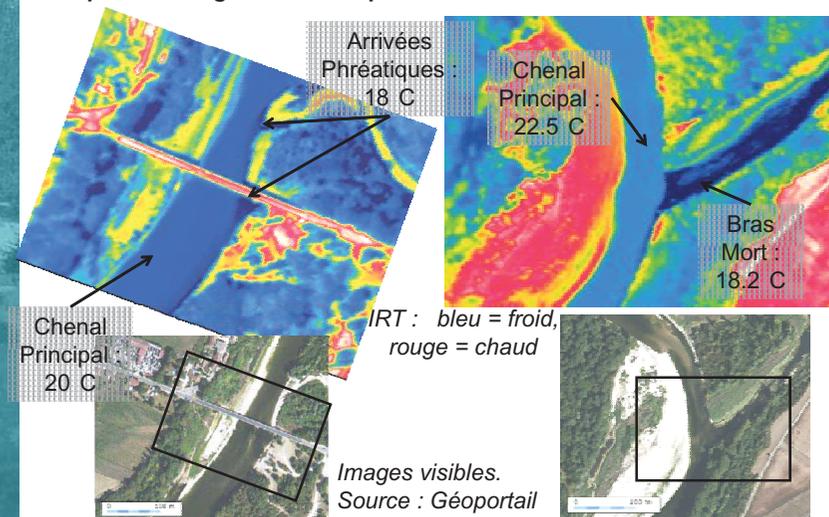
## Perspectives

Autres vecteurs envisageables pour une meilleure résolution :



## Perspectives

Exemple de l'imagerie IRT aéroportée sur l'Ain :



## **Influence de l'hydrologie et du régime thermique sur les peuplements de poissons du Rhône**

---

Georges CARREL – Hervé CAPRA, Cemagref  
Jean-Michel OLIVIER, UMR 5023, Université Lyon 1



# *Influence de l'hydrologie et du régime thermique sur les peuplements de poissons du Rhône*

---

Georges Carrel, Cemagref Aix-en-Provence - Hervé Capra, Cemagref Lyon & Jean-Michel Olivier, UMR CNRS 5023

Les peuplements piscicoles constituent de bons descripteurs des altérations historiques du fleuve, et de parfaits intégrateurs des modifications des écosystèmes aquatiques par le changement climatique.

A partir des données disponibles depuis environ un siècle, une analyse des notes d'occurrence des espèces dans six grandes entités géographiques (2 sur le Haut-Rhône, 3 sur le Bas-Rhône et la section aval de la Saône) au cours de quatre périodes (1910-1950, 1975-1987, 1988-2003 & 2004-2010) montre que les assemblages piscicoles contemporains de poissons changent rapidement. La situation initiale (antérieure à 1950) est caractérisée par la présence des grands migrateurs sur l'axe rhodanien, par une large répartition des espèces rhéophiles et la présence encore limitée des premières espèces allochtones. L'aménagement hydroélectrique de l'axe rhodanien a modifié radicalement la répartition spatiale et créé des milieux artificiels de grandes dimensions. De nouvelles espèces sont apparues au cours des années 1980. La hausse thermique entraîne la régression d'espèces d'eau froide, le succès des espèces thermophiles, et notamment des nouvelles espèces allochtones.

Ces changements identifiés à large échelle sont importants et particulièrement rapides comme le montrent les analyses détaillées des chroniques disponibles sur le Rhône depuis les années 1980. La chronique piscicole de la retenue de Montélimar (1983-2010) est donnée à titre d'exemple. Les espèces sont séparées en plusieurs taxons en fonction de la taille des individus. Les changements majeurs observés sont le reflet d'une augmentation des effectifs et de la richesse, principalement liés à la part croissante des juvéniles dans les captures mais également des espèces de petite taille.

Le changement climatique agit sur des facteurs clefs du fonctionnement des hydrosystèmes (la température et les précipitations). Il se traduit par une modification progressive des régimes hydrologiques du Rhône, un fleuve dont

le débit est fortement dépendant de ses apports nivaux. La diminution de l'enneigement en montagne, la précocité de la fonte nivale et la baisse des apports hydriques en fin d'été amplifient la hausse estivale de la température des eaux et prolongent la période chaude. Ils favorisent ainsi la précocité et le succès de la reproduction, la croissance des juvéniles, l'augmentation des proportions des espèces thermophiles et lénotophiles.

Les nouvelles contraintes physiques amplifient également des impacts anthropiques dont les effets sont sous-estimés face à l'ampleur des acteurs climatiques. Des modifications des modalités de gestion de la production énergétique (régime d'éclusées, rejets thermiques) amènent de nouvelles interrogations quant à leurs effets potentiels sur les poissons. De nouvelles technologies autorisent désormais l'observation indirecte des poissons dans des milieux perturbés de grandes dimensions. Les premiers résultats des études par télémétrie acoustique faites sur le Rhône à Bugey permettent d'évaluer le rôle des contraintes physiques locales sur la distribution des espèces.

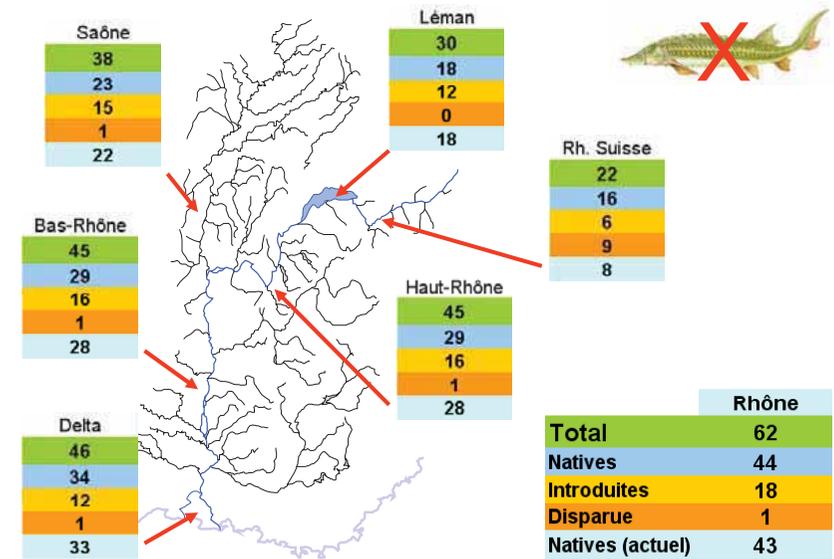
Des approches distinctes mais complémentaires, faites à plusieurs échelles spatiales et temporelles, et relatives aux divers stades de développement des poissons (larves, juvéniles, adultes), sont en cours pour préciser le rôle des facteurs hydroclimatiques et de l'habitat sur les populations de poissons.

Malgré les efforts importants consentis pour la réduction de la pollution et la restauration de la connectivité fluviale, les peuplements piscicoles sont actuellement marqués par leur instabilité.

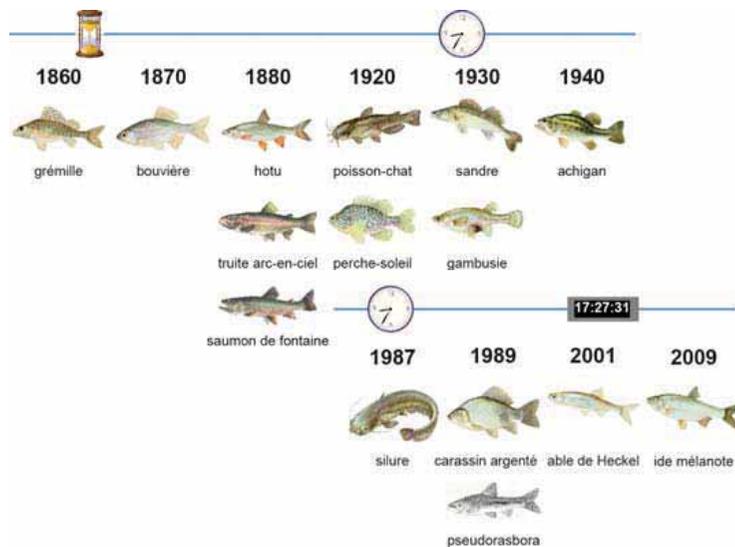
# Influence de l'hydrologie et du régime thermique sur les peuplements de poissons du Rhône

Georges Carrel, Cemagref Aix-en-Provence  
 Hervé Capra, Cemagref Lyon  
 Jean-Michel Olivier, UMR CNRS 5023, Lyon

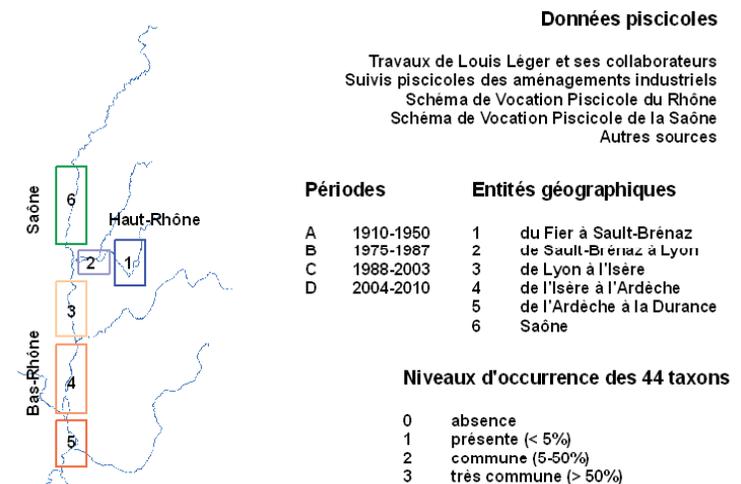
## Biodiversité piscicole sur l'axe rhodanien



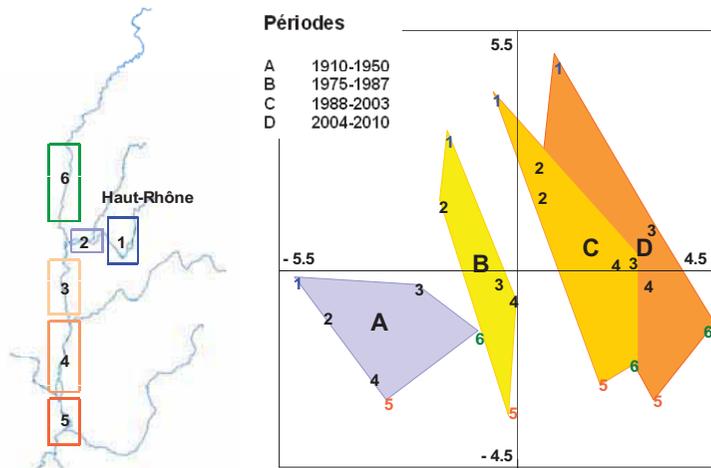
## Chronologie du signalement de nouvelles espèces sur le Rhône



## Evolution historique des peuplements piscicoles du Rhône en aval du lac Léman

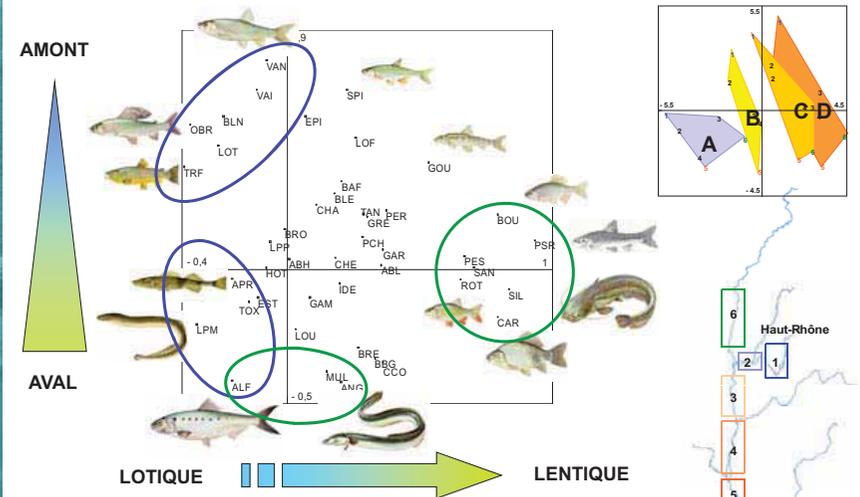


Evolution historique des peuplements piscicoles



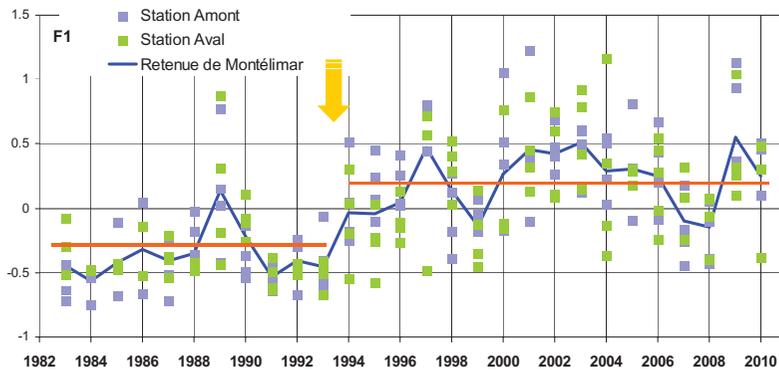
Analyse en Composantes Principales  
Projections sur le plan factoriel F1- F2 des entités géographiques par périodes.

Evolution historique des peuplements piscicoles



Projections sur le plan factoriel F1- F2 des espèces.

Chronique piscicole de la retenue de Montélimar



Représentation fonctionnelle des années biologiques sur l'axe 1 de l'ACP.

La flèche indique la rupture créée par les crues d'octobre 1993 et de janvier 1994

Suivi hydrobiologique du CNPE de Cruas-Meysses

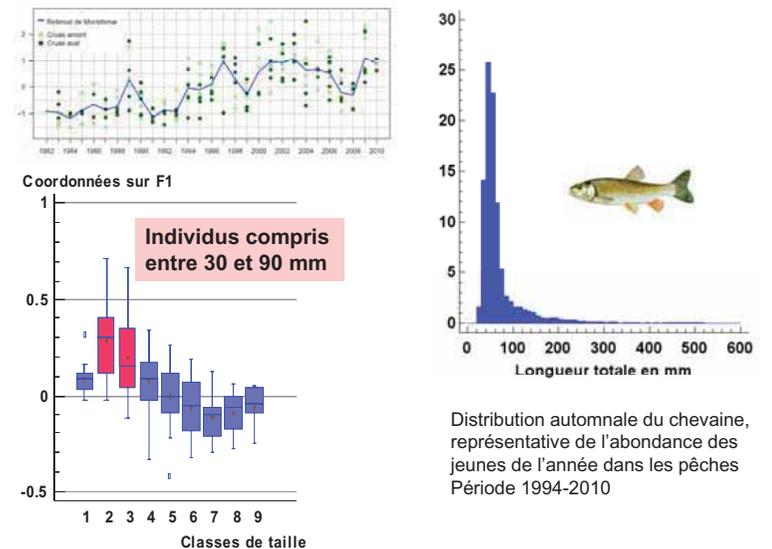
Deux stations (lotique et lentique), 4 campagnes de pêches/an, 207 pêches de 1983 à 2010

Trente-sept espèces (sauf 8) mises en classes de taille

(0-29, 30-59, 60-89, 90-119, 120-149, 150-299, 300-449, 450-599 et LT>600 mm)

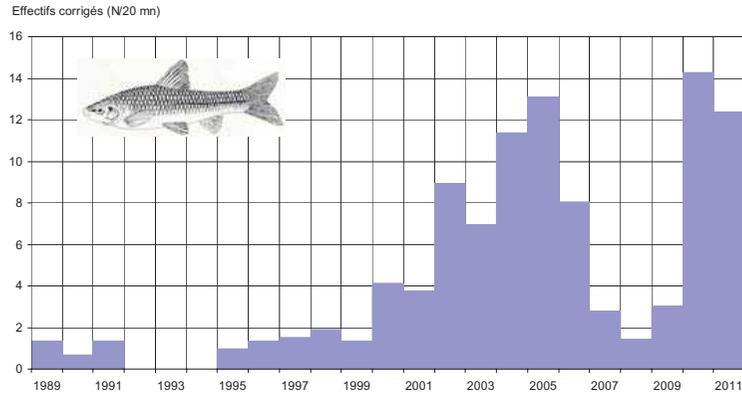
ACPn Inter-années biologiques sur des effectifs corrigés par la durée de pêche

Chronique piscicole de la retenue de Montélimar



Distribution automnale du chevaîne, représentative de l'abondance des jeunes de l'année dans les pêches Période 1994-2010

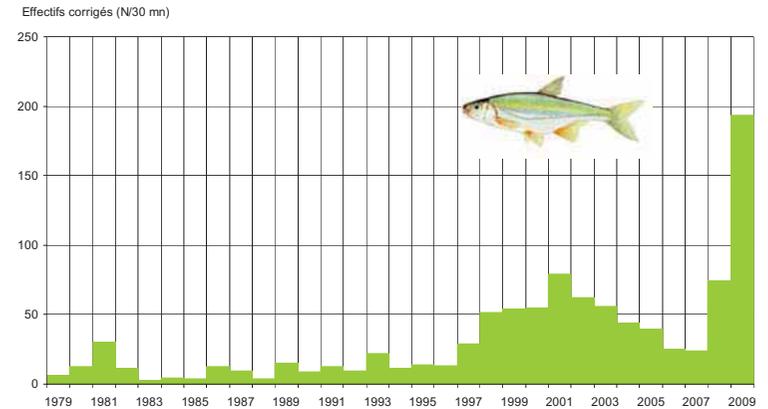
Succès d'une espèce introduite



Evolution inter-annuelle des effectifs du cyprinidé exotique *Pseudorasbora parva* dans la section médiane du Bas-Rhône comprise entre les pK 144 et 210.

Les effectifs sont des valeurs moyennes corrigées sur la base d'un effort de pêche de 20 minutes. Les premières observations datent de décembre 1989.

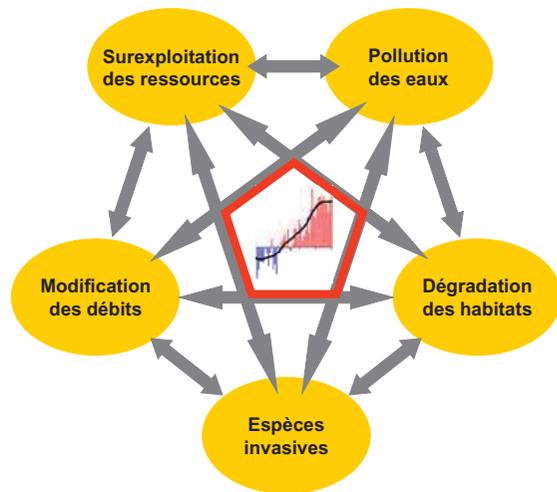
Succès d'une petite espèce native : le spirilin à Bugey



Evolution inter-annuelle des effectifs du cyprinidé *Alburnoides bipunctatus* sur le Haut-Rhône (secteur de Bugey) entre 1979 et 2009.

Les effectifs sont des valeurs moyennes corrigées sur la base d'un effort de pêche de 30 minutes.

Les cinq grandes catégories d'altérations anthropiques : impacts sur la biodiversité des eaux continentales

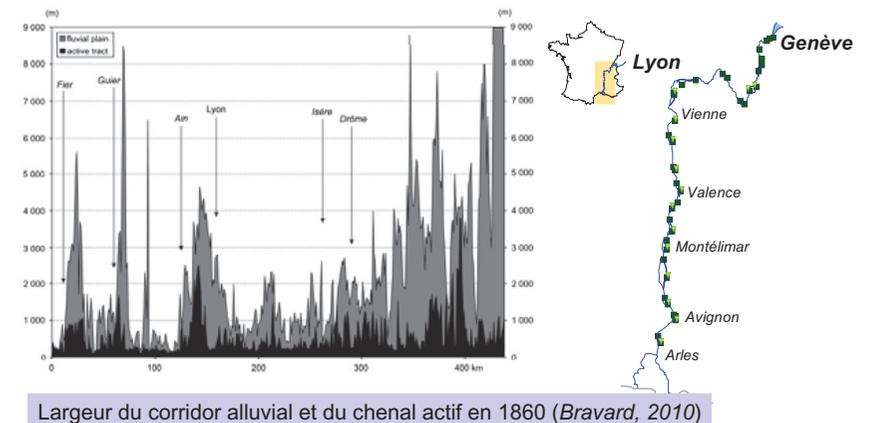


DUDGEON, et al. 2006

Altérations majeures des habitats fluviaux à large échelle

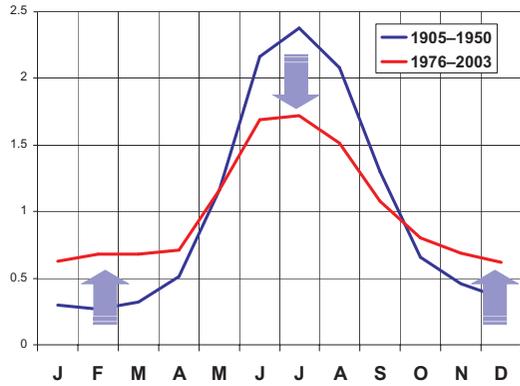
Rhône suisse entre Brig et le lac Léman (Weber et al., 2007)

	1850	1900	1950	2003
Longueur du chenal principal (km)	123.6	119.3	119.3	119.0
Longueur totale du chenal actif (km)	228.8	133.4	132.4	126.6
Longueur de rive (km)	414.4	264.4	257.1	250.6



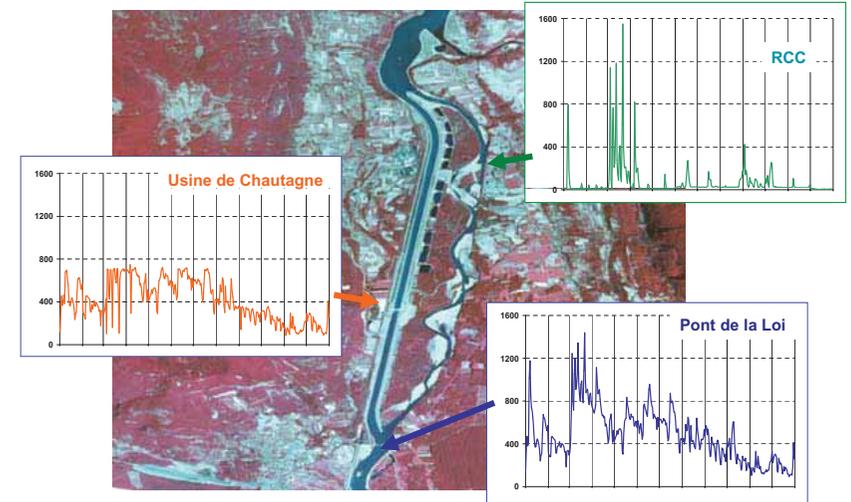
Largeur du corridor alluvial et du chenal actif en 1860 (Bravard, 2010)

Une modification des régimes hydrologiques



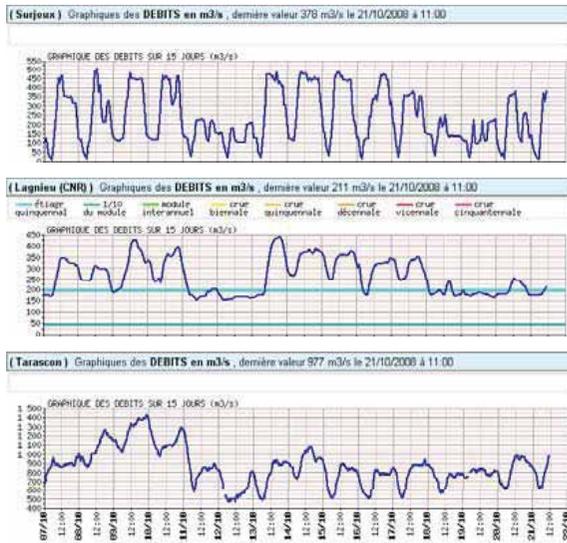
Coefficients de Pardé moyens (Q mensuel/Q annuel). Le Rhône à Porte du Scex avant et après la réalisation des grands barrages (Meile et al., 2011)

Des conditions hydrauliques contrastées à l'échelle locale

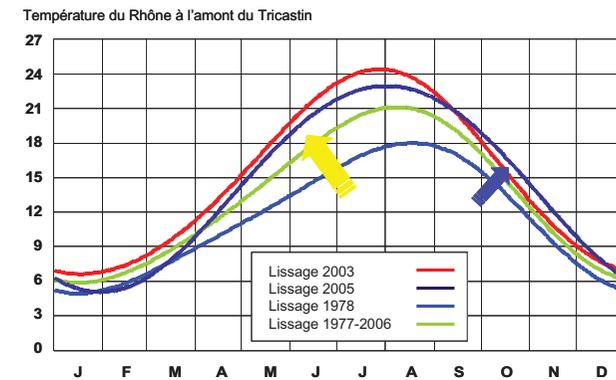


Débits moyens journaliers du Rhône en 2001 en Chautagne (débits turbinés, débits de la section court-circuitée et du fleuve au droit de l'aménagement (données CNR)

Des fluctuations horaires marquées sur l'axe fluvial

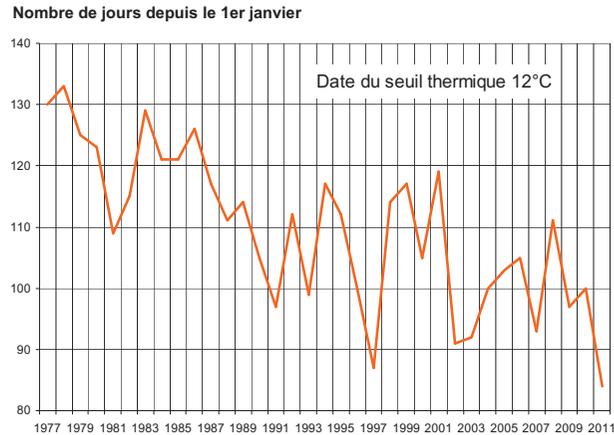


Modification du régime thermique saisonnier



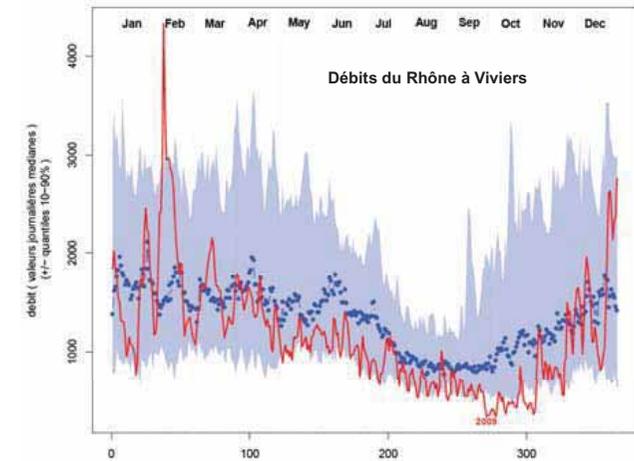
Lissages thermiques saisonniers. Années extrêmes (froide : 1978 – chaude : 2003) et moyenne pour la période 1977-2006. Données eDF-DTG

### Accélération de la hausse thermique printanière



Evolution inter-annuelle de la date de passage du seuil thermique 12°C en amont de Tricastin (données eDF-DTG).

### Tendances annoncées pour les débits du Rhône



#### Débits du Rhône à Viviers

En rouge, les débits moyens journaliers de l'année 2009. En bleu, les valeurs journalières médianes et les quantiles 10-90% pour la période 1980-2010 (données CNR, fig. Baptiste Testi).

### Face à cette complexité fluviale ... quelques études en cours sur le rôle des facteurs hydrologiques et thermiques

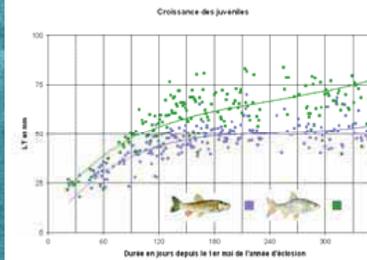
Analyse spatiale et temporelle de la taille des juvéniles sur l'axe rhodanien (de Chautagne à Vallabrègues)

Evaluation du succès de la reproduction des cyprinidés sur le Bas-Rhône (Péage, Montélimar, Donzère & Caderousse)

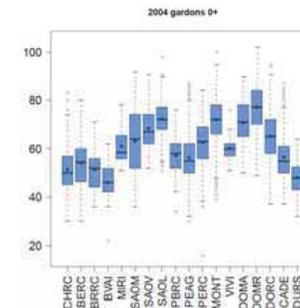
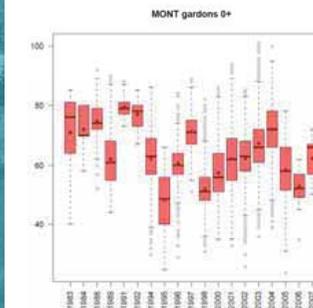
Etude de la dynamique saisonnière d'apparition et de croissance des espèces dans deux tronçons court-circuités (RCC de Péage et de Baix)

Fonctionnement des annexes refuges en regard de l'hétérogénéité thermique (RCC de Péage)

Utilisation de l'habitat par les poissons et réponses comportementales face aux contraintes hydrauliques et thermiques (Secteur de Bugey)

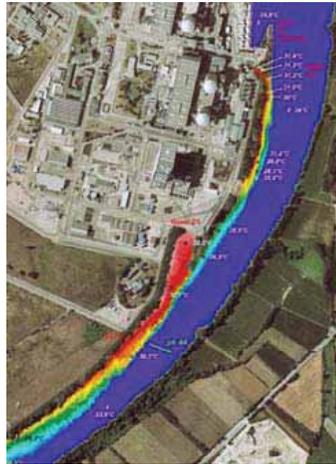


### Analyse spatiale et temporelle de la taille des juvéniles sur l'axe rhodanien (de la Chautagne à la Durance)



Travaux de Mariène Meynard et al., Cemagref Aix-en-Provence (Projet Rhône phase 4 - EDF, Union Européenne-Feder, et Agence de l'Eau RM&C)

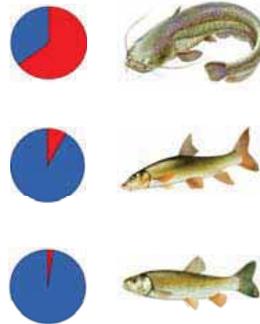
Utilisation de l'habitat par les poissons et réponses comportementales face aux contraintes hydrauliques et thermiques à proximité du CNPE Bugey



(propriété EDF; présentée avec accord EDF)

Forte ségrégation spatiale avec un évitement significatif du panache thermique par le barbeau et le chevain

Le silure, espèce thermophile, utilise préférentiellement la rive gauche échauffée



Travaux de Julien Bergé et al. 2011 – Cemagref Lyon (Projet Rhône phase 4 - EDF, Union Européenne-Feder, et Agence de l'Eau RM&C)



Merci

Bibliographie non exhaustive

DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M., O, KAWABATA, Z.-I., KNOWLER, D., J., LEVEQUE, C., NAIMAN, R., J. PRIEUR-RICHARD, A.-H., SOTO, D., STIASSNY, M., L. J & SULLIVAN, C., A (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. - *Biological Reviews* 81: 163-182.

BRAVARD, J.-P. (2010): Discontinuities in braided patterns: The River Rhône from Geneva to the Camargue delta before river training. - *Geomorphology* 117: 219-233.

BRAVARD, J.P. & CLEMENS, A. (Eds) (2008): Le Rhône en 100 questions. - GRAIE, Villeurbanne, 295 pp.

BUNN, S.E. & ARTHINGTON, A.H. (2002): Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30: 492-507.

CARREL, G. (2002): Prospecting for historical fish data from the Rhone River basin: a contribution to the assessment of reference conditions. - *Arch. Hydrobiol.* 155: 273-290.

DAUFRESNE, M. & BOET, P. (2007): Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers. - *Glob. Change Biol.* 13: 2467-2478.

DAUFRESNE, M., ROGER, M.C., CAPRA, H. & LAMOUROUX, N. (2003): Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. - *Glob. Change Biol.* 10: 124-140.

KHALANSKI, M., CARREL, G., DESAINT, B., FRUGET, J.-F., OLIVIER, J.-M., POIREL, A. & SOUCHON, Y. (2008): Étude thermique globale du Rhône - Impacts hydrobiologiques des échauffements cumulés. - *Hydroécol. Appl.* 16: 53-108.

MEILE, T., BOILLAT, J.L. & SCHLEISS, A.J. (2011): Hydropeaking indicators for characterization of the Upper-Rhone River in Switzerland. - *Aquat. Sci.* 73: 171-182.

OLIVIER, J.M., CARREL, G., LAMOUROUX, N., DOLE-OLIVIER, M.J., MALARD, F., BRAVARD, J.P. & AMOROS, C. (2009): The Rhône River Basin. - In: TOCKNER, K., UEHLINGER, U. & ROBINSON, C.T. (Eds), *Rivers of Europe*. Academic Press, Elsevier, London, pp. 247-299.

PETTS, G.E. & AMOROS, C. (Eds) (1996): *Fluvial hydrosystems*. - Chapman & Hall, London, 322 pp.

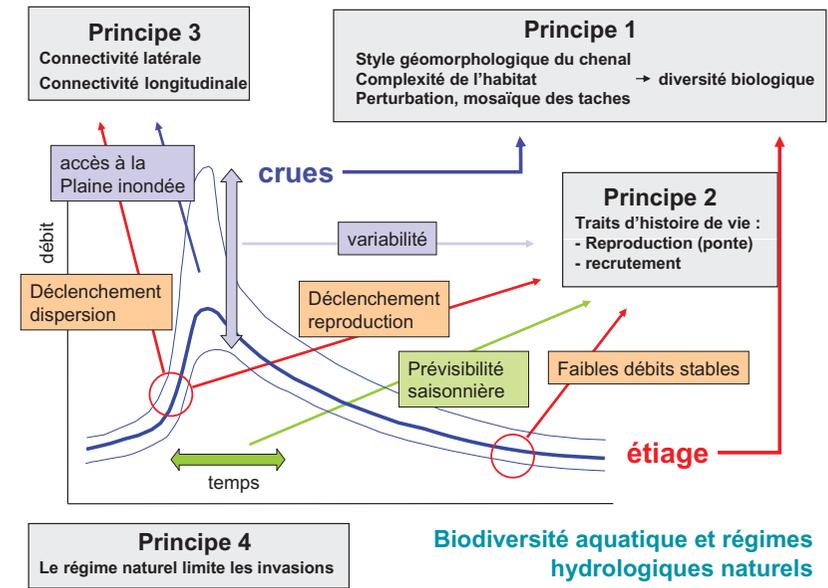
POIREL, A., LAUTERS, F. & DESAINT, B. (2008): 1977-2006 : Trente années de mesures des températures de l'eau dans le Bassin du Rhône. - *Hydroécol. Appl.* 16: 191-213.

VAN DAMME, D., BOGUTSKAYA, N., HOFFMANN, R.C. & SMITH, C. (2007): The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. - *Fish and Fisheries* 8: 79-106.

WEBER, C., PETER, A. & ZANINI, F. (2007): Spatio-temporal analysis of fish and their habitat: a case study on a highly degraded Swiss river system prior to extensive rehabilitation. - *Aquatic Sciences - Research Across Boundaries* 69: 162-172.

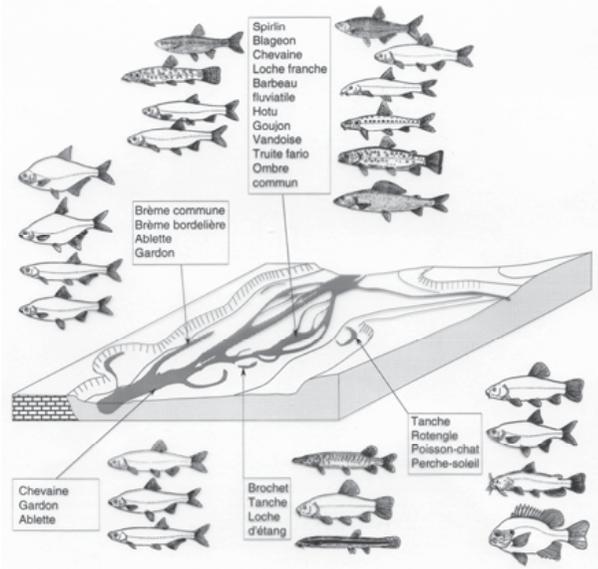
Illustrations

PIVNICKA, K. & CERNY, K. (1987): *Poissons*. - GRÜND, Paris, 304 p.



Biodiversité aquatique et régimes hydrologiques naturels

BUNN & ARTHINGTON (2002)



Petts G.E. & Amoros C. (Eds.) (1996) *Fluvial hydrosystems*. Chapman & Hall, London.

## **Invasions biologiques: processus, espèces en cause et facteurs promoteurs**

---

Jean-Nicolas BEISEL, Université de Metz



## *Invasions biologiques: processus, espèces en cause et facteurs promoteurs*

---

Jean-Nicolas Beisel, Université Paul Verlaine – Metz

Les espèces exotiques strictement d'eau douce rencontrées sur le territoire métropolitain comprennent au moins 46 invertébrés, 16 oiseaux, 1 reptile, 5 amphibiens, 7 mammifères, 23 poissons, 1 algue, 2 bryophytes, 3 ptéridophytes et 52 plantes à fleurs. Le transport fluvial et le commerce d'espèces sont les deux principales causes d'introduction de ces nouvelles espèces. Leur nombre ne cesse de croître, et au moins 4 nouveaux exotiques ont été répertoriés pour la seule année 2011. Le territoire ponto-caspien (Mer Noire, Mer d'Azov, Mer Caspienne et les secteurs avals des grands fleuves qui s'y jettent) est toujours le bassin donneur le plus important pour l'Ouest de l'Europe. Un des corridors les plus empruntés est l'axe navigable Rhin-Main-Danube dont le trafic a augmenté depuis l'amplification en 1992 du transport à grand gabarit sur cet axe suite à des aménagements de canaux.

Quels sont les milieux les plus touchés ? Force est de constater que les secteurs avals les plus anthropisés sont les plus riches en espèces exotiques. Ils constituent souvent des portes d'entrées au sein d'un bassin versant, du fait des usages que nous en faisons. Des vecteurs naturels ou

des comportements irréfléchis d'usagers dispersent ensuite sur de plus courtes distances les exotiques nouveaux venus. Paradoxalement, les travaux de restauration de la continuité écologique (trame bleue) permettent également à des espèces comme l'écrevisse de Californie de gagner des territoires à partir d'un point d'introduction.

Les introductions d'espèces sont un symptôme de la mondialisation et peuvent être considérées comme partie intégrante des changements globaux. Un faisceau d'éléments porte à croire que les changements climatiques vont influencer de nouvelles introductions, l'extension d'espèces présentes et des invasions (prolifération). Les activités humaines dérèglent le fonctionnement des écosystèmes, ce qui fait le lit d'espèces prolifiques qui ne sont pas régulées par les facteurs naturels qui les contraignent sur leur milieu d'origine (ressources limitées, compétiteurs, pathogènes, parasites, prédateurs). Il est par conséquent à craindre que les proliférations ponctuelles soient de plus en plus fréquentes, même si les espèces exotiques, souvent sur le devant de la scène, ne seront pas les seules en cause dans ces phénomènes.

# Invasions biologiques: processus, espèces en cause et facteurs promoteurs

Jean-Nicolas Beisel  
(CNRS UMR 7146 – UPVM)

## Un peu de sémantique...

Espèces **exotiques** ....

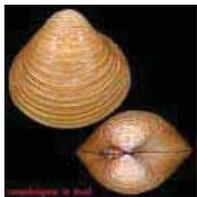
= { *non-indigène*  
*non-native*  
*introduite*  
*'alien'*  
*allochtone*



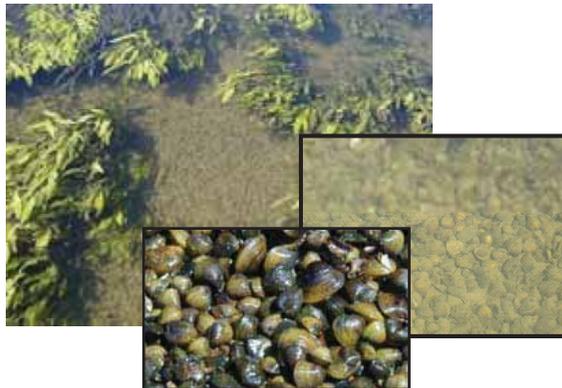
= une **espèce introduite** dans un écosystème **en dehors de son aire de répartition naturelle** (i.e. là où elle a évolué).

**Tendance à se disperser**  
et  
**Densités fortes**

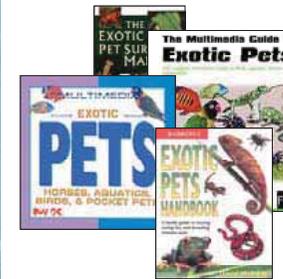
} **Espèce  
invasive**



La palourde  
asiatique  
(*Corbicula fluminea*)



## Vecteur d'introduction



Tortue de Floride  
(*Trachemys scripta*)



Grenouille taureau  
(*Rana catesbeiana*)



Rat musqué  
(*Ondatra zibethicus*)

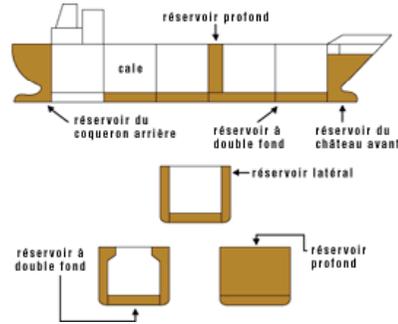


Sangsue américaine  
(*Dugesia tigrina*)



**38 %** des espèces végétales d'eau douce introduites en France l'ont été pour des raisons **ornementales** ...  
**29 %** sont des « évadées » d'**aquariums** (Thiébaud, 2007)

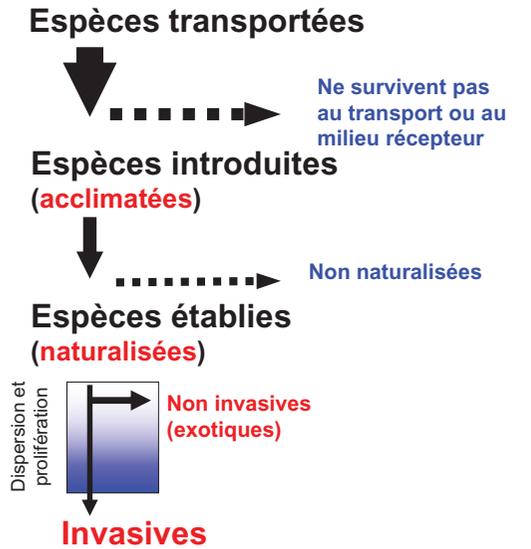
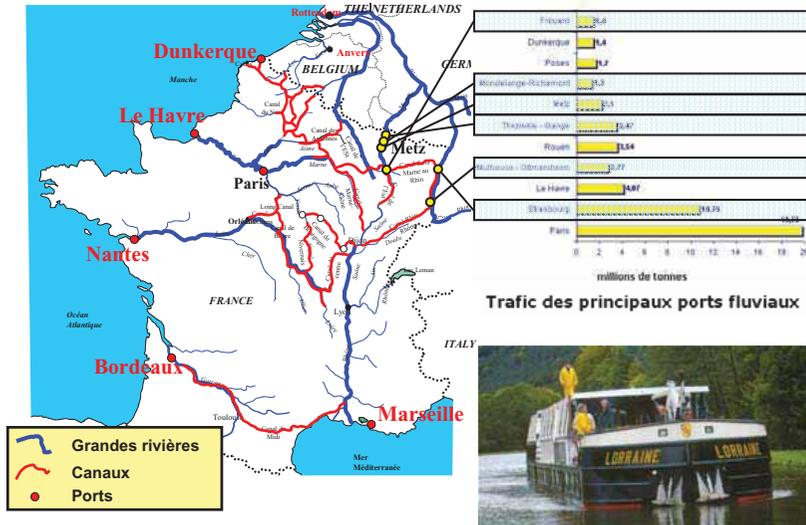
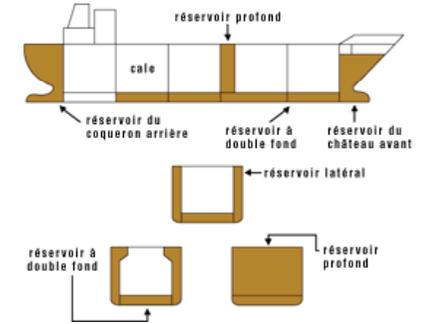
### Vecteur d'introduction



### Vecteur d'introduction

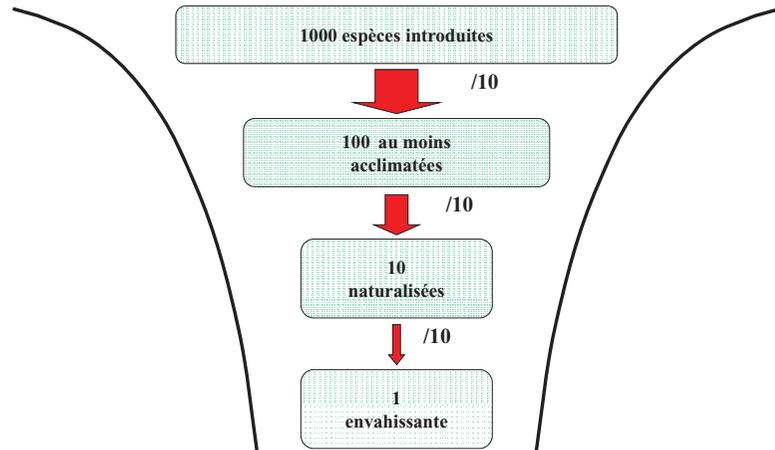


**Le Crabe chinois**  
(*Eriocheir sinensis*)

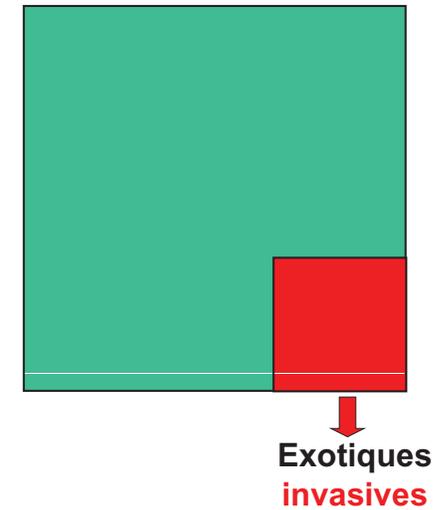


adapté de Kolar & Lodge, 2001

# La règle des dizaines



# Exotiques naturalisées



<p><b>1</b></p>  <p>Reptiles</p>	<p><b>58</b></p> <p>Plantes aquatiques et semi-aquatiques</p>
<p><b>5</b></p>  <p>Amphibiens</p>	<p><b>46</b></p> <p>Invertébrés</p>
<p><b>16</b></p>  <p>Oiseaux</p>	<p><b>27</b></p> <p>Poissons</p>
<p><b>7</b></p>  <p>Mammifères</p>	

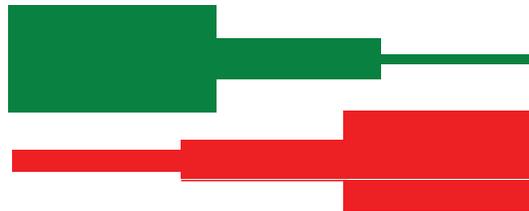
# Nombre d'espèces introduites / Nombre total d'espèces

 <p>Invertébrés</p>	<p><b>46</b></p>	<p><b>3250</b></p>
 <p>Poissons</p>	<p><b>27</b></p>	<p><b>70</b></p>
 <p>Mammifères</p>	<p><b>7</b></p>	<p><b>18</b></p>

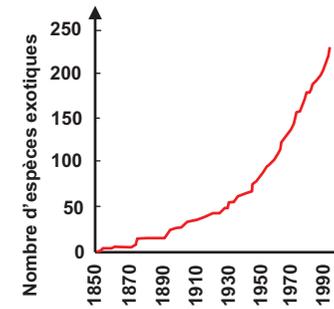


**Moustique tigre**  
*Aedes (Stegomyia) albopictus*

Introductions **volontaires**

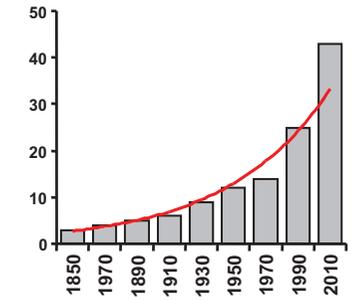


Introductions **involontaires**



**Baie de San Francisco (Etats-Unis)**

Cohen & Carlton 1998



**Eaux douces françaises (Invertébrés)**

Devin et al., 2005



**Crustacé Isopode**  
*Idotea chelipes*



**Moule Quagga**  
*Dreissena bugensis*



**Gobbie à taches noires**  
*Neogobius melanostomus*

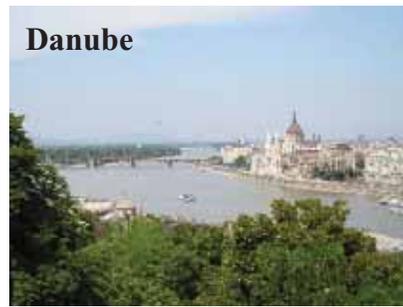


**Sonneur à ventre de feu**  
*Bombina orientalis*





Rhin



Danube



Rhône



Mississipi

Relâchement de pression biotique



NIORT

ENVIRONNEMENT

### Le ragondin envahit la ville

Les cochons du Marais ne lui suffisent plus, il profite en plein paysage urbain. Trois cents pièges vont être déposés sur la Sèvre pour une opération sans précédent.

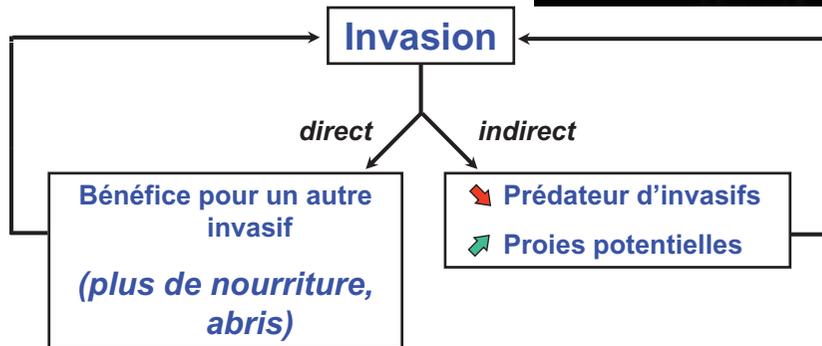
de Breizh (l'origine de la ville). L'écrit qu'on voit et les... d'abord en France, au... de 100 ans. Depuis... que le monde entier... Longjumeau, on a vu naître la... dans cinquante ans.

« On est arrivé. C'est de... d'un côté, à l'autre... plus de pression biotique... de l'écrit qu'on voit et les... d'abord en France, au... de 100 ans. Depuis... que le monde entier... Longjumeau, on a vu naître la... dans cinquante ans.

Le ragondin détruit les... En effet, il est capable de... pour les terres qu'il... comme un geyser.

Étienne Mouton-Robert

L'effet boule de neige



The Invasive Species Cookbook

Conservation Through Gastronomy by J.M. Frank

If you can't beat 'em, eat 'em.

Merci !



# **Dynamique historique des espèces invasives sur le Rhône**

---

Jean-François FRUGET, Aralep



# Dynamique historique des espèces invasives sur le Rhône

---

Jean-François Fruget & Céline Jezequel, ARALEP – Ecologie des Eaux Douces

Contrairement au 19<sup>ème</sup> siècle et à la première moitié du 20<sup>ème</sup>, l'acquisition de connaissances naturalistes lors de la seconde moitié de ce dernier, et encore actuellement, s'effectue sous une forte contrainte anthropique, particulièrement marquée dans la vallée du Rhône en général et sur le fleuve en particulier.

Une majorité des longues chroniques de données portant sur la faune et la flore aquatiques ont été acquises sur le Rhône à la suite de la mise en place de deux grands types d'aménagements industriels, les aménagements hydroélectriques de la CNR d'une part, les centrales électronucléaires d'EDF d'autre part, qui nécessitaient pour les premiers et nécessitent toujours pour les secondes des suivis hydrobiologiques réglementaires depuis le milieu des années 1970.

Dans le cadre du programme de recherches « Etude thermique du Rhône – Phase 4 », nous avons tenté d'élaborer une première synthèse sur la distribution spatiale des macrophytes, macroinvertébrés et poissons estimés comme étant particulièrement représentatifs des changements floristiques et faunistiques consécutifs aux activités humaines. L'accent a notamment été mis sur la colonisation progressive des espèces allochtones. Cette répartition des espèces sur l'axe longitudinal a été étudiée depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle jusqu'à nos jours, en intégrant les données disponibles dans la littérature.

Concernant les macrophytes, l'accent est plus précisément mis sur la famille des Hydrocharitacées (*Elodea spp.*, *Egeria densa*) dont les biomasses peuvent constituer de véritables « marées vertes » en certains endroits du fleuve. Pour les macroinvertébrés, nous nous sommes particulièrement intéressés au groupe des crustacés parmi lesquels 14 espèces exotiques sont présentes sur le Rhône Moyen dans le secteur de Péage-de-Roussillon, dont près des 2/3 sont apparues postérieurement à 1990. Enfin, parmi la quinzaine d'espèces de poissons considérées comme allochtones, nous avons considéré plus spécifiquement le cas de

trois d'entre elles introduites récemment et présentant le plus fort développement de leurs populations, le silure, le pseudorasbora et le carassin argenté.

Les peuplements aquatiques floristiques et faunistiques rhodaniens montrent une évolution graduelle avec le développement et l'implantation durables des espèces allochtones. Cette évolution semble plus particulièrement liée au réchauffement du fleuve, à la modification à large échelle des conditions hydrauliques, aux modalités de gestion des débits, voire à la qualité physico-chimique des eaux.

Toute arrivée d'une nouvelle espèce dans un milieu présente potentiellement des risques pour l'équilibre biologique de celui-ci. Aucune étude sur l'impact réel des nouveaux arrivants n'a été réalisée jusqu'à présent sur le Rhône. On peut toutefois constater que l'altération du milieu favorise le développement des espèces allochtones (cf le Rhin alsacien après l'accident Sandoz au milieu des années 1980). Par conséquent, un écosystème en bonne santé a toutes les chances d'intégrer au mieux ces espèces. Cela plaide donc en faveur de mesures de restauration écologique et hydraulique accrues.

# Dynamique historique des espèces invasives sur le Rhône



Jean-François FRUGET

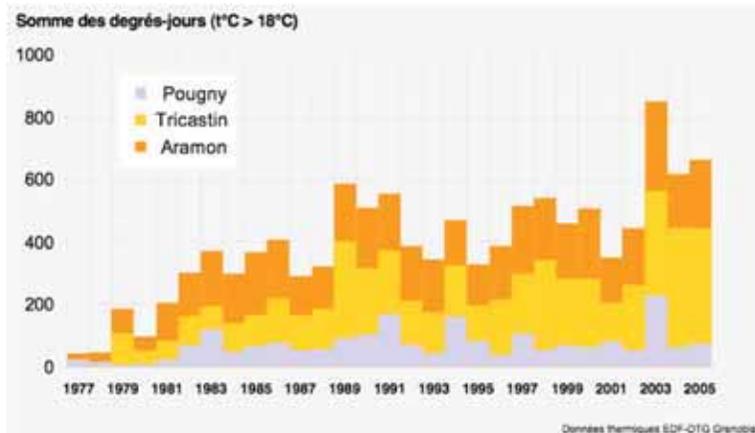
## 1 - Contexte

- Une forte pression humaine sur le fleuve et sa vallée



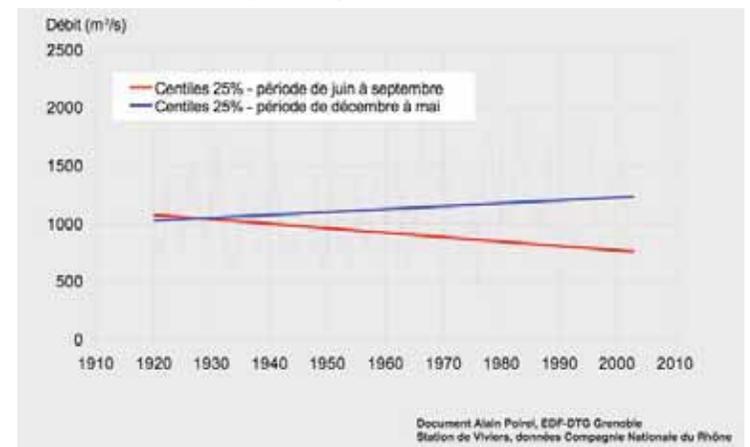
## 1 - Contexte

- Une température de l'eau croissante



## 1 - Contexte

- Des tendances hydrologiques marquées



## 2 - Constat

- Une biodiversité instable

avec des espèces en régression



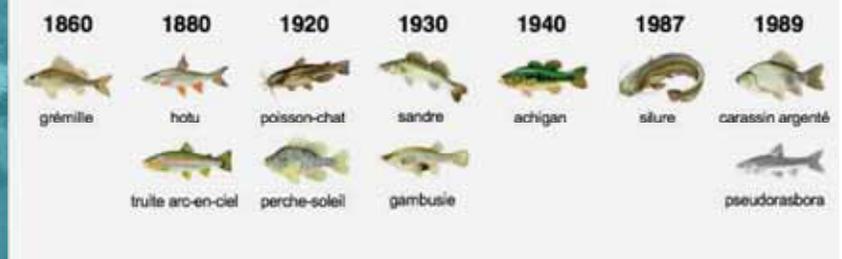
des espèces migratrices en suspens ...



From Carrel, Fruget, Olivier - Hydroécologie 2006

## 2 - Constat

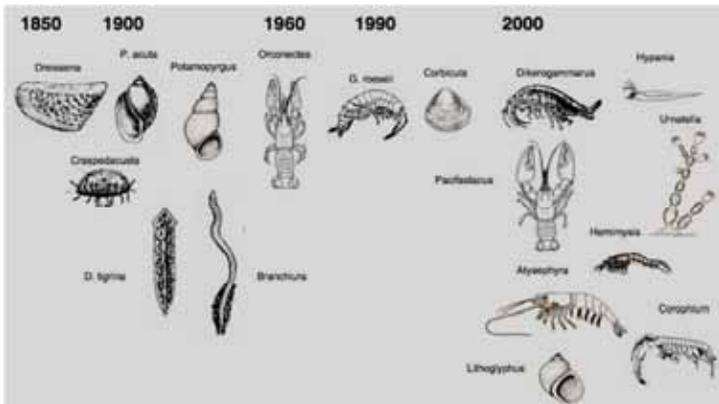
- Une biodiversité instable : arrivée régulière d'espèces nouvelles allochtones (poissons)



From Carrel, Fruget, Olivier - Hydroécologie 2006

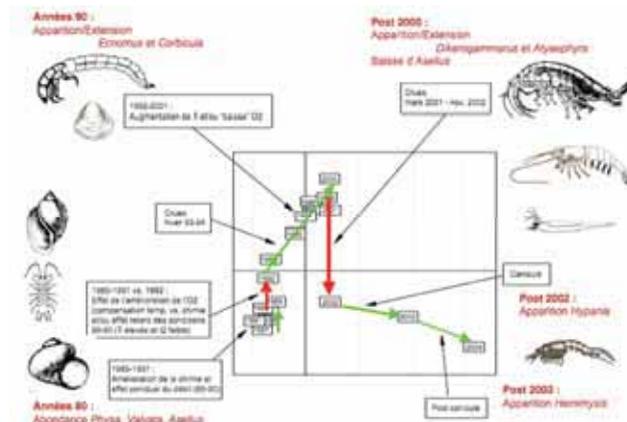
## 2 - Constat

- Une biodiversité instable : arrivée régulière d'espèces nouvelles allochtones (invertébrés)



## 2 - Constat

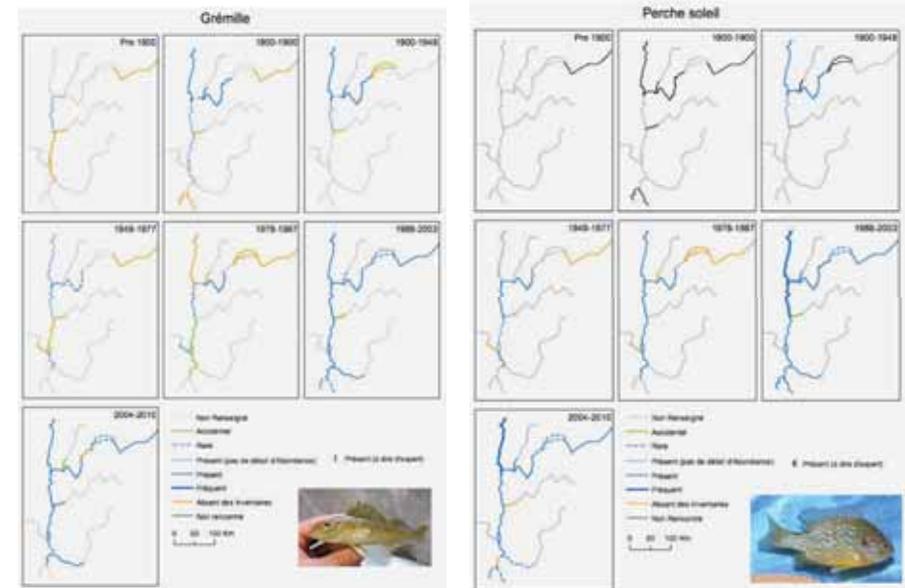
- Une biodiversité instable : des peuplements qui évoluent graduellement



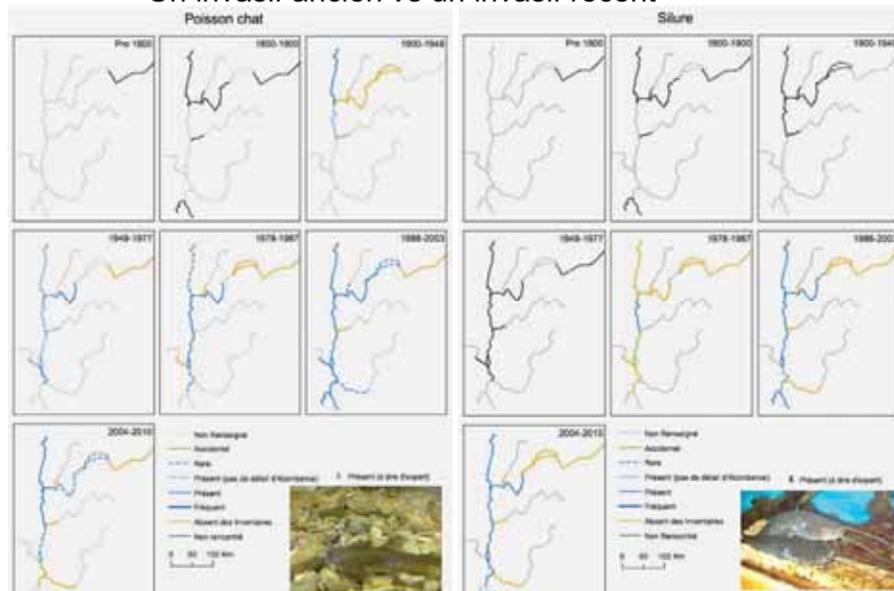
### 3 - Des invasifs « envahissants »

- Une importance grandissante dans les peuplements, l'exemple du Rhône à Péage-de-Roussillon :
  - L'élodée de Nuttall est passée de moins de 25% de recouvrement en 2007 à 50-75% en 2008-2009 tandis que le cératophylle et le myriophylle n'atteignent au mieux que 25%.
  - Les 5 espèces d'invertébrés dominantes sont toutes des espèces invasives et représentent plus de 60% des individus en 2010 (respectivement *J. istri*, *H. invalida*, *C. fluminea*, *P. antipodarum* et *D. villosus*).

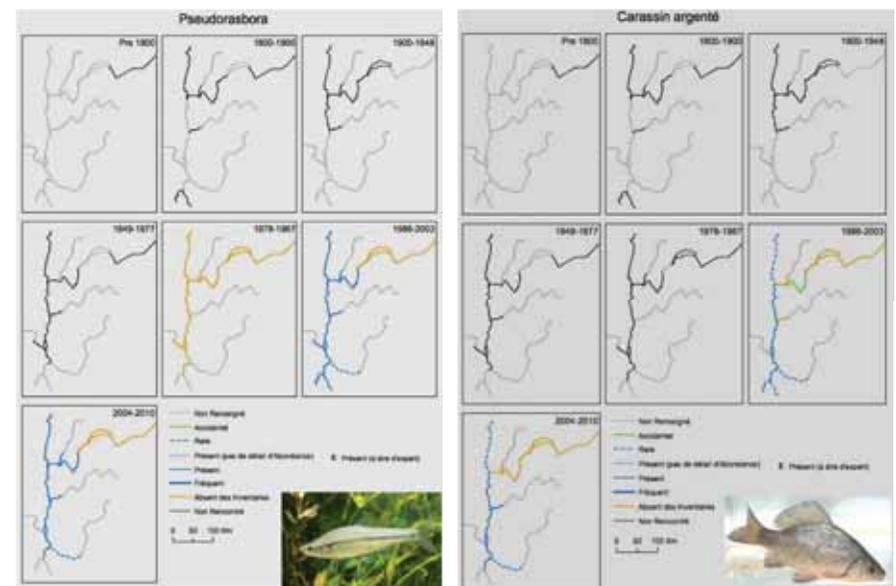
- Des invasifs anciens « naturalisés »



- Un invasif ancien vs un invasif récent

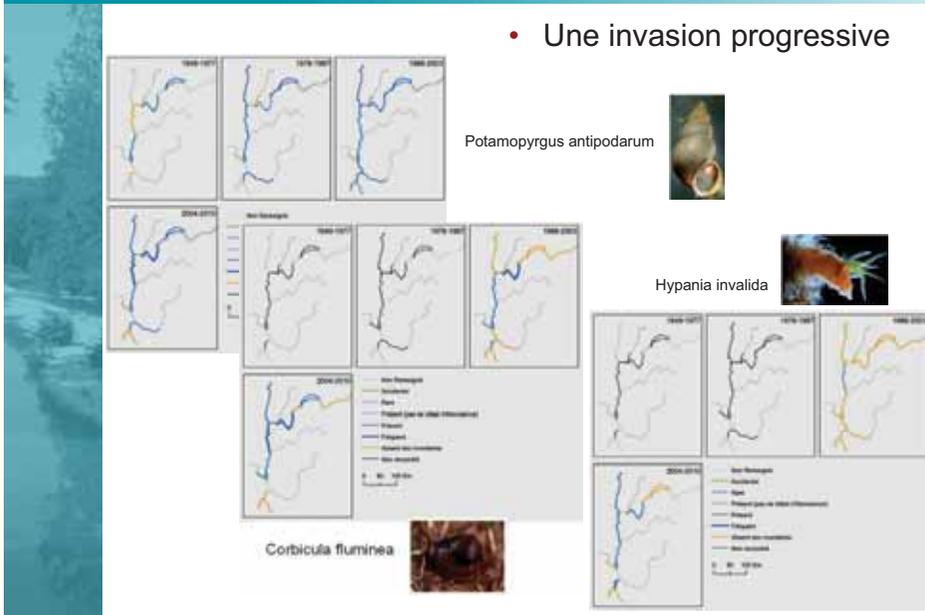


- Deux invasifs récents



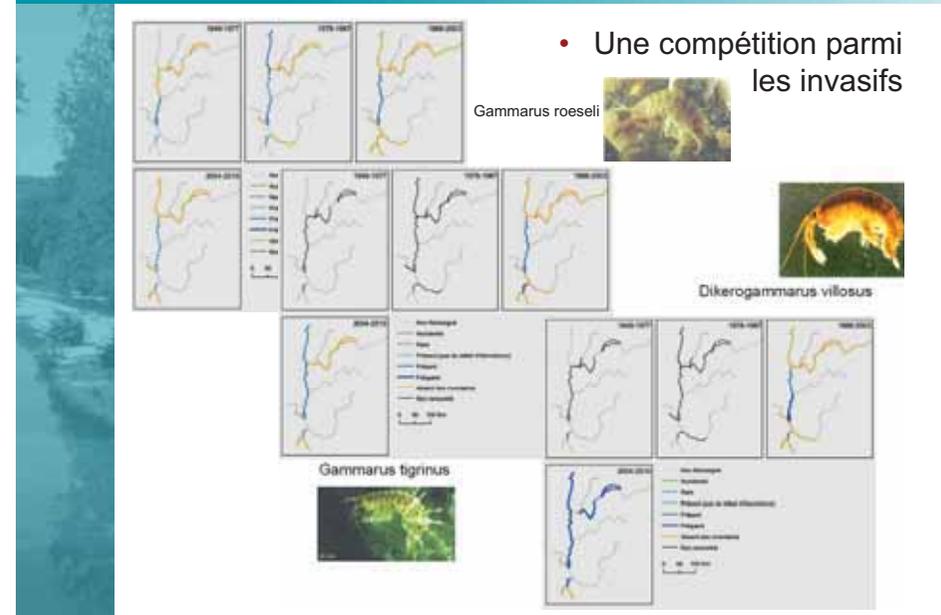
Changement climatique - Biodiversité - Invasion

- Une invasion progressive



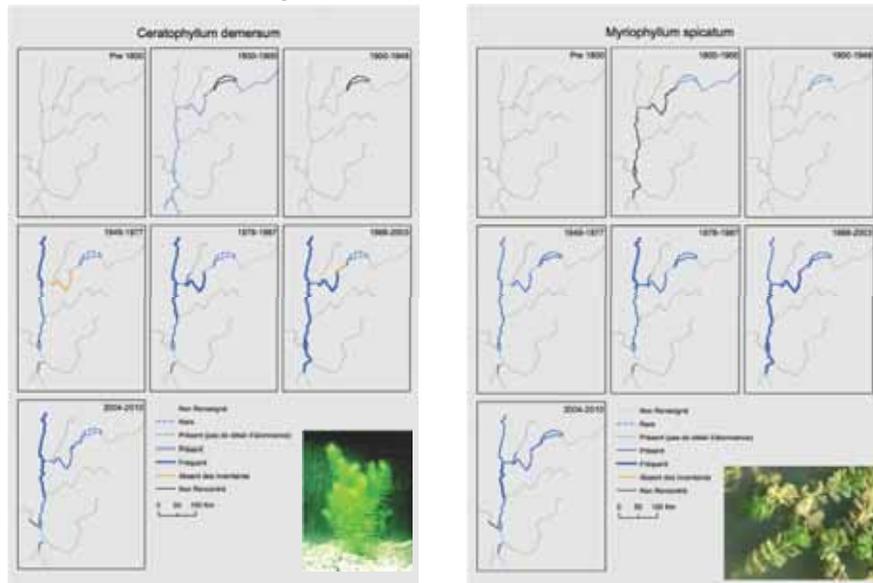
Changement climatique - Biodiversité - Invasion

- Une compétition parmi les invasifs



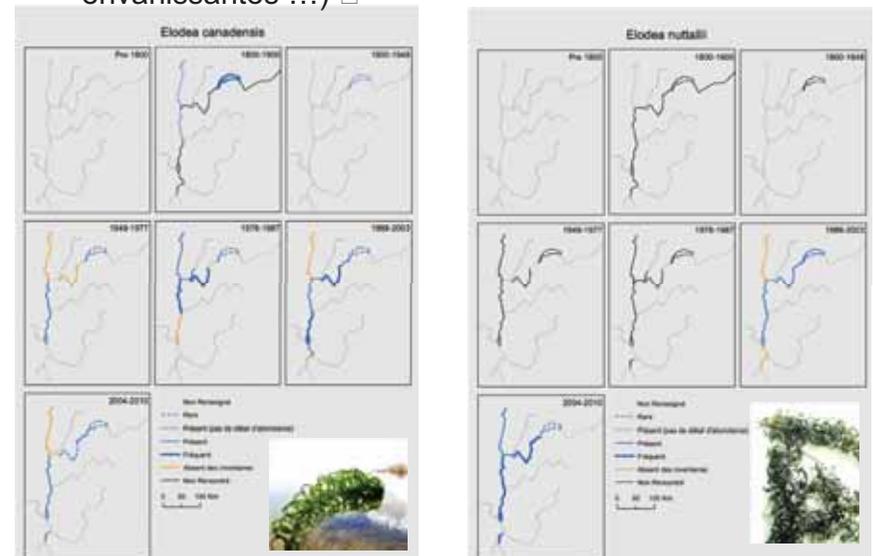
Changement climatique - Biodiversité - Invasion

- Bien distinguer « espèces envahissantes »...

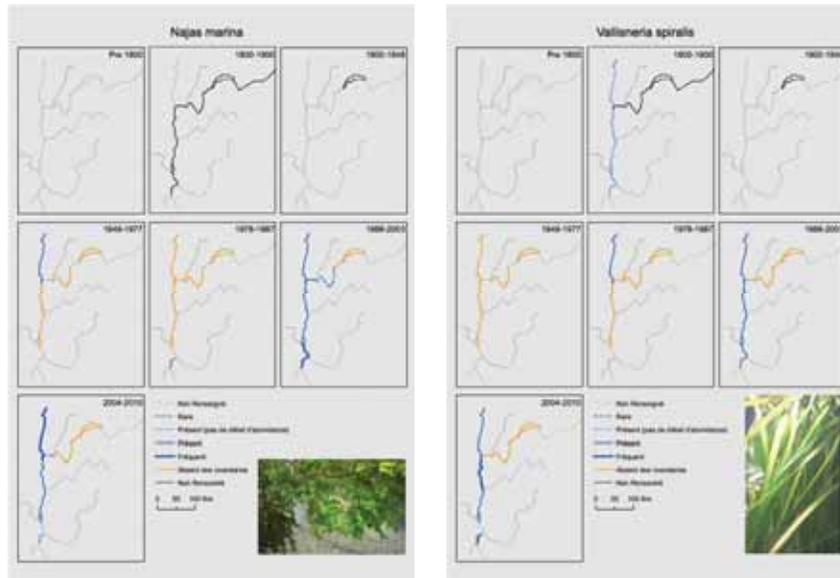


Changement climatique - Biodiversité - Invasion

- et « espèces invasives » (qui peuvent également être envahissantes ...) □



- Deux espèces invasives « intégrées »



## 4 - Conclusions

- Une implantation et un développement progressifs et durables de nombreuses espèces invasives sur le fleuve.
- Une évolution biologique en lien avec des changements physiques et chimiques du Rhône :
  - Modification des conditions hydrauliques
  - Modification des modalités de gestion des débits
  - Variation de la qualité physico-chimique des eaux
  - Réchauffement du fleuve

## 4 - Conclusions

- Aucune étude sur l'impact réel des nouveaux arrivants n'a été réalisée jusqu'à présent sur le Rhône.
- L'altération du milieu favorise le développement des espèces allochtones (cf Rhin alsacien).
- Un écosystème en bonne santé a toutes les chances d'intégrer au mieux ces espèces.

=> Cela plaide donc en faveur de mesures de restauration écologique et hydraulique accrues (Plan Rhône).



Merci à Céline JEZEQUEL, Georges CARREL et Jean-Michel OLIVIER, entre autres...

## **Le fonctionnement en réseau : Exemple du pôle relais plantes invasives du département de la Loire**

---

Sandrine TRABOUYER, CPIE des Monts du Pilat



# Fonctionnement en réseau :

## Exemple du pôle relais plantes invasives du département de la Loire

---

Sandrine TRABOUYER, CPIE des Monts du Pilat

Initié en 2002 lors d'un comité de bassin Loire Bretagne dans une logique de gestion cohérente des plantes invasives sur tout le bassin versant de la Loire, le réseau plantes envahissantes du département de la Loire, piloté par le pôle relais plantes invasives voit le jour en 2004.

Le comité départemental est initialement composé d'instances officielles (*Agences de l'Eau Loire Bretagne et Rhône Méditerranée Corse, Conseil Général de la Loire, DIREN, Chambre d'Agriculture*), de chercheurs (*Université de Saint-Etienne, Conservatoire Botanique du Massif Central et Conservatoire Régional des Espaces Naturels*) et de gestionnaires de milieux aquatiques (*Syndicat de rivières, associations, communautés de communes, parcs naturels*).

Sur la base d'un diagnostic réalisé par le CBNMC et les syndicats de rivières, le comité départemental élabore en concertation une stratégie de lutte par bassin versant dans le département pour une durée de 5 ans. Cette stratégie de lutte contre les plantes invasives se décline en plusieurs volets :

- PREVENIR l'installation de nouvelles espèces invasives / ou de nouveaux foyers d'espèces déjà présentes
- RECHERCHER / EXPERIMENTER sur la biologie/l'écologie des Renouées et les méthodes de luttés les plus efficaces contre son envahissement (collaboration avec l'Université Lyon 1)
- LUTTER contre la progression de 5 espèces définies prioritaires dans le département (Jussie exotiques, Renouées du Japon, Ambroisie à feuilles d'armoise, Balsamine de l'Himalaya et Berce du Caucase)
- COMMUNIQUER et SENSIBILISER les acteurs du territoire pour une meilleure prise en compte de ces espèces dans leur mode de travail (élus, techniciens communaux, grand public, services techniques départementaux, pêcheurs etc...)

Après 7 années d'existence, le réseau plantes invasives du département de la Loire tire les enseignements de ses expériences:

- De nombreux points positifs le poussent à poursuivre son travail : la lutte est maintenant plus globale et cohérente sur le territoire, la recherche et les expérimentations ont créé une émulation chez certains acteurs, les pratiques ont évolué dans le bon sens et dans la durée, la lutte semble plus efficace bien qu'encore insuffisante. Une des forces de ce réseau est d'être impliqué dans des réseaux plus grands (*notamment le comité de bassin Loire Bretagne*) avec lesquels de nombreux échanges existent (*outils, expériences, questionnement*).
- Restent encore quelques aspects à améliorer : le Comité s'est beaucoup focalisé sur la lutte contre la Renouée, oubliant parfois les autres espèces, les membres du réseau ne s'investissent pas tous de la même manière créant des inégalités sur le territoire, certains acteurs soumis à la problématique ne souhaitent pas être intégrés à ce réseau départemental cassant la cohérence territoriale et enfin, à trop bien lutter, on ne sait plus que faire des déchets de Renouées notamment...

Face à ces constats, et suite à une synthèse des actions réalisée courant 2011 à la fin du programme pluriannuel de lutte contre les plantes envahissantes, le réseau se réunira en novembre pour élaborer la nouvelle stratégie de lutte pluriannuelle.

# FONCTIONNEMENT EN RESEAU

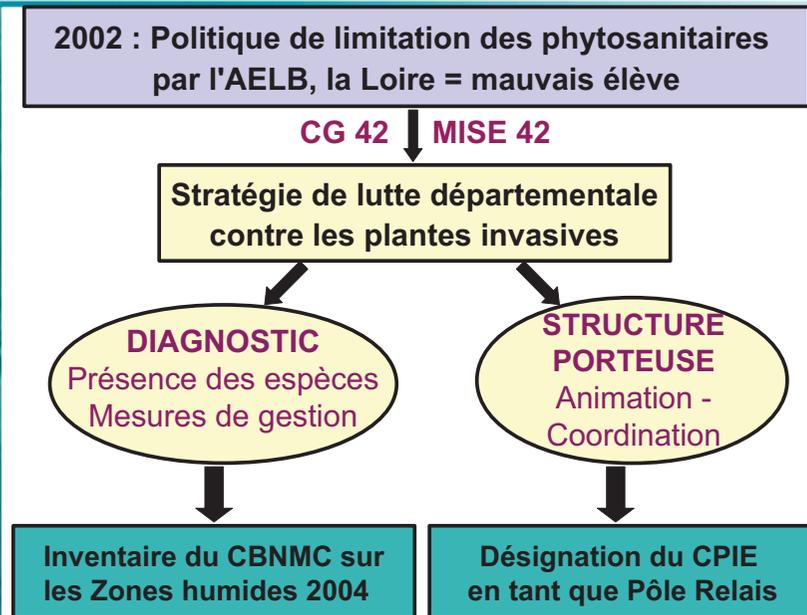
Exemple du Pôle Relais plantes invasives du département de la Loire



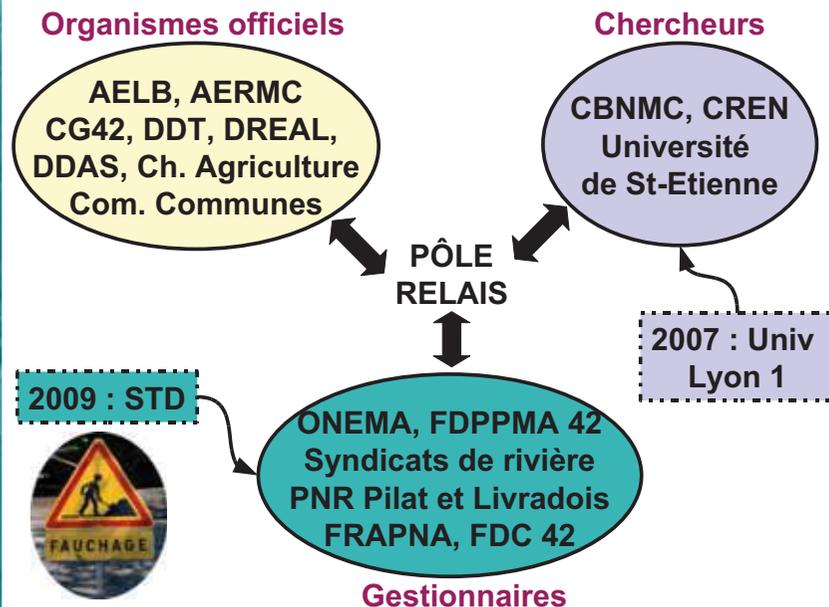
Sandrine TRABOUYER – CPIE des Monts du Pilat

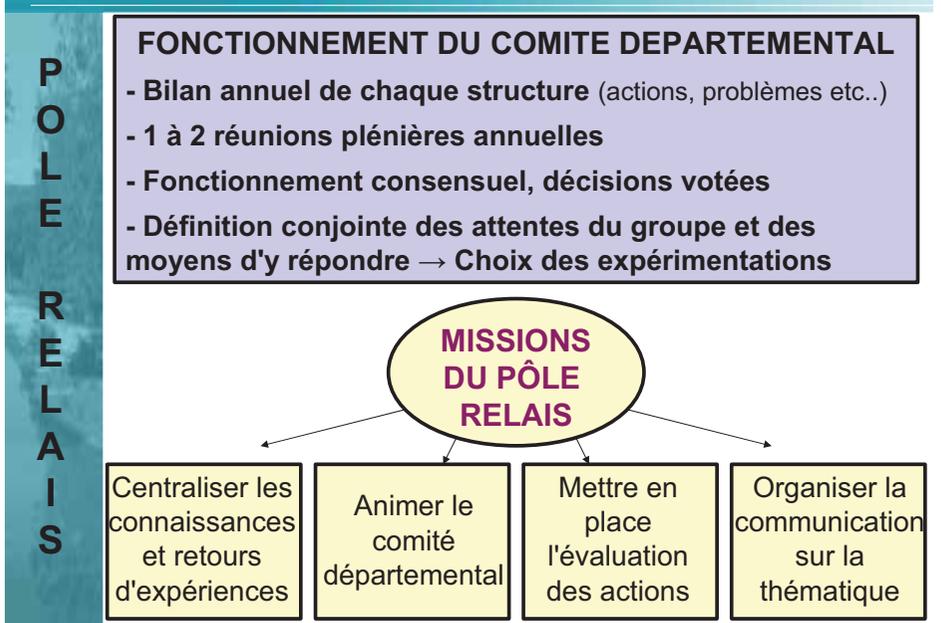
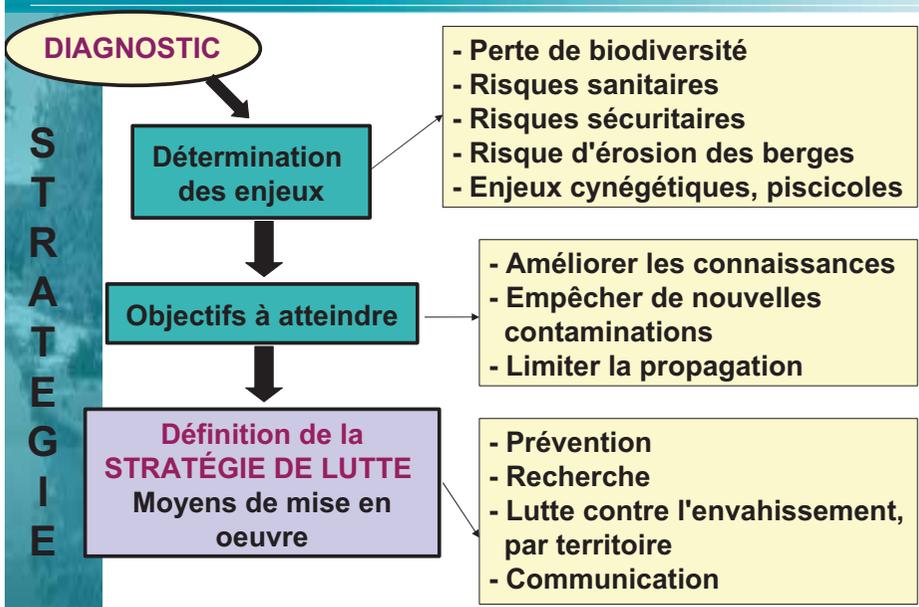
- 1) Historique de la création du réseau
- 2) Le Comité départemental
- 3) Mise en place de la stratégie
- 4) Les points forts
- 5) Les points faibles
- 6) Perspectives

HISTORIQUE



COMITE





A  
C  
T  
I  
O  
N  
S



Terrassement en pleine masse



Criblage

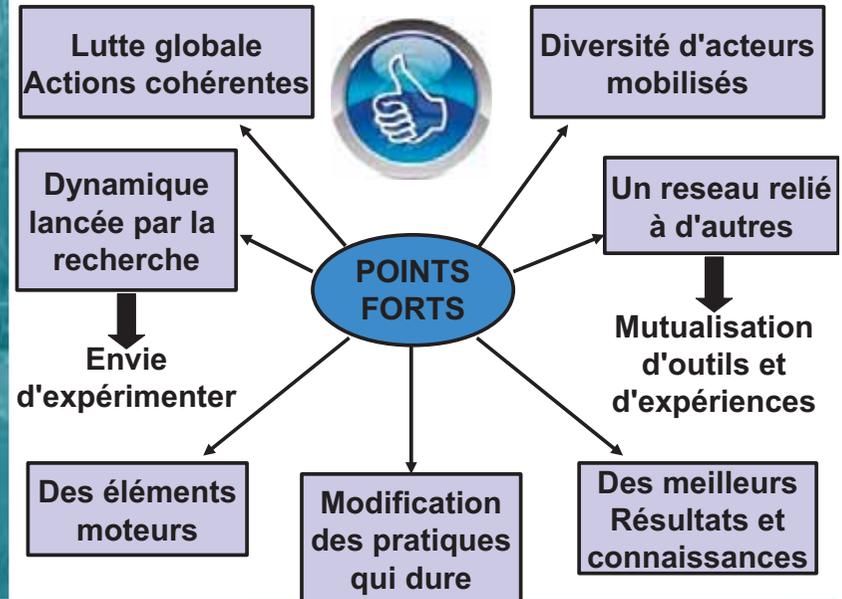


Terre criblée isolée sur bâche

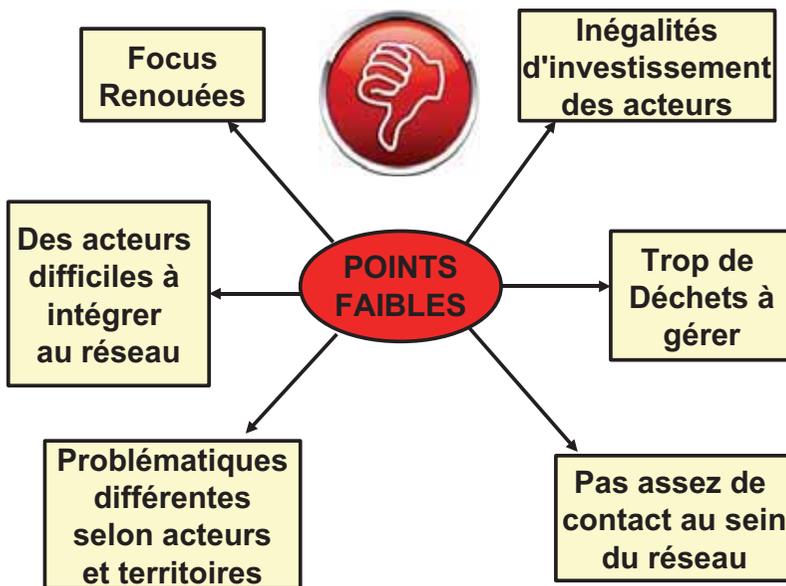


Evacuation des rhizomes

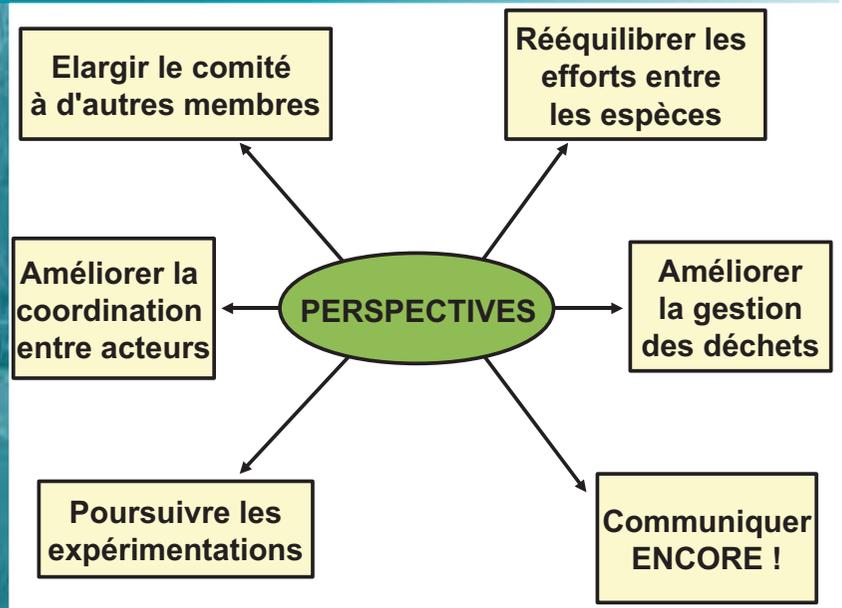
P  
O  
I  
N  
T  
S  
F  
O  
R  
T  
S



P  
O  
I  
N  
T  
S  
F  
A  
I  
B  
L  
E  
S



P  
E  
R  
S  
P  
E  
C  
T  
I  
V  
E  
S



**Les modalités de contrôle de la renouée :  
expérimentation en laboratoire et *in situ***

---

Florence PIOLA – Soraya ROUIFED, UMR 5023, Université Lyon 1



## Les modalités de contrôle de la renouée : expérimentations en laboratoire et in situ

---

Florence Piola et Soraya Rouifed, UMR 5023 LEHNA, Université Lyon 1

Les Renouées asiatiques (complexe d'espèces *Fallopia*) sont des plantes invasives hautement performantes. Un programme de recherche a été initié à l'UMR 5023 (avec le soutien du FEDER, de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, du Conseil Général de la Loire, et de la Région Rhône-Alpes) visant à établir des bases scientifiques pour un contrôle effectif de ces végétaux. Des expérimentations en laboratoires et *in situ* ont donc été menées. Parmi celles-ci, deux seront présentées ici : 1) un contrôle physique représenté par la fauche des parties aériennes et son impact sur le développement subséquent des différents génotypes de *Fallopia*, et 2) un contrôle biotique visant à identifier et tester des plantes natives compétitrices.

Les expériences en laboratoire ont permis de montrer qu'après une coupe les plantes restaurent leur partie aérienne mais leur biomasse souterraine est affectée, particulièrement pour *F. japonica*. De surcroît, la distribution des racines est modifiée après la coupe chez *F. japonica*. Ces résultats suggèrent une différence de réponse à la coupe entre *F. japonica* et *F. x bohemica*. Bien que ces deux espèces soient tolérantes à la coupe, cette tolérance semble néanmoins supérieure pour *F. x bohemica*.

Les expériences sur le terrain montrent que la fréquence des coupes est déterminante pour l'efficacité de cette méthode de contrôle ainsi que la période de l'année. Dans le cas du contrôle biotique, 3 espèces natives ont été choisies pour entrer en compétition avec *F. x bohemica* : la Ronce (*Rubus caesius*), la Bourdaine (*Frangula alnus*) et le Sureau hièble (*Sambucus ebulus*). Les expérimentations en laboratoire montrent que la Bourdaine et le Sureau limitent efficacement la croissance de *F. x bohemica*. Les essais sur le terrain sont en cours. Les mécanismes de compétition entre *Sambucus ebulus* et *Fallopia* ont été approfondis et semblent en partie relever d'interactions directes chimiques (allélopathie).



## Les modalités de contrôle de la renouée : expérimentations en laboratoire et *in situ*



Florence Piola &  
Soraya Rouifed,  
UMR 5023, Université Lyon 1

## Contrôles des renouées

Expérimentations en labo  
Transposition sur le terrain

Contrôle physique: coupes  
des parties aériennes

Contrôle biotique: compétition  
avec des espèces natives



## Les traits biologiques des renouées, plantes performantes à hauts potentiels de dispersion, d'établissement et de persistance

- croissance rapide et masse aérienne importante
- rhizomes persistants et extensifs (jusqu'à 20 m de long et 2 à 4 de profondeur)
- très large niche écologique : capacité à survivre dans des milieux très différents et pauvres; plante pionnière, colonise les zones anthropisées, mises à nu
- dispersion performante par multiplication végétative par tige ou fragments de rhizome (0,7g)
  - production d'akènes fertiles (reproduction sexuée) potentiellement dispersés par le cours d'eau (mécanisme de dispersion secondaire)
  - hautement compétitive



## Les renouées asiatiques



Originaire du Japon  
Plantes envahissantes les plus répandues dans le département de la Loire (42)

*Fallopia japonica* (Introduction en 1840, commercialisée en 1848)

*Fallopia sachalinensis* (Introduction en 1859)

*Fallopia x bohémica*: hybrides de *F. japonica* et *F. sachalinensis*  
Evolution rapide post-introduction avec hybridations multiples et introgressions

**Taxons polypléides invasifs avec des agressivités variables**

FEDER, Région Rhône-Alpes, Conseil Général Loire, Agence de l'eau Loire-Bretagne: 2007-2011

**Thèse Soraya Rouifed: Bases scientifiques pour un contrôle des renouées asiatiques: approche fonctionnelle du caractère invasif du complexe d'espèces *Fallopia***

Sollicitation pour trouver des moyens de lutte

Avant tout, connaître la biologie de la plante et ses stratégies...



**Performances des renouées de la Loire**

- *F. japonica* (1 clone) et *F. x bohemica* (plusieurs génotypes), *F. sachalinensis* (rare)

- Invasion principalement des milieux anthropisés, herbacés



- Différences de capacité de régénération des espèces

- Rôle du substrat dans la croissance mais pas sur la régénération



Expérimentations dans la serre de l'Université Lyon1

**Réponse à la coupe – Travail expérimental**

Analyse de la structure de l'appareil souterrain :

- *F. japonica* et *F. x bohemica*
- Culture en rhizotron
- Coupe des tiges après 4 semaines
- Après 4 semaines, analyse de la longueur racinaire (WinRhizo) et masse souterraine

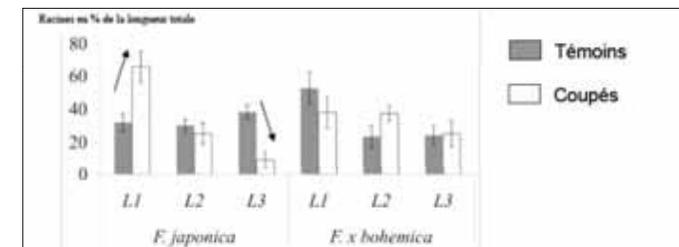


Architecture souterraine dans un rhizotron

Rouifed et al. 2011, Ecoscience

**Réponse à la coupe – Travail expérimental**

- 1) La coupe n'affecte pas la biomasse aérienne de *F. japonica* et *F. x bohemica*: restauration des parties aériennes
- 2) La coupe réduit la biomasse souterraine chez *F. japonica* et *F. x bohemica*
- 3) Distribution des racines modifiée chez *F. japonica* uniquement: plus de racines en surface et moins en profondeur



Mise en évidence de différence de réponse à la coupe entre *F. japonica* et *F. x bohemica*

Réponse à la coupe - Transposition sur le terrain

- témoin
- Coupe ras
- Coupe milieu
- Défoliation



- 3 sites
- 24 parcelles de 4 m<sup>2</sup> par site
- 6 répétitions
- Traitement une fois par mois

Réponse à la coupe - Transposition sur le terrain

- témoin
- Coupe ras
- Coupe milieu
- Défoliation

- 1 à 3 coupes
- Une coupe n'a pas d'effet (+)
- Effets des traitements sur la hauteur (-) et le nombre de tiges (+)
- Traitement le plus efficace: coupe des tiges au ras du sol
- En août, effets plus marqués

**- La fréquence des coupes est donc déterminante ainsi que la période de l'année**

Protocole appliqué par les personnes en charge des renouées localement et suivis réguliers par l'université: nécessité de l'évaluation de la faisabilité en concertation avec les acteurs de terrain  
Néanmoins, trop faible nombre de sites et traitements trop proches

Résistance biotique - Travail expérimental

Témoin sans plante  
Choix de 3 espèces natives

- Ronce (témoin) (*Rubus caesius*)
- Bourdaine (*Frangula alnus*)
- Sureau hièble (*Sambucus ebulus*)



Ronce

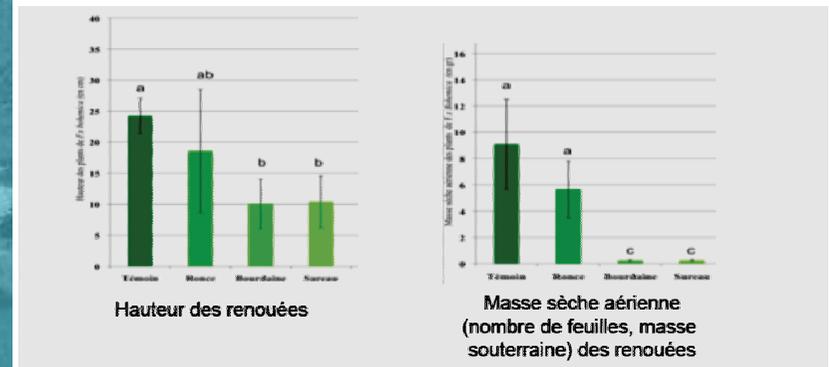


Bourdaine



Sureau

Résistance biotique - Travail expérimental



**La Bourdaine et le Sureau limitent efficacement la croissance des renouées**

Résistance biotique – Transposition sur le terrain

- Coupe fréquente (1/mois)
- Combinaison avec plantations
- Détails pratiques discutés en réunion technique



Résultats variables:

- Grande variation des caractéristiques des sites
- Grande variation des protocoles appliqués

Retour au labo: approfondir les mécanismes de compétition

Compétition directe chimique (allélopathique) entre *Sambucus ebulus* et *F. x bohemica*



Recherche de plantes natives permettant de limiter la progression de *Fallopia*: concept de « green shield » ou de « barrière verte »

1) Résultats expérimentaux 2010-2011:

Article

**An Allelochemical from *Myrica gale* with Strong Phytotoxic Activity against Highly Invasive *Fallopia x bohemica* Taxa**

Jean Popovici <sup>1,1\*</sup>, Cedric Bertrand <sup>2</sup>, Dominique Jacquemoud <sup>1</sup>, Floriant Bellvert <sup>1</sup>, Maria P. Fernandez <sup>1</sup>, Gilles Comte <sup>1</sup> and Florence Piola <sup>3</sup>

2) Poursuite des recherches 2011-2013: **compétition en pots et essai sur le terrain**



Felix Valier  
Marie-Rose Viricel  
Lubiana Mistler  
Alexandra Cochinaire  
Carole Bengasini  
Mathias Christina  
Guillaume Meiffren  
Floriant Bellvert





Reproduit sur papier recyclé Papier recyclé

# Z A B R

---

Zone Atelier Bassin du Rhône



Domaine scientifique de la Doua  
66 bd Niels Bohr - BP 52132  
F-69603 Villeurbanne Cedex  
Tél : 04 72 43 83 68 - Fax : 04 72 43 92 77  
mél : asso@graie.org - www.graie.org