



Z A B R

Zone Atelier Bassin du Rhône

Interactions rivières/nappes alluviales, des outils pour comprendre et mesurer les échanges

RECUEIL DES PRESENTATIONS

*Mardi 30 septembre 2014
Sablons / Péage de Roussillon (38)*

Séminaire organisé avec le soutien de :



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	p.3
PROGRAMME DE LA JOURNEE	p.4
SUPPORTS D'INTERVENTION	
Les enjeux de la caractérisation des échanges nappes/rivières pour le gestionnaire	p.7
Laurent Cadilhac, Agence de l'eau RMC	
Gestion des espaces naturels et eaux souterraines	p.17
Bernard Pont, Association des Amis de l'Île de la Platière	
Gestion de la nappe alluviale du vieux Rhône de Péage-de-Roussillon	p.25
Pierre-François Delsouc, SMIRCLAID	
Gestion de la nappe alluviale du Rhône court-circuité de Péage-de Roussillon. Etude des volumes prélevables	p.33
Pascal Fénart, HYDROFIS	
Caractérisation des échanges nappes alluviales/rivières. De la démarche scientifique à l'outil l'opérationnel	p.45
Frédéric Paran, Ecole des Mines Saint Etienne	
Outils et diagnostic pour la caractérisation des échanges nappes/rivières"	p.57
Frédéric Paran, Ecole des Mines Saint Etienne, GSE Florent Arthaud, Université de Savoie, CARTELL Pierre Marmonier, Université Lyon 1, LEHNA Véronique Lavastre, Université de Saint Etienne, LMV	
Démarche de localisation de ressources stratégiques et interfaces masses d'eaux souterraines et superficielles	p.75
Chrystelle Fermond, Syndicat Mixte Rivière Drôme	
LISTE DES PARTICIPANTS	p.83
BIBLIOGRAPHIE	p.91

AVANT PROPOS

Contexte

L'estimation des flux d'eau représente un enjeu socio-environnemental important. En effet, les échanges entre eaux superficielles et souterraines sont souvent modifiés suite à l'anthropisation des milieux, et sont parfois à l'origine de transferts de contamination. Aussi, la connaissance des échanges peut être déterminante pour une gestion durable et équilibrée de la ressource en eau, notamment dans des contextes de conflits d'usage.

Un programme de recherche pluridisciplinaire a été développé sur le Rhône depuis 2006 par la ZABR dans le cadre de l'accord-cadre ZABR – Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, et soutenu par la suite par la CNR et la région PACA dans le cadre du Plan Rhône. Ce projet a pour ambition de connaître et caractériser les échanges entre le fleuve Rhône (chenal, annexes fluviales, contre-canaux) et les nappes souterraines (alluviales ou de versant).

Les travaux de recherche ont conduit au développement d'une méthodologie pour caractériser les échanges nappes/rivières en milieu alluvial. Cette méthodologie repose sur le croisement de plusieurs outils de diagnostic : (1) une analyse hydrogéologique, (2) une analyse de la végétation aquatique, (3) une analyse des invertébrés souterrains, et (4) des analyses géochimiques fondées sur les éléments dissous et des signatures isotopiques.

Outre l'aspect développement méthodologique, un travail important a été réalisé pour assurer la transférabilité et la mise à disposition des connaissances acquises. **La rédaction d'un guide méthodologique constitue l'aboutissement du travail de recherche.** Ce guide est destiné aux gestionnaires et techniciens de cours d'eau s'écoulant en milieu alluvionnaire. Son contenu permet de choisir la ou les méthodes d'analyse les plus adaptées pour réaliser un diagnostic synthétique des échanges nappes/rivières.

Objectifs du séminaire

Ce séminaire a pour objectif d'apporter des éléments de connaissance sur les échanges nappes/rivières et sur les outils de diagnostic permettant de perfectionner les pratiques de gestion de la ressource en eau (disponibilité et qualité). Cinq finalités sont à retenir :

- **Présenter les différentes méthodologies** de caractérisation des échanges entre les nappes et les rivières en insistant sur leurs pertinences et leurs limites et montrer comment réaliser un diagnostic synthétique des échanges nappes/rivières
- **Présenter l'intérêt du guide** par rapport à la gestion de la ressource en eau et son caractère évolutif (nouvelles métriques, projet ONEMA associé, nouveaux enjeux...)
- **Permettre aux gestionnaires de s'approprier la méthodologie proposée** (présentation de l'intérêt de l'analyse géomatique, échantillonnages, mesures...)
- **Proposer une démonstration concrète sur le terrain** des différentes méthodologies pour comprendre comment elles sont mises en œuvre et échanger sur les préconisations pour une bonne utilisation du guide
- **Inciter des échanges bilatéraux** sur le territoire entre scientifiques et gestionnaires, et leurs partenaires (adéquation objectifs scientifiques et objectifs opérationnels)

PROGRAMME

Mardi 30 septembre 2014

Matinée en salle - salle des fêtes de Sablons

09h30 Accueil des participants

OUVERTURE ET INTRODUCTION

10h00 **Ouverture du séminaire**

Roberte DI BIN, maire de Sablons et présidente du SMIRCLAID
Pierre MARMONIER, président de la ZABR

UN PROGRAMME DE RECHERCHE AMBITIEUX

10h10 **Expression des gestionnaires. Pourquoi caractériser les échanges nappes/rivières ?**

Laurent CADILHAC, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

10h30 **Contexte et enjeux écologiques de la gestion des eaux souterraines**

Pierre-François DELSOUC, SMIRCLAID
Bernard PONT, Réserve Naturelle de la Platière

10h45 **Impact des prélèvements et surveillance du niveau de la nappe. Gestion quantitative et étude volume prélevable**

Pascal FENART, HYDROFIS

11h00 **Présentation du guide méthodologique. Diagnostic des échanges nappes/rivières**

Frédéric PARAN, Ecoles des mines de Saint-Etienne, GSE

11h20 **Présentation des outils**

Frédéric PARAN, EMSE, GSE
Florent ARTHAUD, Université de Savoie, CARTEL
Pierre MARMONIER, Université Lyon 1, LEHNA
Véronique LAVASTRE, Université de Saint Etienne, LMV

12h10 **Partage d'expérience par une collectivité territoriale**

Chrystel FERMOND, Syndicat Mixte Rivière Drôme

12h30 Déjeuner

Après-midi terrain - réserve naturelle de l'île de la Platière

QUELS SONT LES OUTILS LES PLUS ADAPTES SUR LES MILIEUX ALLUVIONNAIRES POUR CARACTERISER LES ECHANGES NAPPES/RIVIERES

14h00 **Réserve Naturelle de l'Île de la Platière : présentation du site**

14h30 **Démonstration des outils**

Atelier 1 : Hydrogéologie (Frédéric PARAN)
Atelier 2 : Végétation aquatique (Florent ARTHAUD)
Atelier 3 : Invertébrés souterrains (Pierre MARMONIER)
Atelier 4 : Géochimie (Véronique LAVASTRE)

RESTITUTION AVEC LES SCIENTIFIQUES ET LES GESTIONNAIRES

17h00 **Recommandations, précautions à prendre lors de l'utilisation du guide Expression des besoins de formation pour s'appropriier les résultats**

17h30 Fin de la journée

**SUPPORTS
D'INTERVENTION**

Les enjeux de la caractérisation des échanges nappes/rivières pour le gestionnaire

Laurent Cadilhac,
Agence de l'Eau RMC



SEMINAIRE

Interactions rivières/nappes alluviales

ZABR

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Les enjeux de la caractérisation des échanges nappe/rivières pour le gestionnaire

Laurent Cadilhac, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse



COMMUNAUTÉS
DE RECHERCHE
ACADÉMIQUE
Rhône-Alpes



ENVIRONNEMENT



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Echanges eaux souterraines / eaux de surface: rappels

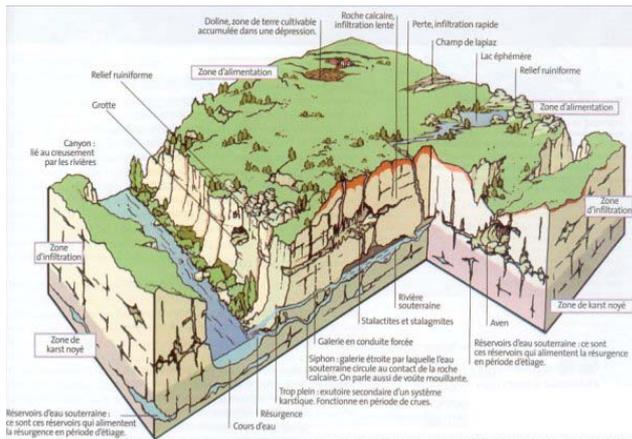
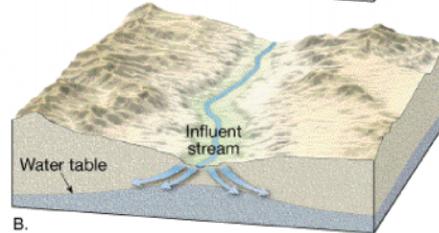
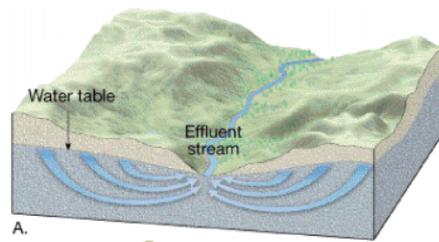


- Les eaux souterraines peuvent dans certains cas alimenter la rivière, elles représentent notamment 80% du débit d'étiage
- A l'inverse, des débits élevés de la rivière permettent une alimentation de la nappe

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges eaux souterraines – eaux de surface

- Des **relations fréquentes** entre eaux souterraines et de surface
 - eaux sout. alimentant les eaux sup.
 - eaux sup. alimentant les eaux sout.

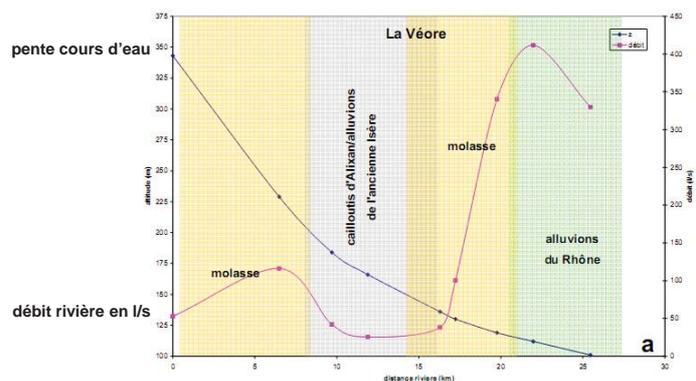


- Des situations toutefois où il n'y a **pas de relation**
Exemples: cours d'eau déconnecté, berges colmatées

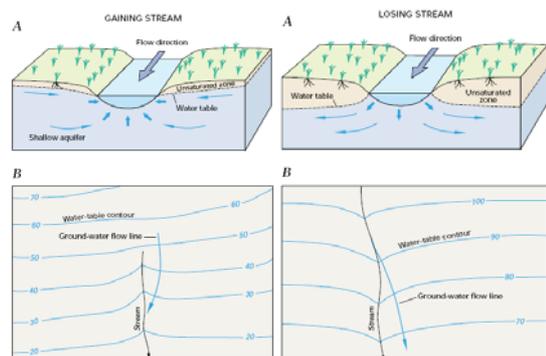
Echanges eaux souterraines – eaux de surface

- Des **relations variables**

- **dans l'espace** le long du linéaire du cours d'eau

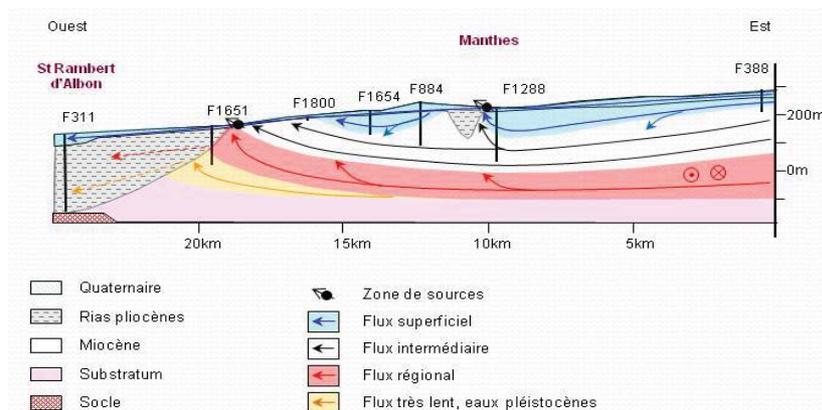
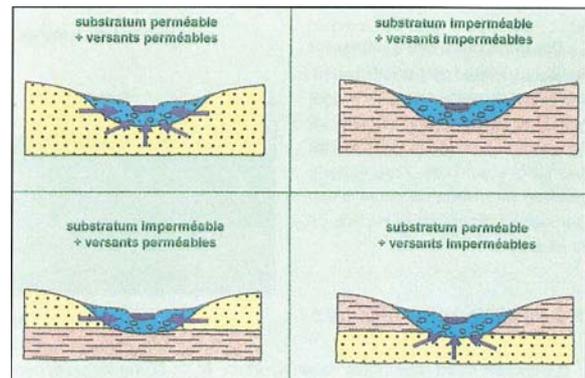


- **dans le temps**: les échanges sur un même tronçon de rivière, peuvent s'inverser (ou s'annuler)



Echanges eaux souterraines – eaux de surface

- Des relations dépendantes du **contexte hydrogéologique** (facteurs géologiques et morphologiques)



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges eaux souterraines – eaux de surface

Aspects quantitatifs: échanges + ou - importants en fonction:

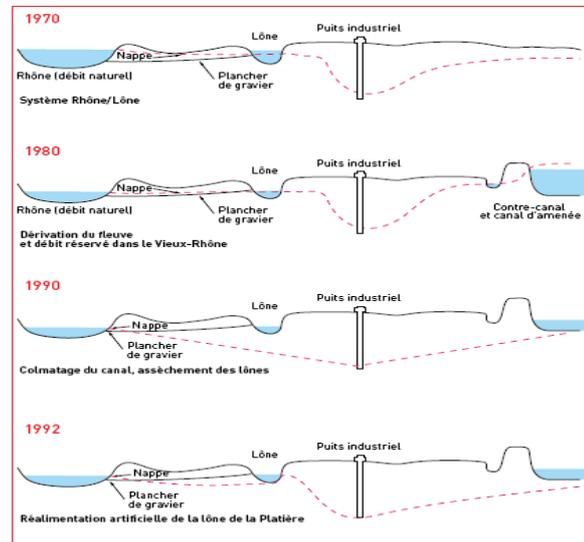
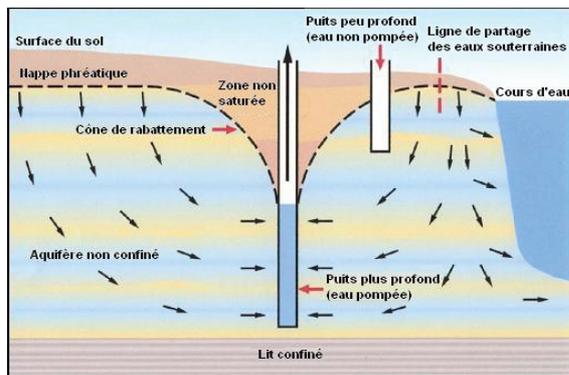
- de la nature géologique de l'encaissant (non aquifère – aquifère milieu poreux, fissural, karstique)
- des matériaux constituant les berges ou le lit du cours d'eau (berges plus ou moins perméables ou colmatées)



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges eaux souterraines – eaux de surface

- Des échanges **parfois sous contraintes** en contexte anthropisé (prélèvements, aménagements)



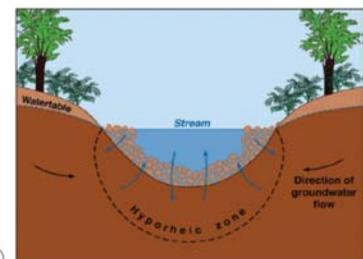
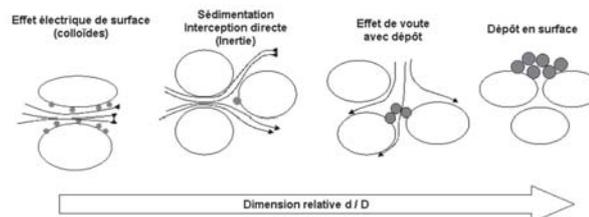
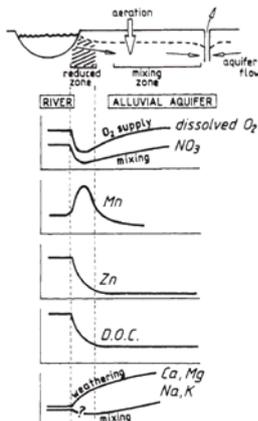
Evolution de la nappe alluviale du Rhône au niveau de l'île de la Platière
[Source Association des Amis de l'Île de la Platière]

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges eaux souterraines – eaux de surface

Aspects qualitatifs: interfaces cours d'eau/nappe = « réacteurs »

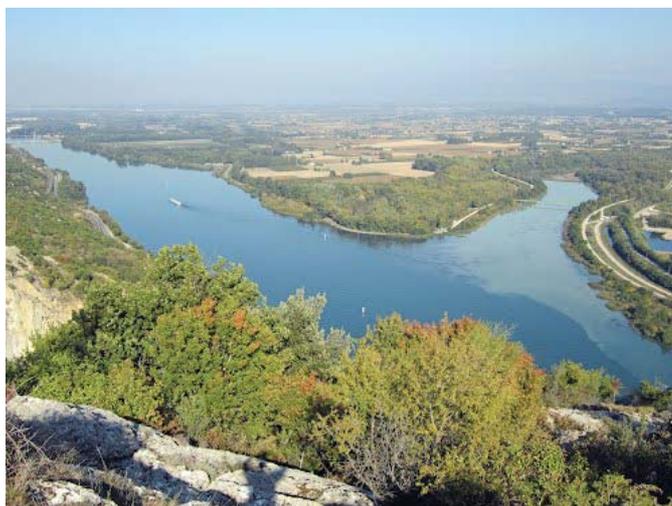
- Réactions qui dépendent de la nature des éléments présents dans la berge (teneur en argile, en matière organique, ...) de l'activité microbologique, etc.
- Principales réactions :
 - précipitation / dissolution de minéraux
 - phénomènes de sorption et d'échanges d'ions, en particulier avec les particules argileuses
 - réactions d'oxydo-réduction
 - biodégradation: activité microbologique en présence de matière organique



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges eaux souterraines – eaux de surface

Une obligation pour le gestionnaire de prendre en compte ces échanges



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Une directive cadre sur l'eau qui réaffirme ce besoin de gestion coordonnée

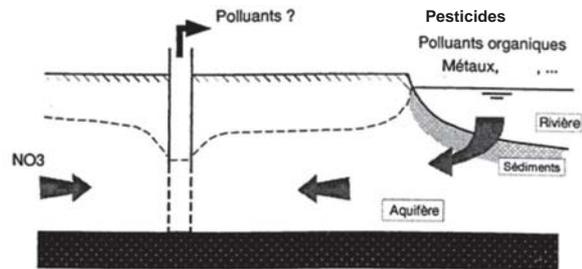
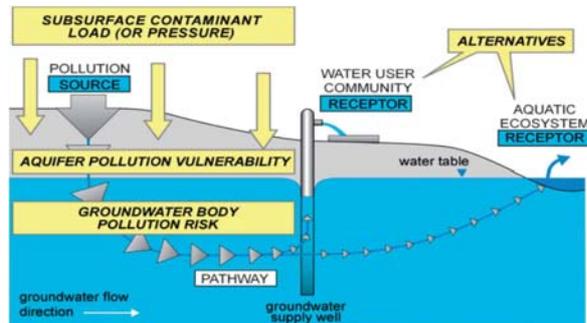
- Des objectifs de **bon état** fixés pour les milieux superficiels et souterrains :
 - bon état écologique, chimique et potentiel écologique pour les eaux de surface (ESU)
 - bon état chimique et quantitatif pour les eaux souterraines (ESO)
- Des eaux souterraines dans un état qui n'affecte pas la **qualité des milieux** superficiels et la **biodiversité**
 - cours d'eau, plans d'eau
 - zones humides
- Etat des eaux de surface n'affectant pas les eaux souterraines a été oublié mais reste bien sûr à prendre en compte



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Une directive cadre sur l'eau qui affirme ce besoin de gestion coordonnée

- La DCE considère les eaux de surface comme le **récepteur en position aval**



- Bon état des cours d'eau:

- Paramètres **hydromorphologiques** soutenant les paramètres biologiques
Régime hydrologique: quantité et dynamique du débit d'eau et connexion aux masses d'eaux souterraines
- Paramètres **chimiques** et **physico-chimiques** soutenant les paramètres biologiques
Paramètres généraux : température, salinité, concentration en nutriments

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Une directive cadre sur l'eau qui affirme ce besoin de gestion coordonnée



Demande pour chaque masse d'eau souterraine:

- de faire un inventaire des systèmes de surface et des écosystèmes terrestres (zones humides) auxquels la masse d'eau souterraine est dynamiquement liée
- d'estimer les directions et les taux d'échanges d'eau entre la masse souterraine et les systèmes de surface

Un travail de « dégrossissage » réalisé à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée (2012/2013)

- qualification du fonctionnement à l'étiage
- en fonction des études et données disponibles et à dire d'expert
- caractérisation au niveau du linéaire des cours d'eau, de la situation « moyenne » à l'échelle de la masse d'eau de surface

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Les enjeux pour le gestionnaire

- Obtenir une connaissance satisfaisante des fonctionnements liés (milieux de surface et souterrains)
- Suivant le lieu où on se situe mais aussi suivant l'époque (hydraulicité du cours d'eau ou de l'aquifère)
- Etre en capacité d'agir en connaissance de cause sur l'un ou l'autre des compartiments ou encore les 2 à la fois
- Disposer de données, d'outils et de méthodes fiables pour apprécier les échanges



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Les enjeux pour le gestionnaire vis-à-vis de quelques grands sujets d'actualité ou à venir

- **Enjeux biodiversité et gestion quantitative:**
 - apprécier le fonctionnement naturel et la contribution des eaux souterraines au débit des cours d'eau et à l'alimentation des zones humides, en particulier à l'étiage (quantité, thermie)
 - discriminer les effets des pressions de prélèvements sur nappe et cours d'eau du fonctionnement naturel
 - réorienter les prélèvements et les usages (volumes maximum prélevables) en fonction des enjeux sur les milieux

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Les enjeux pour le gestionnaire

vis-à-vis de quelques grands sujets d'actualité ou à venir

• Opérations d'aménagement, restauration de cours d'eau:

- importance de la compréhension préalable
- appréciation *a priori* de l'incidence des interventions au niveau des cours d'eau ou de la nappe sur l'autre compartiment
- appréciation des bénéfices quantité/qualité *a posteriori*

• Préservation des ressources AEP actuelles et futures

- appréciation dépendance nappe à alimentations ESU
- vulnérabilité aux transferts et pollution diffuse (en particulier pesticides)

• Changement climatique:

- incidence à attendre sur les différents compartiments

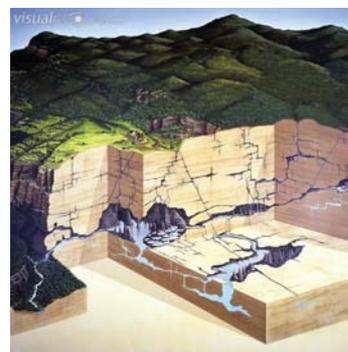


Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Les enjeux pour le gestionnaire

Des perspectives de travail:

- Acquisitions, consolidation et valorisation des connaissances
- Poursuite des travaux sur les outils et méthodes (karst)
- Réflexions incidence changement climatique:
 - diminution de la recharge des nappes: évolution stocks, incidence débit de base des cours d'eau à l'étiage
 - diminution débit des cours d'eau à l'étiage: incidence à attendre sur certaines nappes alluviales très dépendantes de la rivière
- Modèles couplés nappe – rivière
 - des efforts à engager, outil de compréhension à pérenniser en outils de gestion



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Gestion des espaces naturels et eaux souterraines

Bernard Pont,
Association des Amis de l'Île de la Platière



Gestion des espaces naturels et eaux souterraines



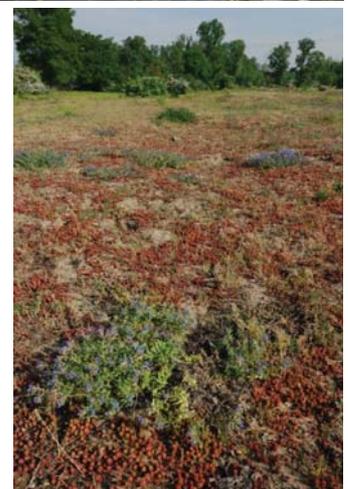
Bernard PONT



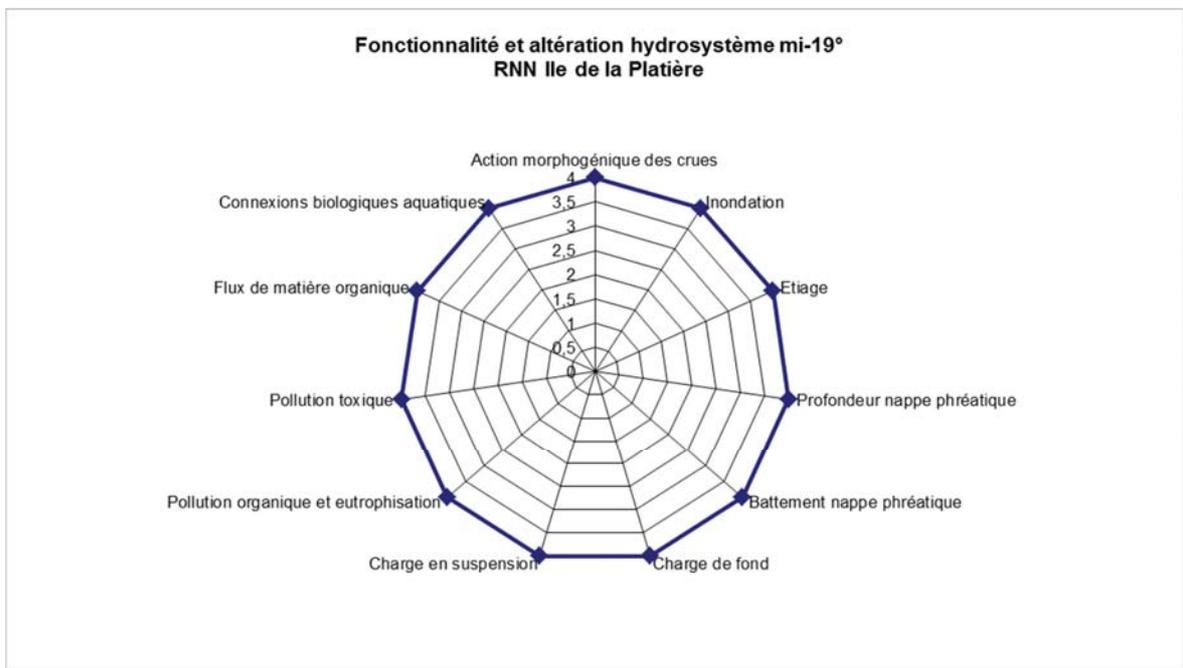
Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Les enjeux de la plaine alluviale

- Le plus grand ensemble naturel sur le Rhône subsistant entre Lyon et la Camargue (1 000 ha)
- Une mosaïque de milieux, organisée selon l'humidité, à l'origine d'une grande biodiversité
- La conservation de ces richesses dépend essentiellement de :
 - ✓ dynamiques hydrauliques et sédimentaires
 - ✓ pratiques agricoles et forestières
 - ✓ organisation des usages/fréquentations de loisirs
 - ✓ maintien ou non des continuités paysagères
- Des enjeux aménagement du territoire en partie convergents

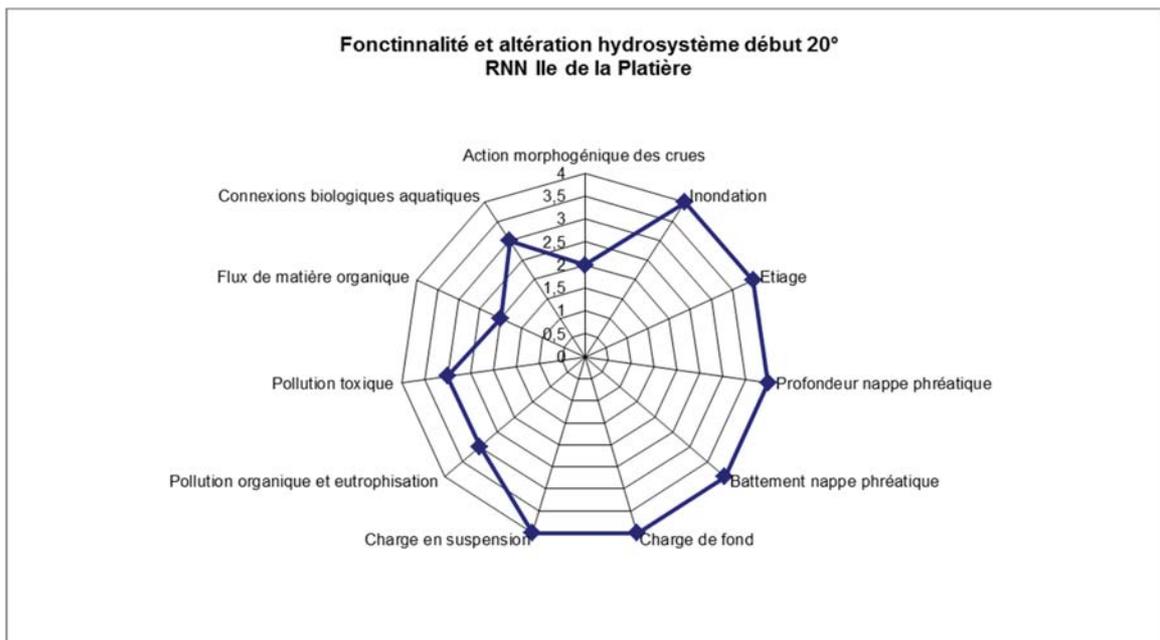


Un hydrosystème à la fonctionnalité profondément altérée



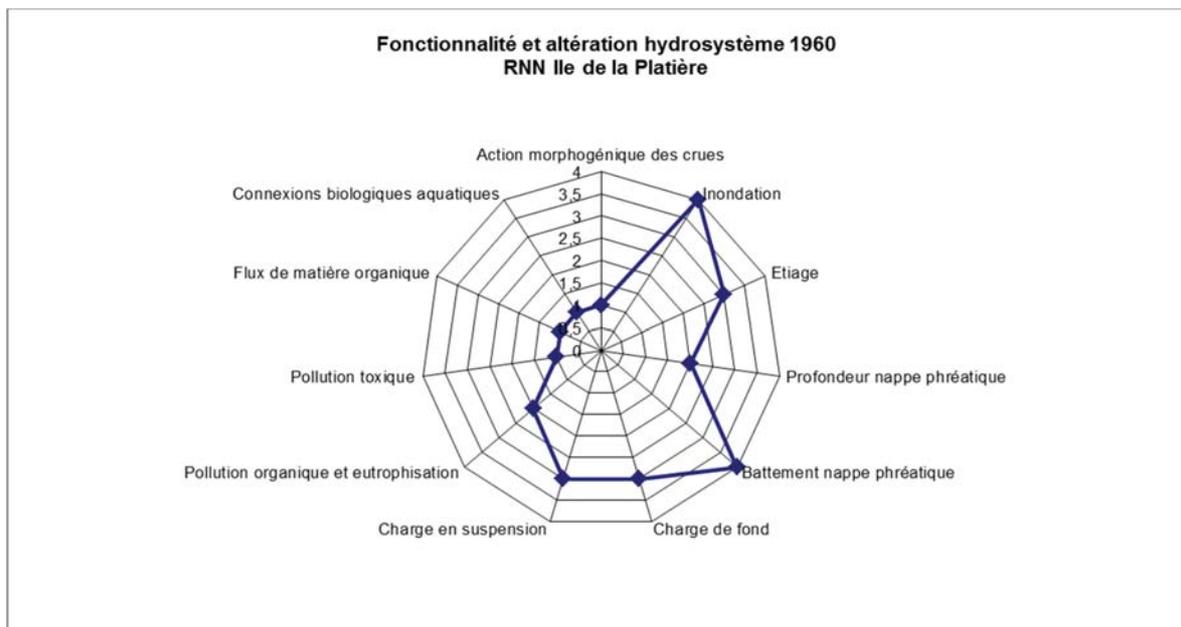
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Un hydrosystème à la fonctionnalité profondément altérée



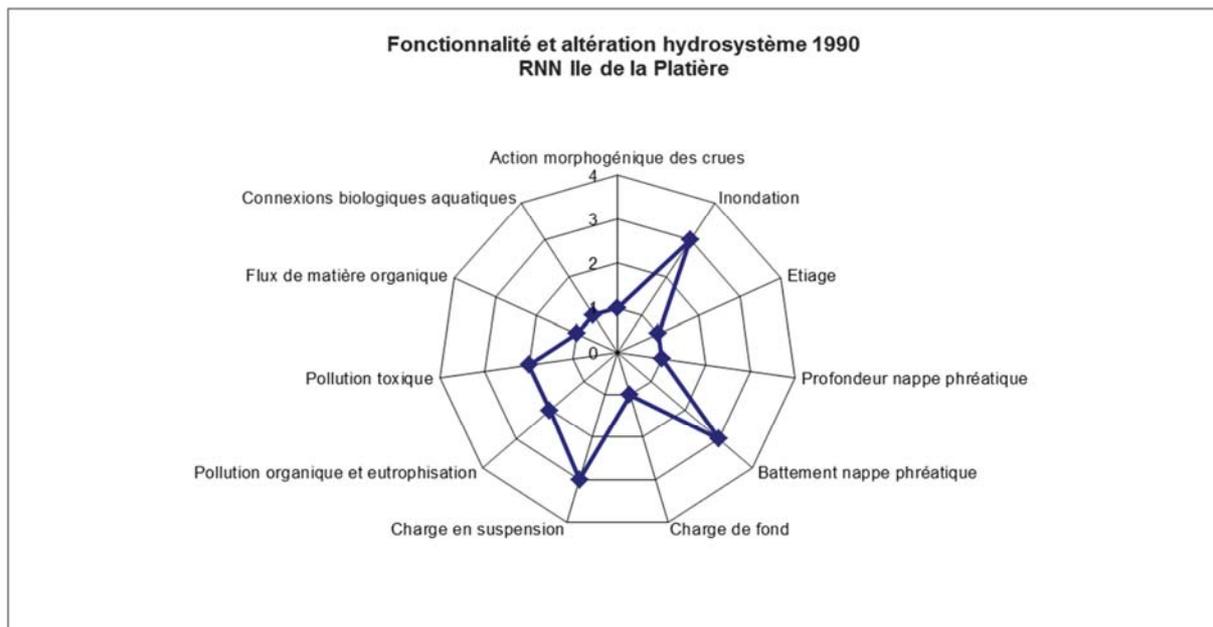
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Un hydrosystème à la fonctionnalité profondément altérée



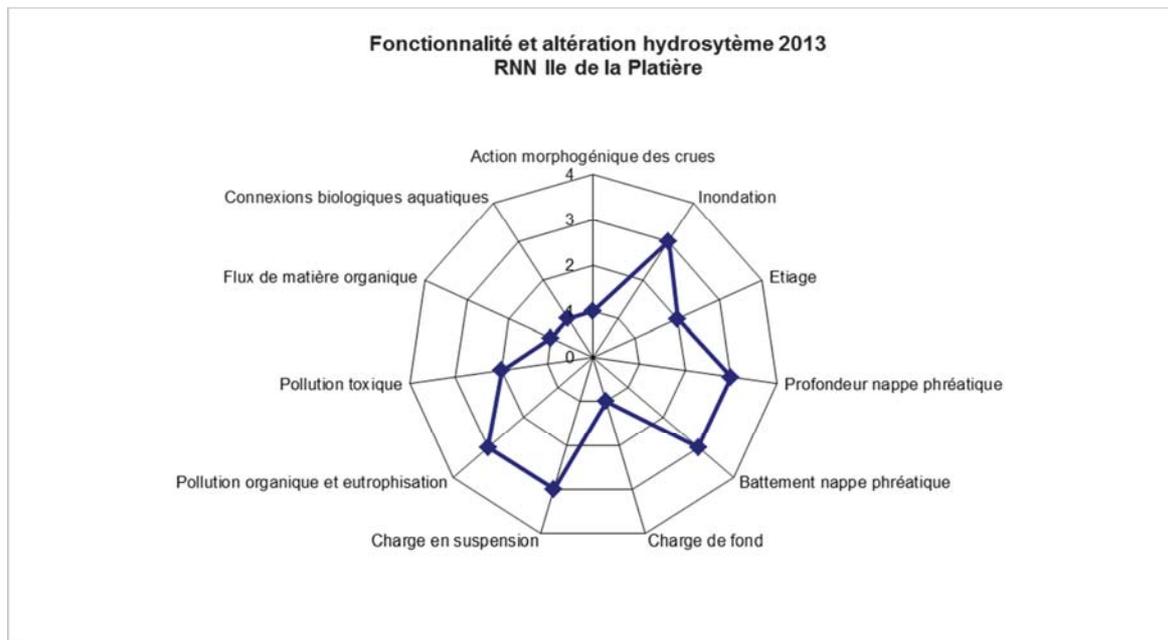
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Un hydrosystème à la fonctionnalité profondément altérée



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

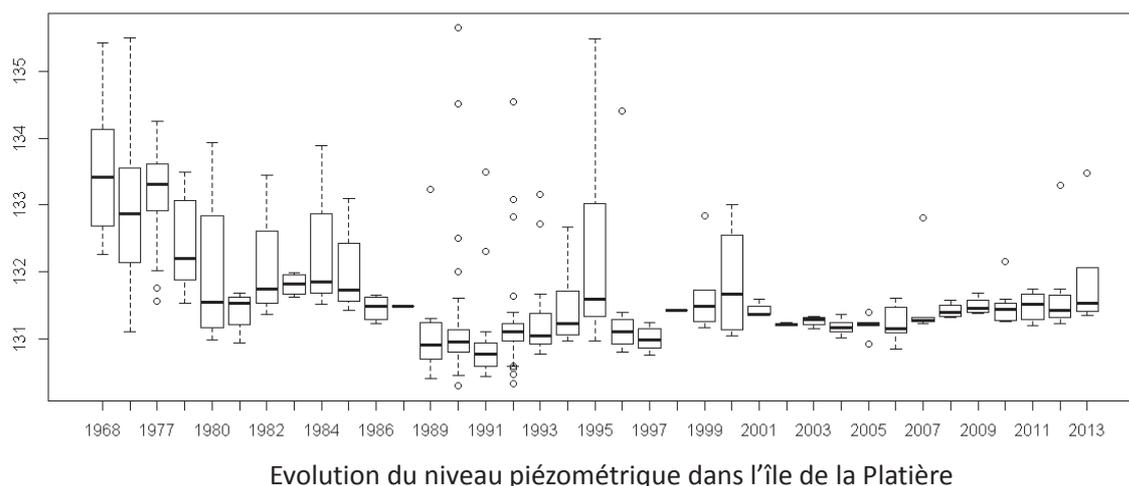
Un hydrosystème à la fonctionnalité profondément altérée



Améliorer la fonctionnalité : un enjeu majeur pour la conservation du patrimoine naturel

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Un enfouissement progressif de la nappe phréatique



- Des boisements alluviaux en sursis
- Des annexes hydrauliques altérées
- Mais des gains piézométriques déjà significatifs

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Une réhabilitation en cours

- Nouveau débit réservé depuis 2014
- Une réduction progressive des pompages
- Restauration de lônes
- Les premières interventions sur les digues du 19°



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)



Merci de votre attention

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Gestion de la nappe alluviale du vieux Rhône de Péage-de-Roussillon

Pierre-François Delsouc, SMIRCLAID



Gestion de la nappe alluviale du Vieux-Rhône de Péage de Roussillon



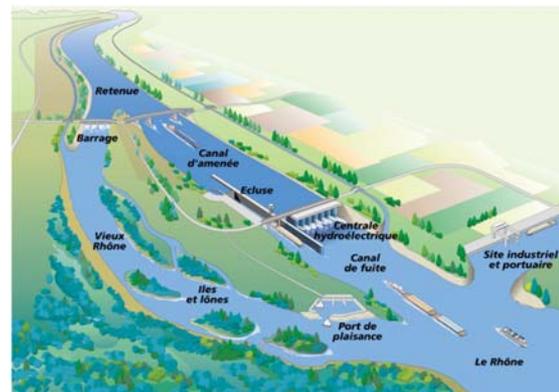
ENVIRONNEMENT



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

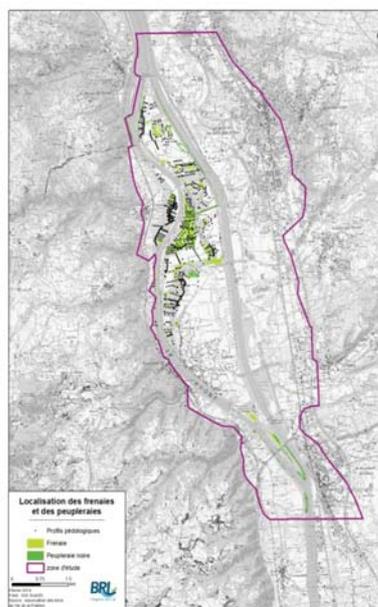
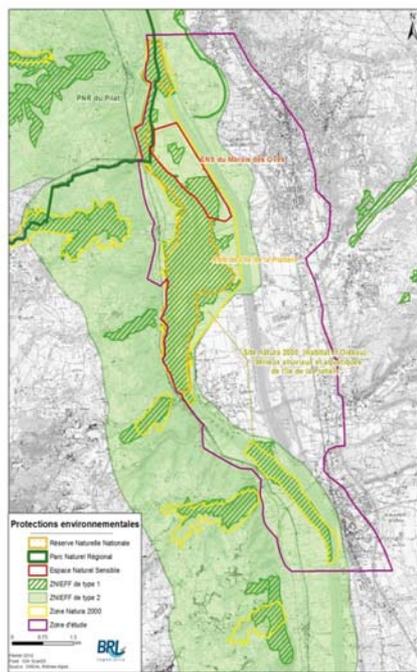
Un système anthropisé et sollicité

- Tronçon court-circuité de 12 km à des confins de territoire
- Débit réservé dans le Vieux-Rhône récemment relevé de 50 à 125 m³/s (hors périodes de crues)
- Problématiques de gestion de la ressource identifiées et confirmées par diverses études
- Des prélèvements intensifs avec un large panel d'acteurs
- Une perspective de raréfaction dans un contexte de changement climatique



Enjeux pour compartiments superficiels

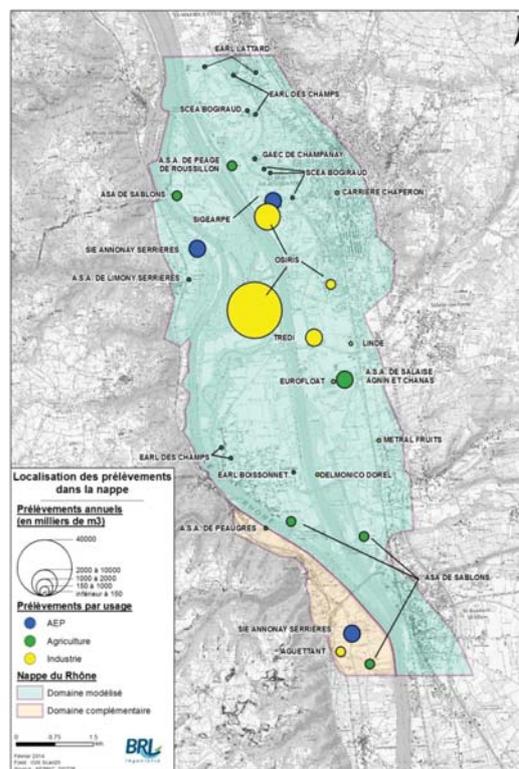
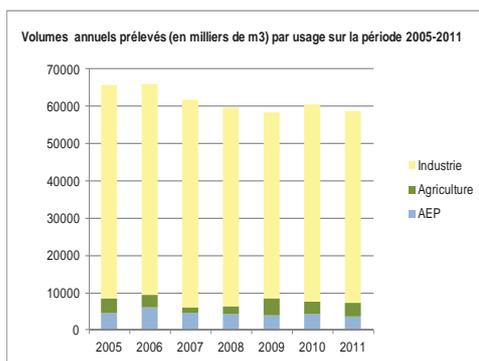
- Mosaique d'habitats naturels comprenant une forêt alluviale remarquable, en lien avec la nappe
- Recouvrement de plusieurs dispositifs de protection



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Enjeux pour préleveurs

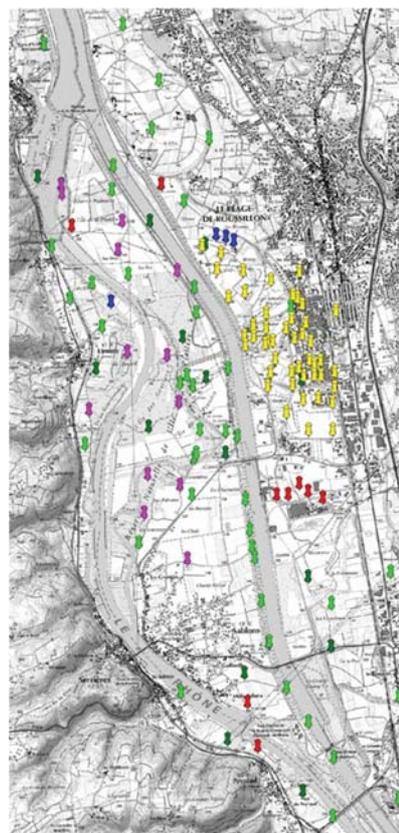
- Satisfaire dans la durée les usages et les activités économiques associées
- Prélèvements massifs avec superposition des zones d'influence
- Enjeux croissants:
 - installations économiques à venir
 - prédictions de croissance démographique



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

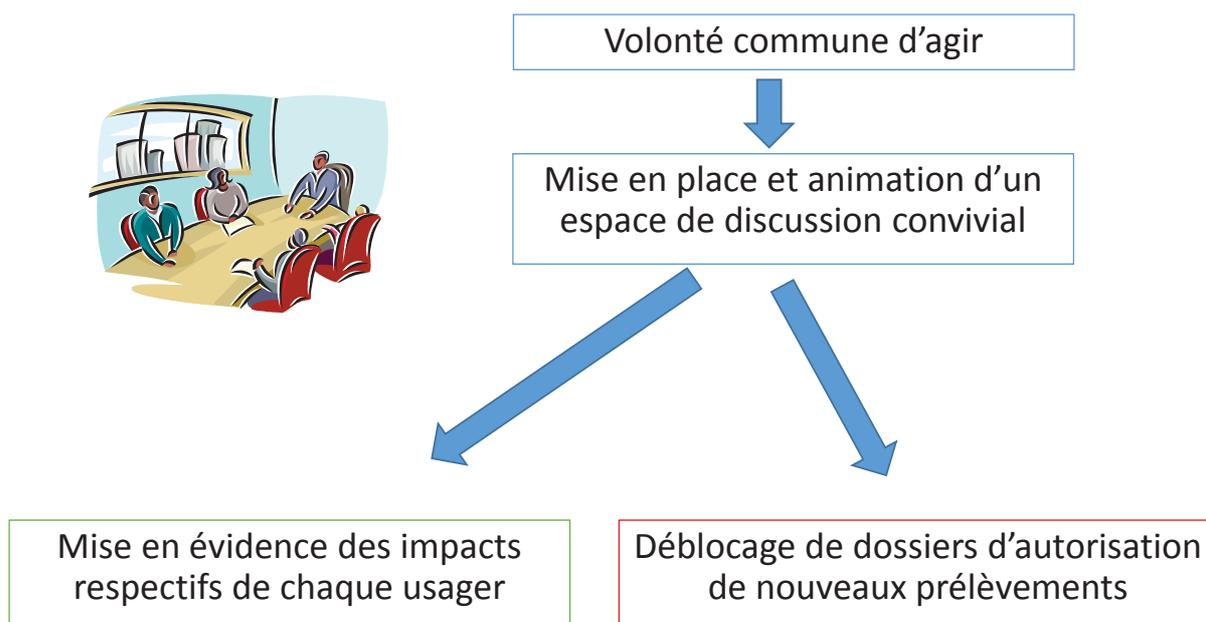
Historique de la connaissance

- Réservoir bien étudié au fil de plusieurs études: composition géologique, fonctionnement hydraulique
- A partir de 2004, le syndicat porte 2 études pour affiner la connaissance des niveaux piézométriques:
 - qualifier l'influence des variations du débit réservé
 - caractériser l'impact des prélèvements surtout dans la zone centrale
- Dernièrement travail de thèse d'Éric Lalot (École des Mines de Saint-Etienne) sur les échanges nappe/rivière



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

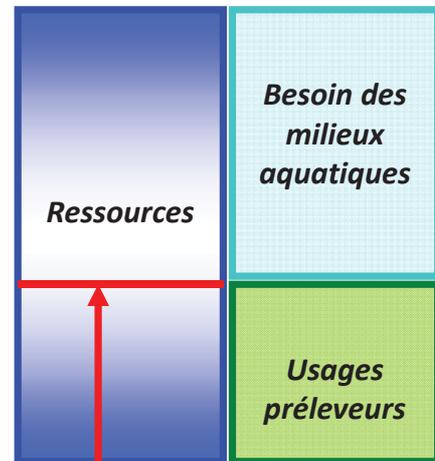
Stratégies de péréquation entre usages et milieu



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

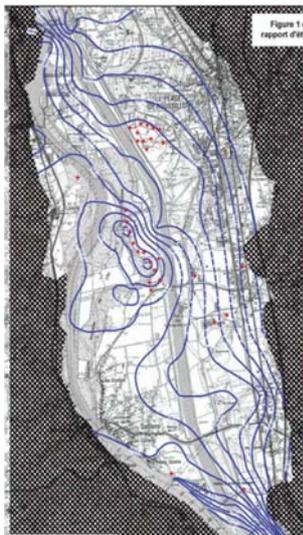
Une concertation dynamique → EVP

- Réductions de consommation consenties par les industriels
- Sensibilisation au resserrement du contexte
→ **Nécessité de répartir les efforts**
- Identifier précisément l'équilibre entre usages et besoins des milieux alluviaux soutenus par la nappe
- Arriver à définir les volumes prélevables en fonction des niveaux à maintenir



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges nappe/rivière : contexte SMIRCLAID



- Territoire expérimental dans cadre de thèse d'Éric Lalot, piézomètres équipés d'enregistreurs
- Débit Vieux-Rhône en marche d'escalier sur un cycle annuel
- Nappe très perméable rendant les effets des pompages étalés
→ **au lointain des points de prélèvements, un petit delta du niveau piézométrique à maintenir peut avoir de lourdes conséquences sur les volumes prélevables**



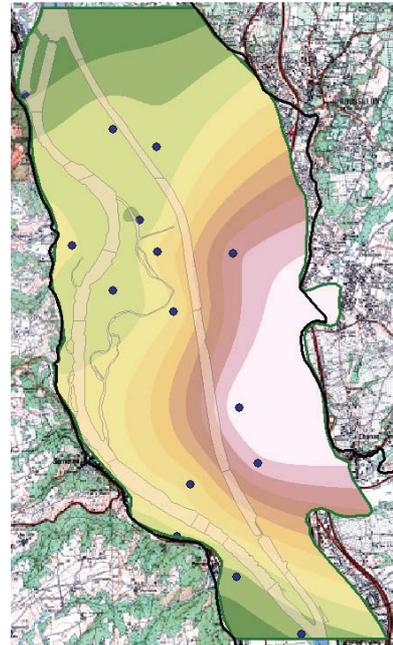
Importance de bien connaître les répercussions des variations de niveau dans le chenal du Vieux-Rhône, pour définir les volumes prélevables et les mettre en œuvre via le PGRE



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Apports de démarche échanges nappe/rivière

- Evaluer les flux: importance du Rhône dans apports
- Calage du modèle: ajustement des coefficients de perméabilité
- Pas de temps sur lequel raisonner: dynamique de propagation dans nappe des variations de niveaux du Rhône



Temps de retard moyen de la propagation de l'onde de crue en nappe; le retard augmente du vert au blanc

**Gestion de la nappe alluviale du Rhône
court-circuité de Péage-de Roussillon
Etude des volumes prélevables**

Pascal Fénart, HYDROFIS



Avec la collaboration scientifique d'Hervé Piégay

Gestion de la nappe alluviale du Rhône court-circuité de Péage-de-Roussillon

Etude des volumes prélevables

Avec le soutien financier de :

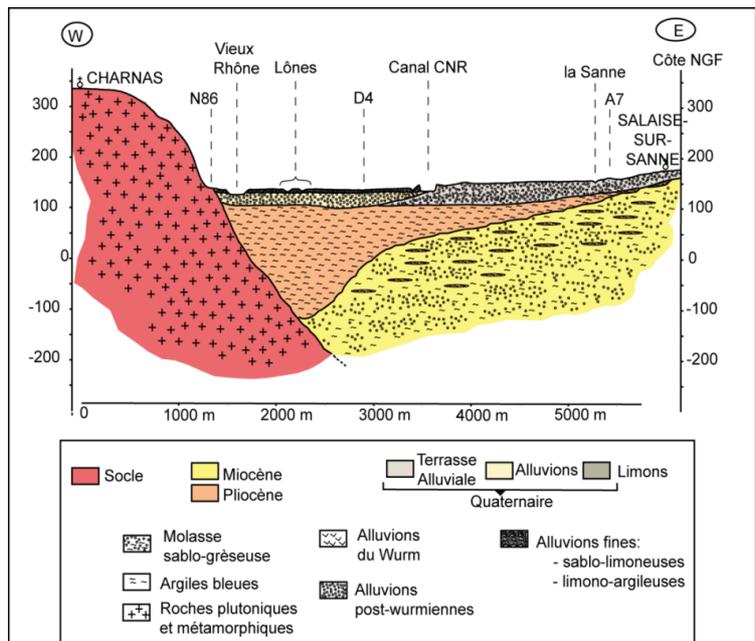
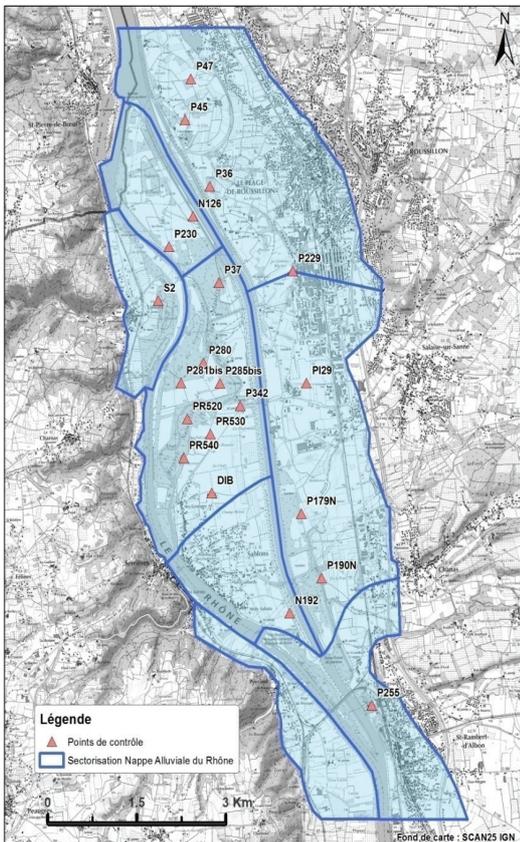


Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Quelle stratégie?

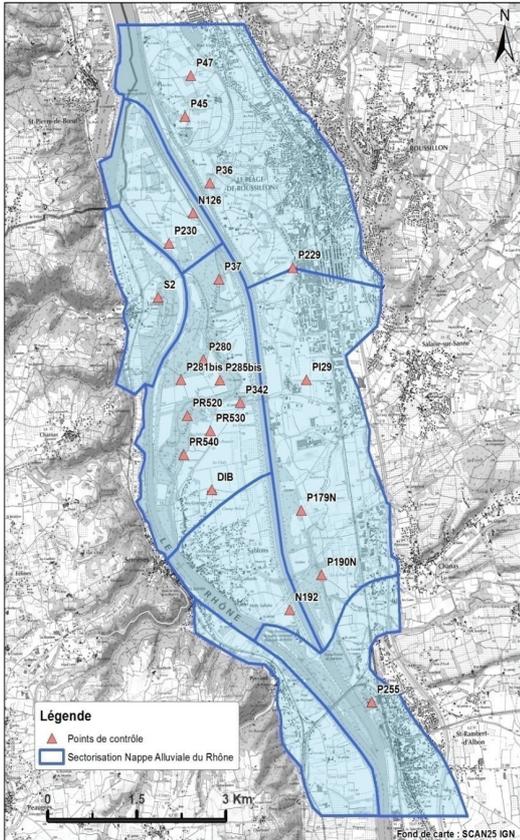
Quel volume peut-on prélever sans impacter de façon significative les forêts alluviales ?



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Quelle stratégie?



Quel volume peut-on prélever sans impacter de façon significative les forêts alluviales ?

Une approche sectorisée

Contraintes :

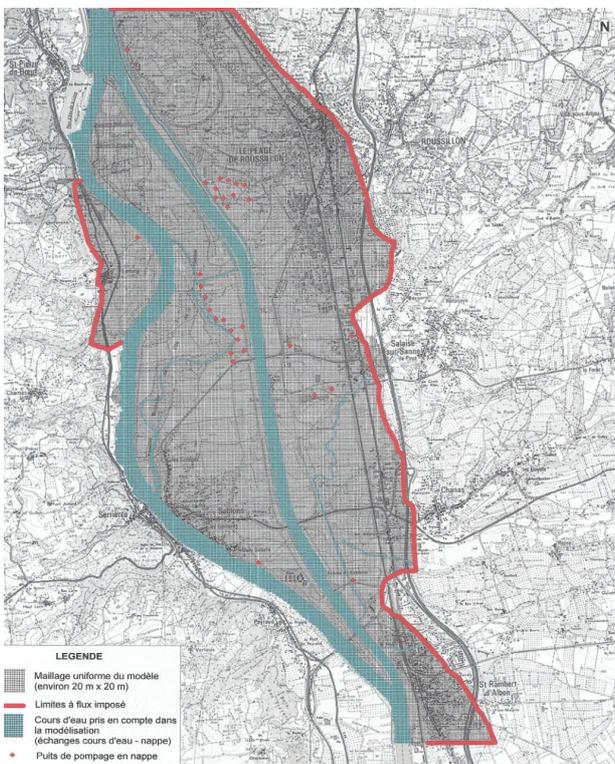
- ❖ Simulation sur une année type observée (1 année sur 5)
- ❖ Contrôle en interne sur les secteurs à enjeux, sur les limites pour les autres

smirclaid

Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Un outil de simulation adapté



Modèle BURGEAP (2007)

- Finesse du maillage
- Conditions aux limites cohérentes
- Calage en régime transitoire autour des principaux champs captants

Modifications mineures (2014)

- Structure sédimentaire (Bravard)
- Nouveau calage – limites SE

BURGEAP™
19, rue de la Vilette
69425 LYON CEDEX 03
Tél : 04 37 91 20 50
Fax : 04 37 91 20 69

Titre de la Platière - Etude préalable à la restauration de la nappe d'accompagnement du Rhône

Rly. 1636
A.14093

Echelle : 1/50 000

0 500 1000 m

Figure 8

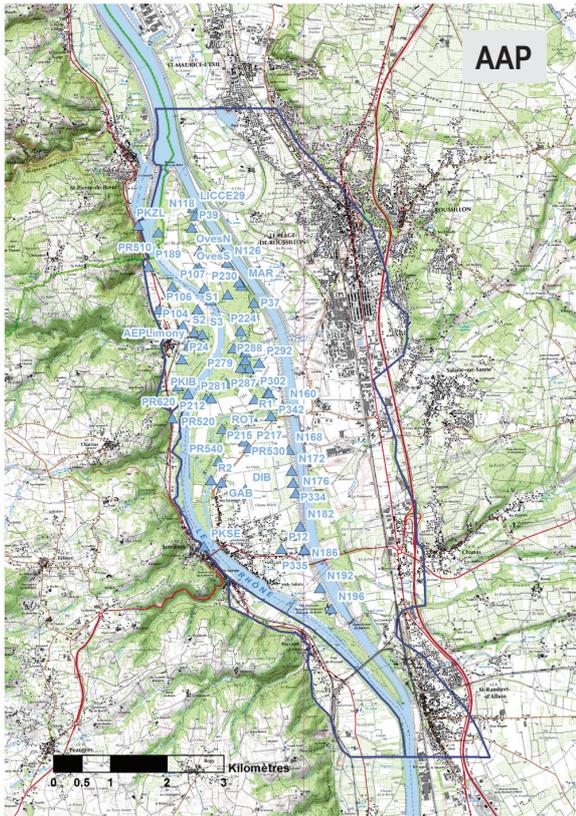
LIMITES ET MAILLAGE DU MODELE

smirclaid

Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Nécessité de données de piézométrie nombreuses !



Piezomètres

Mais aussi les suivis par la CNR, OSIRIS, EMSE...



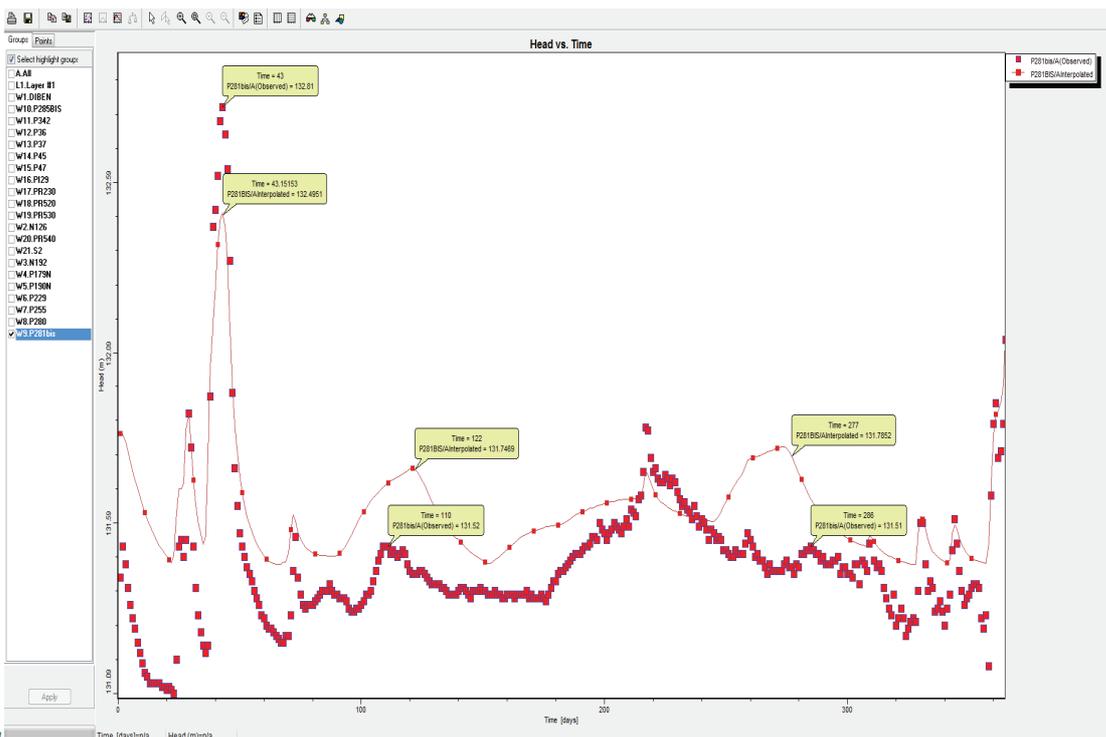
Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)



Nécessité de données de piézométrie nombreuses !

Exemple de calage d'une chronique piézométrique

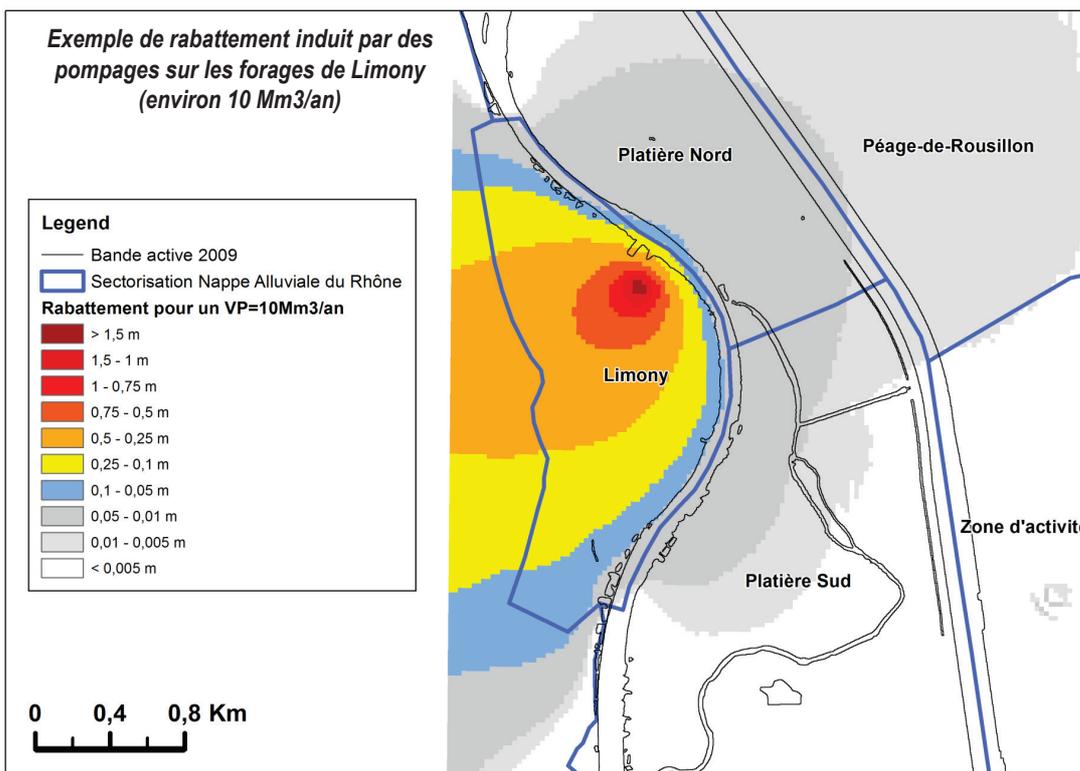


Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

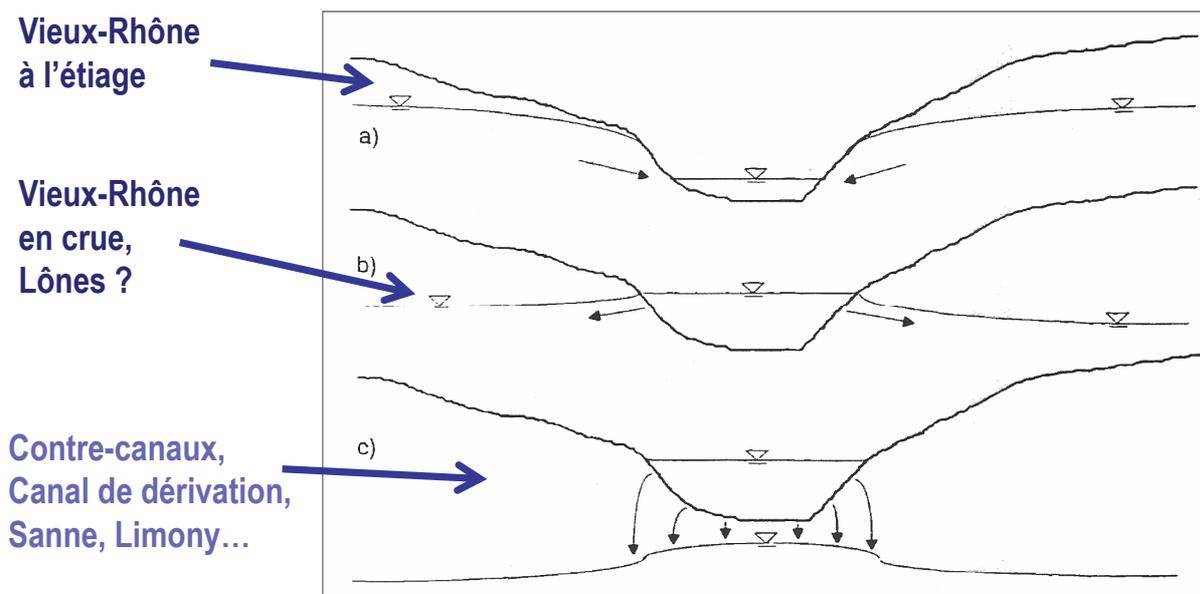
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)



Premier résultat un outil opérationnel

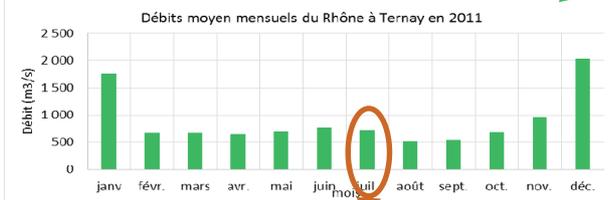
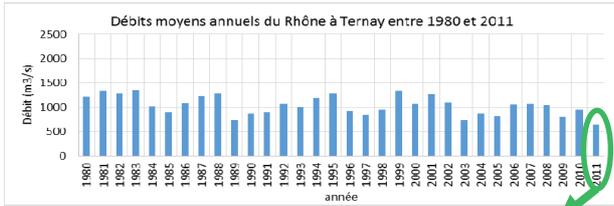


Quelles sont les relations nappe-rivière ?



Systèmes « perdants » : besoin de mesures de débit (CNR ; Thèse Lalot, 2014).

Temporalité des phénomènes : quel pas de temps ?



Pour les relations nappe/rivière, variables explicatives sont le gradient hydraulique entre le cours d'eau et la nappe, et le degré de colmatage :

1. Quelle hauteur d'eau dans la rivière ?
2. Pour quel débit ?

Quel impact peuvent avoir ces variations sur la piézométrie de la nappe ?

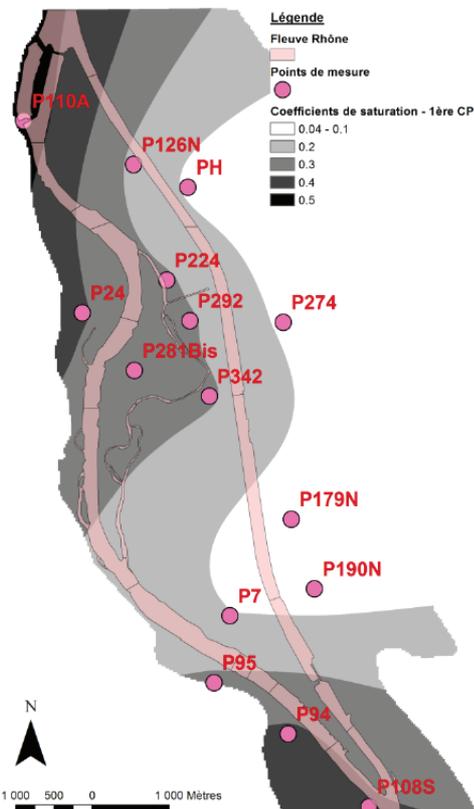
Etude Rhône
M. Chauveau (BRLi)

smirclaid

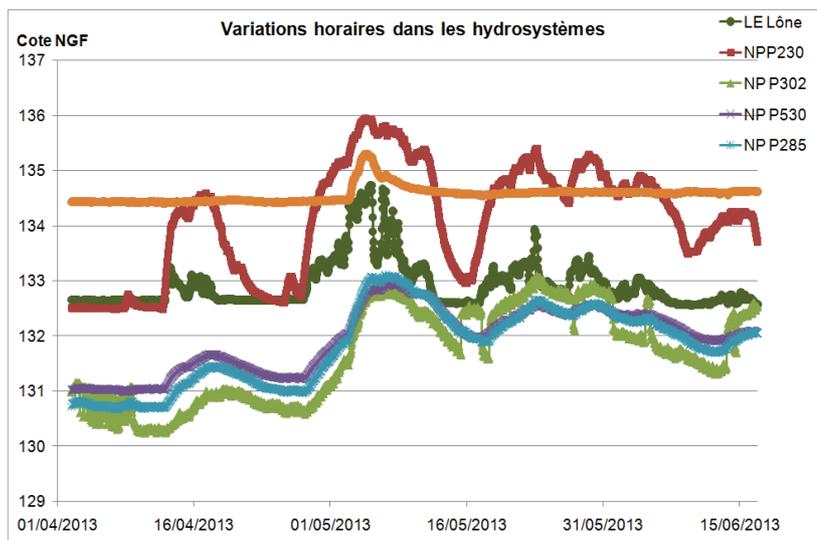
Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Temporalité des phénomènes : relations Q Rhône - NP



Thèse Eric Lalot - EMSE



+ Pas de temps journalier
+ Régime transitoire

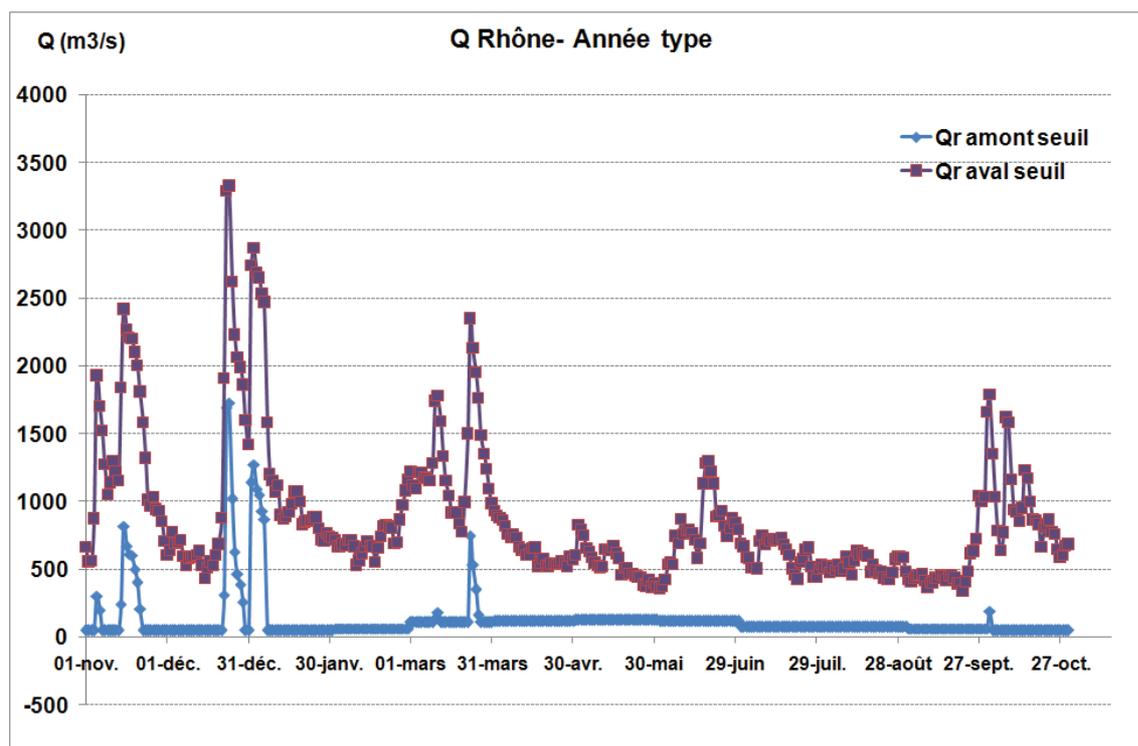
BRLi

smirclaid

Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Hydrologie pour le Rhône



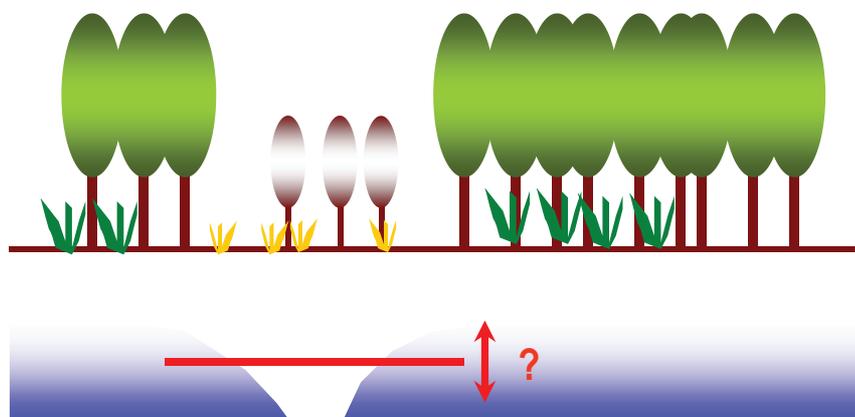
Quelle relation entre débit et hauteur d'eau ?
[Données CNR et AAP]

Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Niveaux piézométriques et satisfaction des besoins des milieux

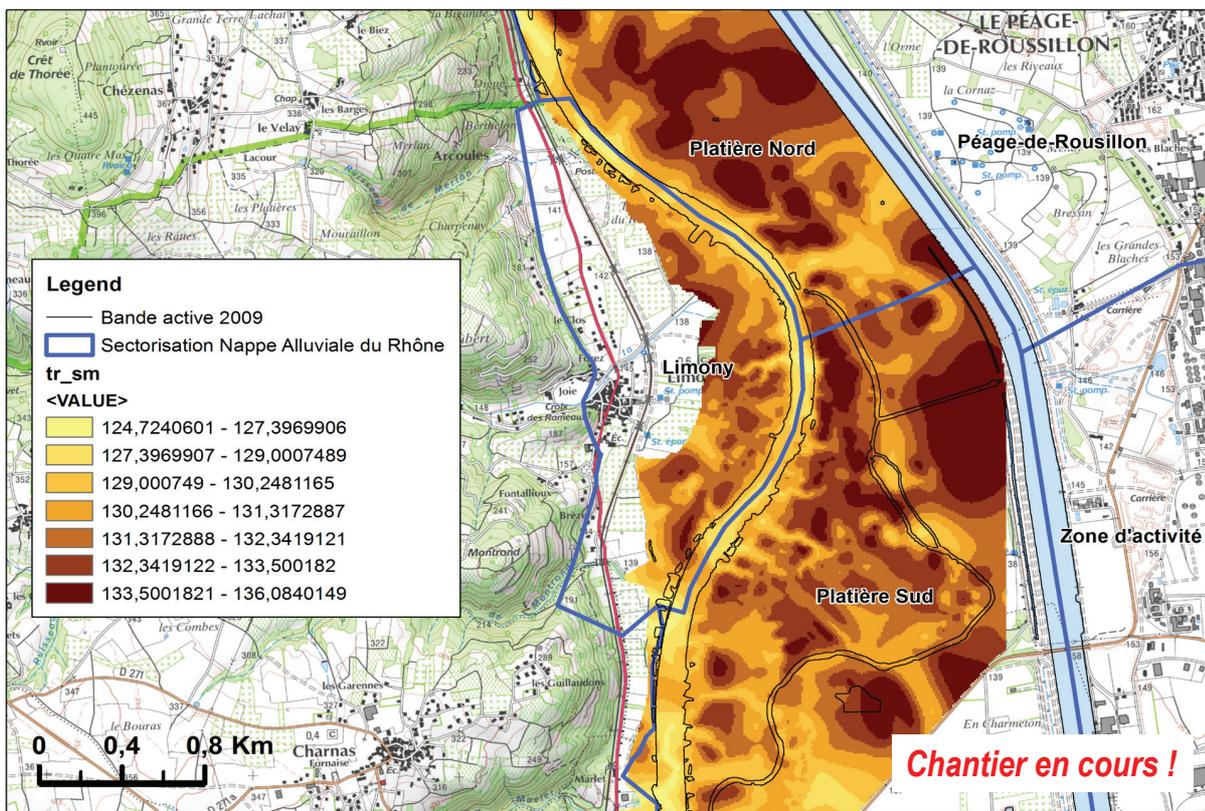
- Croisement hydrogéologie x expertise écologie x SIG
- Mise sous forme cartographique de la réponse probable d'une population d'individus en fonction de la position de la nappe
- **Variable déterminante: interface graviers – limons**



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Quelle cartographie du toit des graviers ?



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Nécessité de données de topographie précises !



Données Plan Rhône
Propriété Agence de l'Eau

MNT - Données LIDAR :

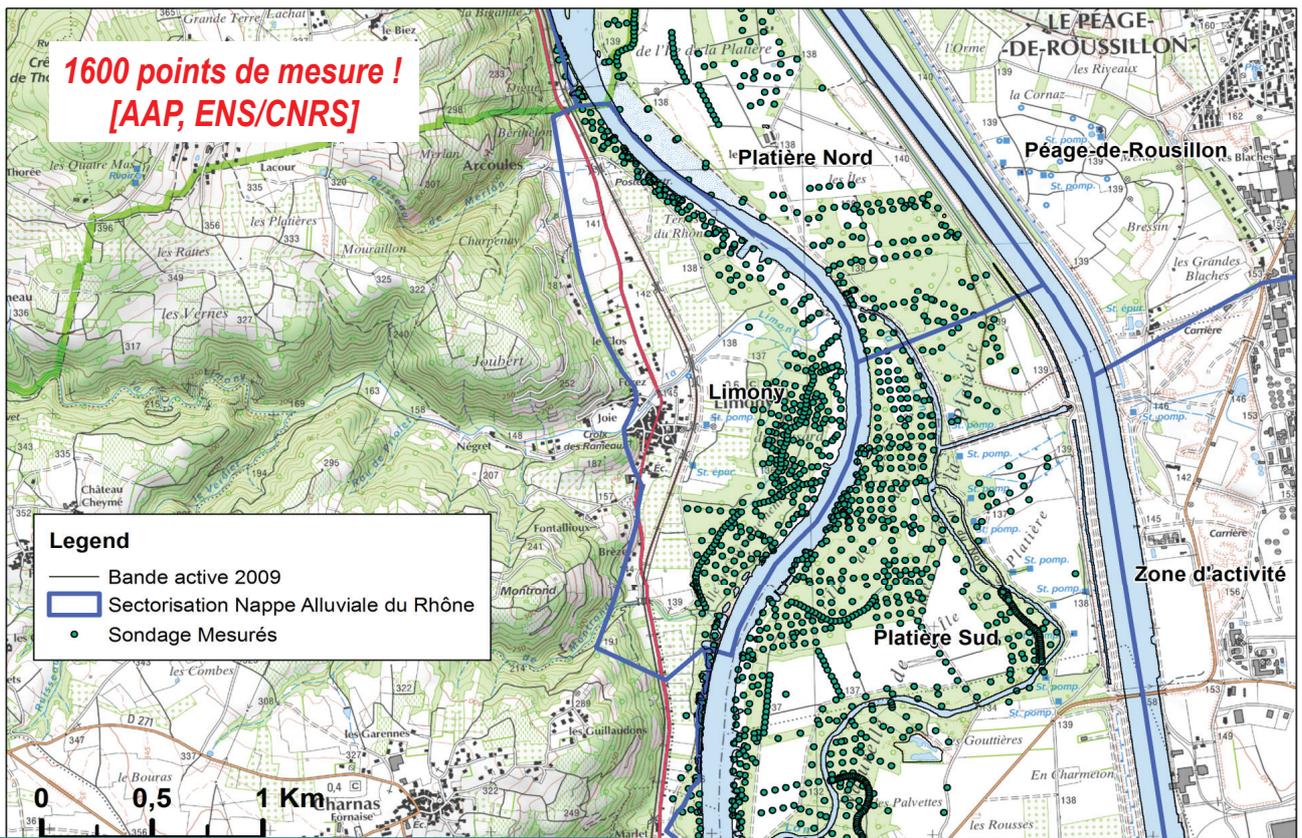
- 2 m en x/y
- Précision de 20 cm en altimétrie

smirclaid

Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

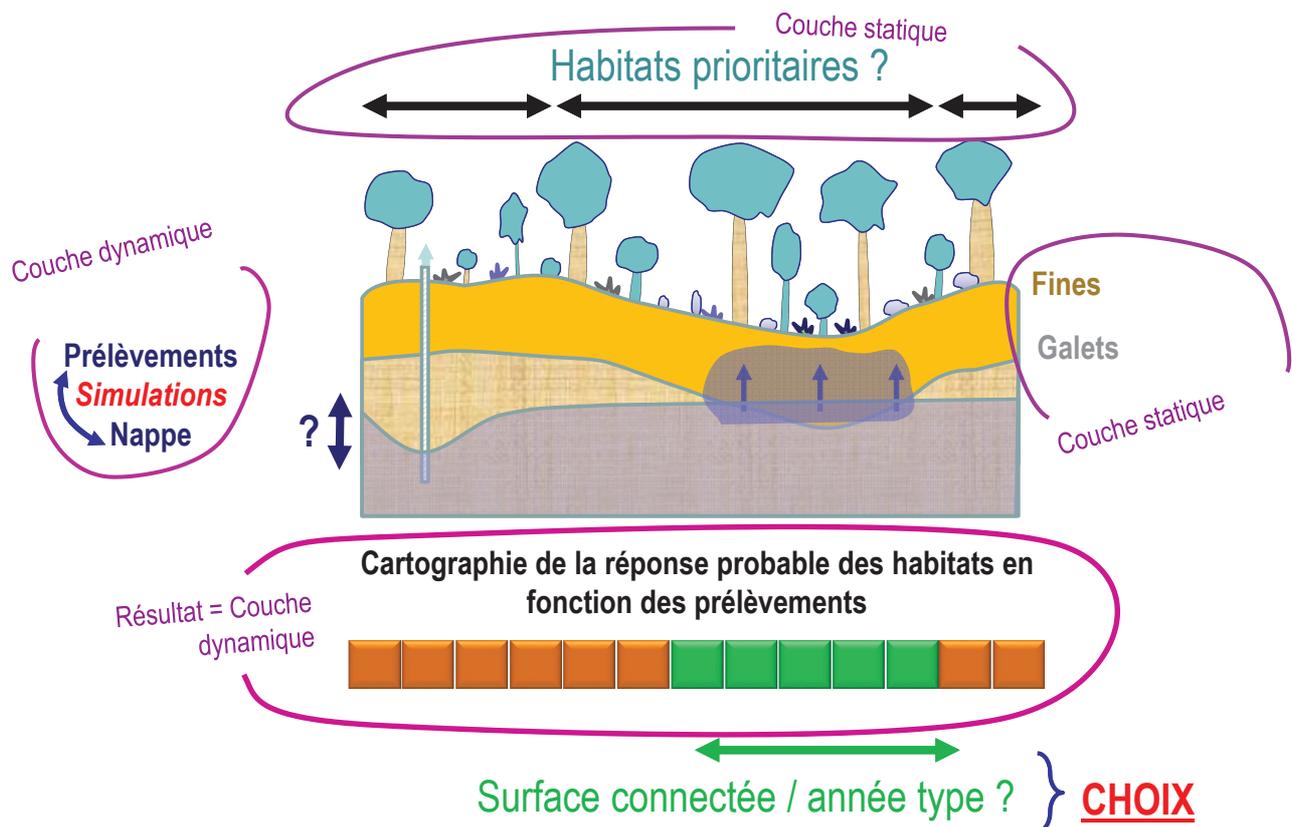
Nécessité de données de pédologie nombreuses !



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

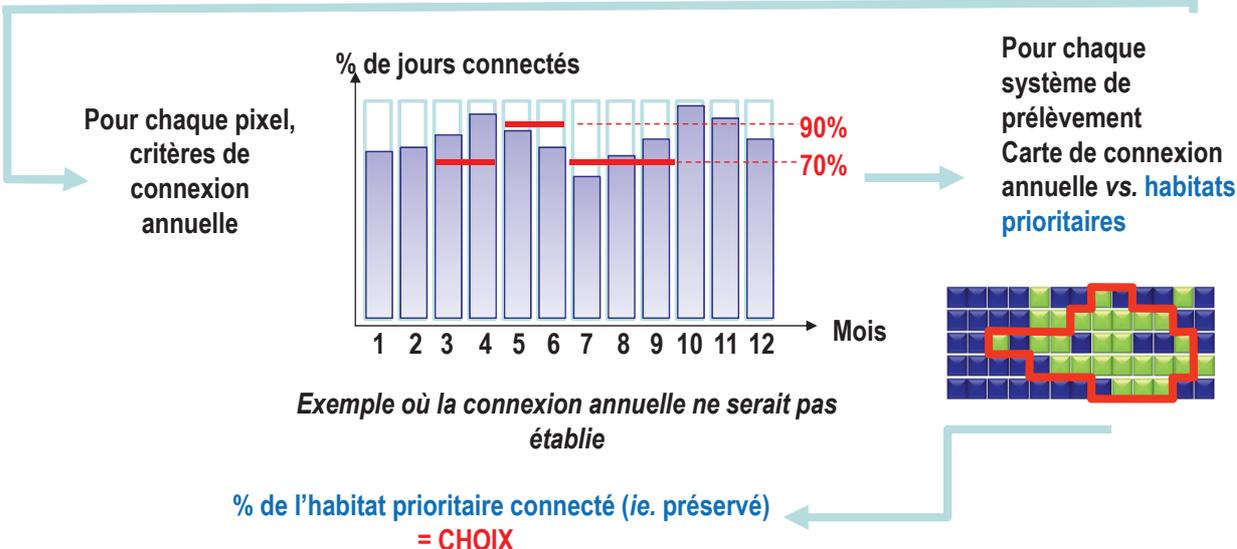
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Quelles relations entre la nappe et les compartiments superficiels ?

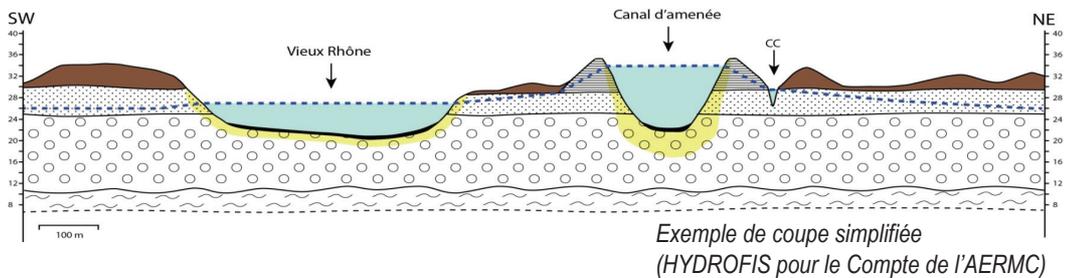


Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)



Des réservoirs à comportement complexe.....



Quelle géométrie ?

Des limites faciles à appréhender ...
 Mais une hétérogénéité sous-estimée !

Quel comportement ?

Un comportement hydrogéologique de type poreux homogène
 Mais une grande diffusivité, une forte réactivité et des conditions aux limites variables au pas de temps journalier !

→ **Un besoin de mesures nombreuses et adaptées:**
Piézométrie, débit-métrie (Q et H), LIDAR, pédologie, habitats, ...

**Caractérisation des échanges nappes
alluviales/rivières.
De la démarche scientifique à l'outil
l'opérationnel**

Frédéric Paron,
Ecole des mines de Saint Etienne, GSE



SEMINAIRE

Interactions rivières/nappes alluviales

ZABR

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Caractérisation des échanges nappes alluviales/rivières

*De la démarche scientifique (mise au point d'une méthodologie)
à l'outil l'opérationnel (guide méthodologique)*

Frédéric Paron



COMMUNAUTÉS
DE RECHERCHE
ACADÉMIQUE
Rhône Alpes



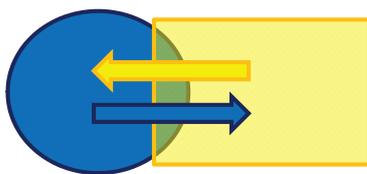
ENVIRONNEMENT



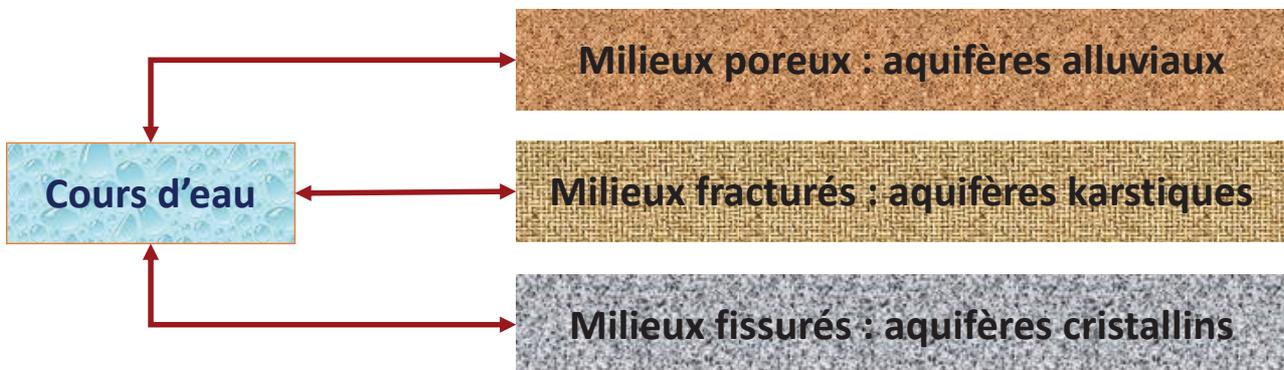
Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Le travail aux interfaces

Aquifères alluviaux/rivières



Limite commune à deux systèmes
permettant les échanges



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Echanges nappes alluviales/Rhône

Projet Eau Sout' 2006-2015

- **Phase 1 (2006-2007)**
Inventaire, synthèse, données / Sectorisation du fleuve / Hypothèses / Sélection secteur test
- **Phase 2 (2007-2008)**
1^{er} diagnostic **Brégnier-Cordon** / BD SIG / Données / Choix secteur test aval
- **Phase 3 (2008-2010)**
2^{ème} diagnostic **Donzère-Mondragon** / Sectorisation fonctionnelle / Variations saisonnières / Secteur test
- **Phase 4 (2010-2012) + Thèse**
3^{ème} diagnostic **Beauchastel** / Régime transitoire / Préfiguration guide méthodologique
- **Phase 5 (2013-2014) + Soutenance de thèse**
Thèse E. Lalot: **Péage-de-Roussillon**
Guide méthodologique (édition prévue début 2015)
Transposition secteur **bassin versant de la Drôme**

Identifier et quantifier les échanges hydrauliques existants entre le Rhône et ses aquifères alluviaux superficiels

Objectifs scientifiques: **développements méthodologiques**

Finalité opérationnelle: **élaboration d'un guide méthodologique**

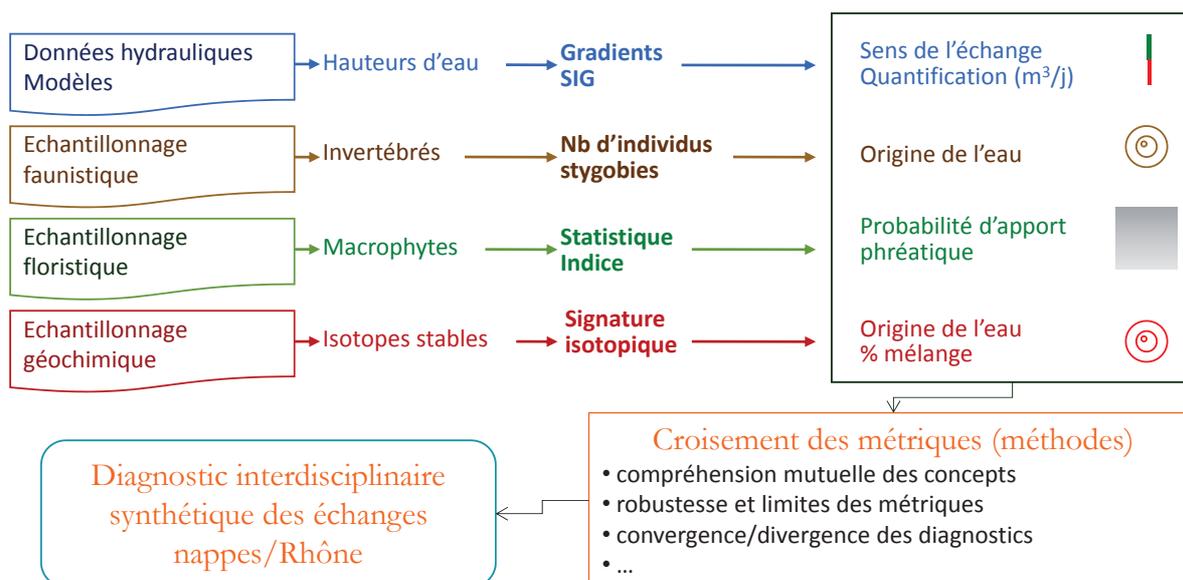
Exemples d'applications :

- . zones de nappe ou de fleuve vulnérables
- . protection des captages AEP
- . protection des îlons (biodiversité)
- . constitution de réserves en nappe
- . optimisation des captages en nappe

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodologie de caractérisation des échanges

Approche interdisciplinaire: 4 outils ou méthodes ou métriques



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Présentation rapide du guide méthodologique

Objectifs et raison d'être du guide



Avertissement aux utilisateurs du guide

A lire avant tout et absolument!
Attention, avant de vous lancer tête baissée dans la caractérisation des échanges nappes/rivières sur un site de votre choix, il est important que vous gardiez à l'esprit que la méthodologie proposée dans les pages qui suivent n'est pas adaptée à tous les contextes hydrogéologiques et territoriaux.

La méthodologie de caractérisation des échanges nappes/rivières ne fonctionne que pour les échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire.

Vous devez aussi garder en tête que la démarche proposée implique que vous définissiez bien au préalable vos objectifs et les enjeux spécifiques de votre secteur d'étude (utilisation de la ressource en eau, état écologique, restauration, ...).

En parallèle, il est aussi important que vous cerniez bien les moyens humains et financiers à votre disposition, afin de vous assurer au préalable de la faisabilité du diagnostic des échanges nappes/rivières. Vous devez aussi disposer d'une bonne

connaissance de votre territoire d'étude du point de vue géographique, hydrogéologique, géomorphologique et anthropique, pour vous assurer de la pertinence du diagnostic.

Ainsi les enjeux territoriaux, les objectifs à atteindre, les moyens et données disponibles conditionnent votre choix de la ou des méthodes et de la démarche que vous suivrez pour caractériser et quantifier, si cela est possible, les échanges nappes/rivières.

Si vous n'avez pas les moyens et/ou les compétences pour mettre en œuvre la méthodologie proposée dans le guide, celui-ci vous permettra toutefois de rédiger un cahier des charges adapté à votre site pour sous-traiter une telle tâche. Il vous donnera aussi les moyens de suivre et d'évaluer le travail effectué.

S'il est possible de lire le guide dans l'ordre des chapitres, vous devez vous assurer d'avoir bien assimilé le chapitre 2 (Présentation des outils, p.29), et le chapitre 4 (Choix des métriques, p.63) avant de vous lancer dans le diagnostic des échanges nappes/rivières.

Fondements:

⇒ Apports et acquis du projet « Eau sout' »

<http://www.graie.org/zabr/projetstrans/index.htm>

Concept et objectif du guide:

⇒ Quels sont les outils les plus adaptés sur les milieux alluvionnaires pour caractériser les échanges nappes/rivières?

⇒ Comment procéder et quelle est la marche à suivre pour caractériser les échanges nappes/rivières?

Destination du guide – techniciens de l'eau:

⇒ SAGE, Contrats de milieux, Agences de l'Eau, BE, ONEMA, Administrations, Collectivités, Syndicats mixtes...

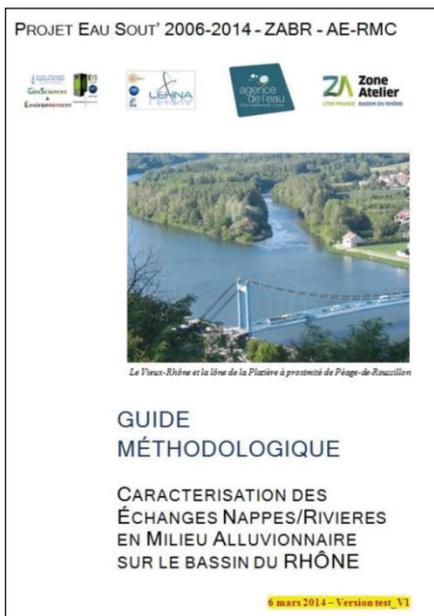
11

Extrait du guide méthodologique

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Plan du guide méthodologique

Contenu du guide



Extrait du guide méthodologique

Chapitre 1. Les échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire

Chapitre 2. Présentation des outils de caractérisation des échanges nappes/rivières: estimation et typologie des échanges

Chapitre 3. Principe de la méthode multi-métrique de caractérisation des échanges nappes/rivières et exemple: mesurer, calculer, relever, interpréter

Chapitre 4. Avancer dans l'évaluation des échanges nappes/rivières: définition des objectifs et choix des métriques

Chapitre 5. Conclure sur les échanges nappes/rivières

Fiches pratiques

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Introduction du guide

En cours de restructuration: deviendra un chapitre à part entière à terme



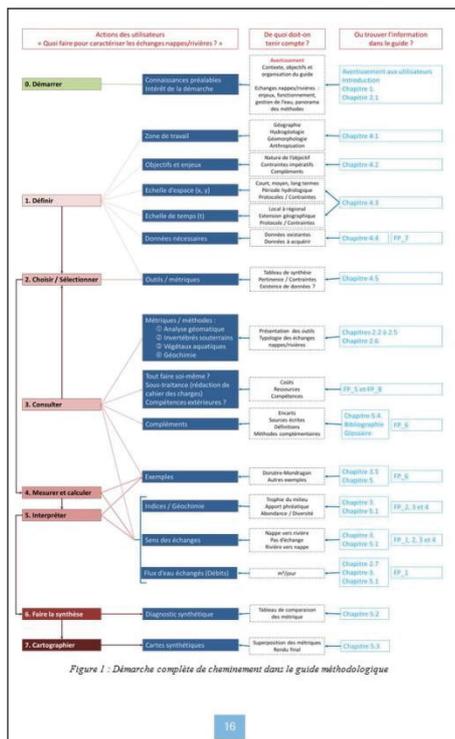
- Contexte et objectifs du guide
- Organisation du guide et cheminement (actions, contraintes, information)
- Schéma exposant la démarche (Figure 1 = fil rouge)
- Encarts et fiches pratiques
- Préciser en quoi le guide peut aider à la gestion des nappes et des rivières en expliquant mieux:
 - comment utiliser le guide
 - comment mettre en place la méthodologie sur le terrain
 - le déroulé d'un cheminement
 - si le gestionnaire peut utiliser le guide et jusqu'à où il peut aller
 - selon les situations quelles sont les métriques les plus adaptées

Extrait du guide méthodologique

Ce chapitre pourra être co-rédigé avec les gestionnaires

Démarche du guide méthodologique

Comment utiliser le guide ?



Choix de la méthode selon:

- ⇒ Zone de travail (contextes géographiques, hydrogéologiques, géomorphologiques, anthropiques...)
- ⇒ Objectifs et enjeux (connaissance, restauration/réhabilitation, pollution/protection, impact des captages, réserve/infiltration, DCE, ...) et les moyens
- ⇒ Echelle spatio-temporelle pertinente
- ⇒ Existence ou non de données appropriées (densité, fiabilité, précision, continuité temporelle et spatiale, ...)

Interprétation des résultats:

- ⇒ Par métrique (méthode)
- ⇒ Tableau de synthèse comparatif (système de pénalités)
- ⇒ Cartographie des résultats

Extrait du guide méthodologique

Chapitre 1

Les échanges nappes alluviales/rivières



Une libellule sur un cours-canal paillé d'Étoudé du Canada (Source : F. Paron)

1. Démarche

Connaissances préalables
 - État de la connaissance
 - État des lieux
 - État des lieux des connaissances
 - État des lieux des connaissances
 - État des lieux des connaissances

Reprise 2 : Prendre en main le guide méthodologique - connaissances préalables

1. Chapitre 1 - Les échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire

Avant de se lancer dans l'explication de la démarche de caractérisation des échanges nappes/rivières, ce chapitre introductif vise à vous présenter rapidement les enjeux réglementaires en lien et déclinés du niveau européen (Directive Cadre Européenne sur l'Eau) au niveau bassin et local (SDAGE, Plan Rhône, SAGE...).

Une fois, les aspects législatifs et normatifs traités, les trois parties suivantes vous exposeront consécutivement :

- un aperçu des concepts et principes décrivant le fonctionnement des échanges nappes/rivières et leur variabilité dans le temps et l'espace,
- des exemples présentant les conséquences des échanges nappes/rivières en termes de gestion de la ressource en eau et de la biodiversité,
- un panorama des méthodes existantes (analyse géométrique, modèles hydrodynamiques, bilans et statistiques, mesures de terrain et échantillonnage, bioindicateurs, géochimie...).

1.1. Enjeux du global au local (DCE, SDAGE, SAGE, Plan Rhône...)

La création de ce guide est en lien avec l'axe thématique « États environnementaux et vulnérabilité des milieux » de l'Accord Cadre conclu entre l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse et la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR). Ce thème souligne les besoins en connaissance au niveau des zones d'interface (échanges « eaux souterraines/eaux superficielles ») en résonance avec la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE, 2010) et l'orientation fondamentale du SDAGE (SDAGE, 1996 ; 2010) « Équilibre quantitatif : évolution quantitative des ressources superficielles et souterraines ».

19

Extrait du guide méthodologique

Enjeux du global au local

DCE, SDAGE, Plan Rhône, SAGE...

Fonctionnement des échanges nappes/rivières

Définitions en encarts (aquifères, nappes...) et schémas fonctionnels

A quoi ça sert de caractériser les échanges nappes/rivière

Exemples pour la gestion de la ressource en eau et de la biodiversité

Panorama rapide des méthodes existantes:

- Analyse géométrique
- Modèles mathématiques
- Bilans et méthodes statistiques
- Mesure de terrain et relevés
- Marqueurs biologiques
- Autres (IRT, fibre optique...)

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Fonctionnement des échanges nappes /rivières

Flux d'eau échangés

Des relations fréquentes...

- eaux de surface alimentant les nappes
- eaux superficielles drainant les nappes

...et variables...

- dans l'espace
- dans le temps (saison, changement climatique)

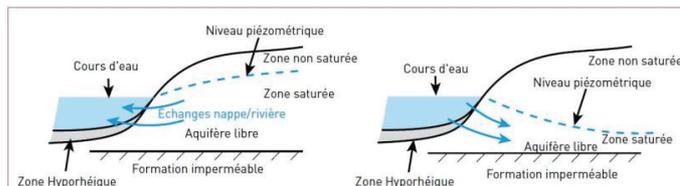
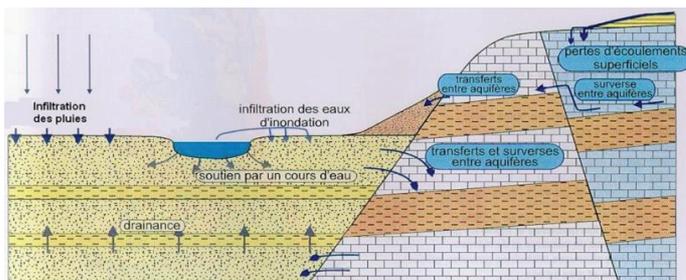
...parfois perturbées par des ouvrages et/ou des aménagements

Pompages, barrages, ouvrages...

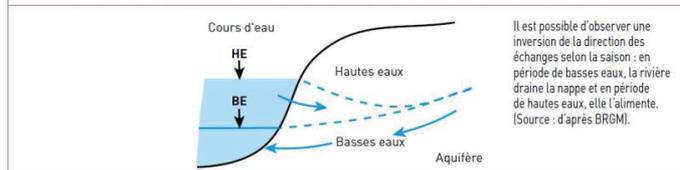
Etat des eaux souterraines et superficielles souvent lié...

...en quantité et en qualité

Dans certains cas, il n'y a pas de relation



De manière générale et suivant le principe des gradients de charge hydraulique, un cours d'eau draine sa nappe alluviale lorsque son niveau piézométrique est situé au-dessus et l'alimente lorsqu'il est situé au-dessous. (Source : d'après BRGM).



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Chapitre 2

Les outils (méthodes, métriques) pour caractériser les échanges



Végétation aquatique de la Lône du Petit-Rhône à proximité de Beaucazette (Source : F. Paron)

5. Démontrer → Connaissances préliminaires (niveau de la dérivation) → Apportement (origine, abaisse et expansion de zone) → Apportement aux utilisations (évaluation) (Chapitre 1, Chapitre 2.1)

3. Consulter → Métriques / méthodes (1) Métriques souterraines, (2) Métriques aquatiques, (3) Géochimie → Présentation des outils (espace des échanges, représentations) → (Chapitres 2.2, 2.3, 2.4, Chapitre 2.6)

4. Mesurer et calculer → Mesure d'échange (DBH) → (Chapitre 2.5, Chapitre 5.1, pp. 1)

5. Interpréter → (Chapitre 2.5, Chapitre 5.1, pp. 1)

Repère 3 : Découvrir les outils, la typologie des situations d'échanges nappes/rivières et une formule de quantification des flux d'eau

2. Chapitre 2 - Présentation des outils de caractérisation des échanges nappes/rivières : estimation et typologie des échanges

Après vous avoir présenté des éléments généraux concernant les enjeux réglementaires, le fonctionnement général des échanges nappes alluviales/rivières, les implications en termes de gestion, quelques méthodes existantes et quelques définitions, il est temps de répondre à la question : **Quels sont les outils pour caractériser les échanges nappes/rivières ?**

Ce chapitre contient les informations générales, mais essentielles, qui permettront de vous préparer au mieux et de vous guider dans l'utilisation du guide.

Ainsi, les premières parties de ce chapitre explicitent et décrivent de manière synthétique :

- les outils (métriques) sélectionnés dans ce guide pour caractériser les échanges nappes/rivières et la manière de s'en servir,
- les potentiels et limites de ces outils.

Dans un second temps, ce chapitre présente les différentes configurations (typologies) dont on peut déduire les caractéristiques des échanges.

29

Intérêt de l'utilisation de plusieurs outils ou méthodes:

- Analyse géomatique
- Méthodes géochimiques (physico-chimie, isotopes)
- Végétation aquatique
- Invertébrés souterrains

Structuration:

- Présentation de l'outil
- Potentiel de l'outil pour la caractérisation des échanges
- Limites de l'outil et précautions à prendre

Typologie des échanges

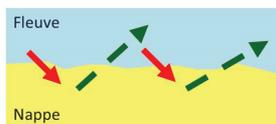
Estimation de la quantité d'eau échangée

Extrait du guide méthodologique

Typologie des échanges nappes/rivières

De quoi on parle au final ?

Sous-écoulement



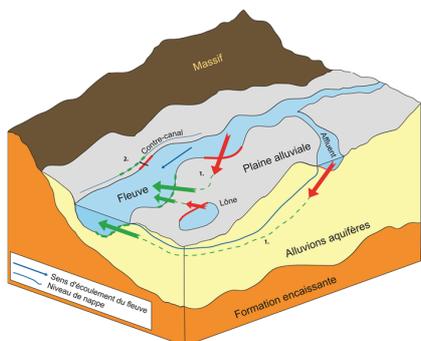
Cette configuration est détectable par :

- les prélèvements d'invertébrés souterrains,
- les relevés de végétaux aquatiques,
- les analyses physico-chimiques des eaux de nappe et de la rivière.

Plus précisément pour cette configuration, il s'agit de reprise du sous-écoulement (underflow) d'eau de surface (rivière) qui s'écoule sur de grandes distances (100 à 1000m) ou latéralement à travers les berges (ex : digues) ou au niveau des lônes.

Représentation sur les cartes de synthèse :

- linéaire de berge « trait vert en pointillé ».
- linéaire de berge « trait rouge en pointillé ».
- sens de l'écoulement « flèches vertes en pointillées ».
- sens de l'écoulement « flèches rouges en pointillées ».



Extrait du guide méthodologique

Code couleur	Autres informations
	Métrique non-utilisée dans le diagnostic
	Pas de données / pas de site d'échantillonnage
Code couleur	Typologie des échanges
	Echange de la nappe vers la rivière
	Echange de la rivière vers la nappe
	Pas d'échange détecté
	Colmatage
	Sous-écoulement
	Recyclage

Chapitre 5

Synthétiser et cartographier les échanges



Un méandre du fleuve Rhône (Source : Photographie A.E.R.M.C)

5. Chapitre 5 - Conclure sur les échanges nappes/rivières

1. Consulter	Compléments	Exemples	Données Montargis - Autre exemple	Chapitre 5.4 Bibliographie Glossaire	FP_6
4. Mesurer et calculer		Indice / Géochimie	Topographie du milieu Apport sédimentaire Analyse de l'équilibre	Chapitre 5.1 Chapitre 5.1	FP_2, 3 et 4
5. Interpréter		Sites des échanges	Nappes vers rivière Riv. vers nappes Autres vers nappes	Chapitre 5.1 Chapitre 5.1	FP_1, 2, 3 et 4
		Plus d'infos échanges (Diabolo)	en ligne	Chapitre 2.7 Chapitre 3 Chapitre 5.1	FP_3
6. Faire la synthèse	Diagnostic synthétique		Tableau de comparaison des métriques	Chapitre 5.2	
7. Cartographier	Cartes synthétiques		Séparation des métriques Rendu final	Chapitre 5.3	

Repère 6 : Synthétiser et cartographier les échanges

Dans ce chapitre, nous allons vous expliquer et vous montrer :

Comment tirer des conclusions des mesures et calculs effectués précédemment avec chacune des métriques impliquées et comment aboutir à un diagnostic synthétique multi-métrique des échanges nappes/rivières sur votre site d'étude ?

Dans un premier temps, vous devrez agréger les résultats selon les échelles d'espace et de temps sélectionnées et des unités fonctionnelles repérées (ex : masses d'eau, tronçons de rivière compris entre 2 affluents, zone de confluence). Il est par exemple possible d'effectuer un découpage avec les PK (Points Kilométriques). Afin, de vous aider et pour illustrer chacune des étapes de ce dernier chapitre, le travail effectué

73

Exemple: synthèse par outil sur le secteur de Donzère-Mondragon

Etablir un diagnostic synthétique (tableau)

- Croisement des résultats / sectorisation des échanges
- Qualité du diagnostic par outil

Cartographie synthétique des résultats

Approches complémentaires :

- Détection des données aberrantes et reconstitution
- Indicateurs paysagers et géomorphologiques

Extrait du guide méthodologique

Annexes du guide méthodologique

Fiches pratiques



Le Rhône en crue en 2008 (Source : Photographie A.E.R.M.C)

Annexes : FICHES PRATIQUES (FP) pour l'application et la mise en œuvre de la méthode de caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvial

1. Définir	Données géométriques	Données hydrauliques	Données géologiques	Chapitre 4.4	FP_7
3. Consulter	Compléments	Exemples	Données Montargis - Autre exemple	Chapitre 5.4 Bibliographie Glossaire	FP_6
4. Mesurer et calculer		Indice / Géochimie	Topographie du milieu Apport sédimentaire Analyse de l'équilibre	Chapitre 5.1 Chapitre 5.1	FP_2, 3 et 4
5. Interpréter		Sites des échanges	Nappes vers rivière Riv. vers nappes Autres vers nappes	Chapitre 5.1 Chapitre 5.1	FP_1, 2, 3 et 4
		Plus d'infos échanges (Diabolo)	en ligne	Chapitre 2.7 Chapitre 3 Chapitre 5.1	FP_3

Repère 7 : Lien entre chapitres du guide et Fiches Pratiques

• **Présentation générale**

Comme cela a déjà été évoqué à plusieurs reprises dans le guide, les annexes sont composées de Fiches Pratiques qui vous permettront d'obtenir des informations complémentaires par rapport à son contenu principal. Ces fiches vous guideront aussi vers des sources d'informations supplémentaires.

En sommes, les annexes répondent à la question suivante :

Où trouver des informations complémentaires et supplémentaires ?

Les annexes sont composées de 8 fiches pratiques : 6 concernant les métriques, 1 synthétisant les résultats sur les sites où nous avons précédemment diagnostiqué les échanges nappes/rivières sur le Rhône.

93

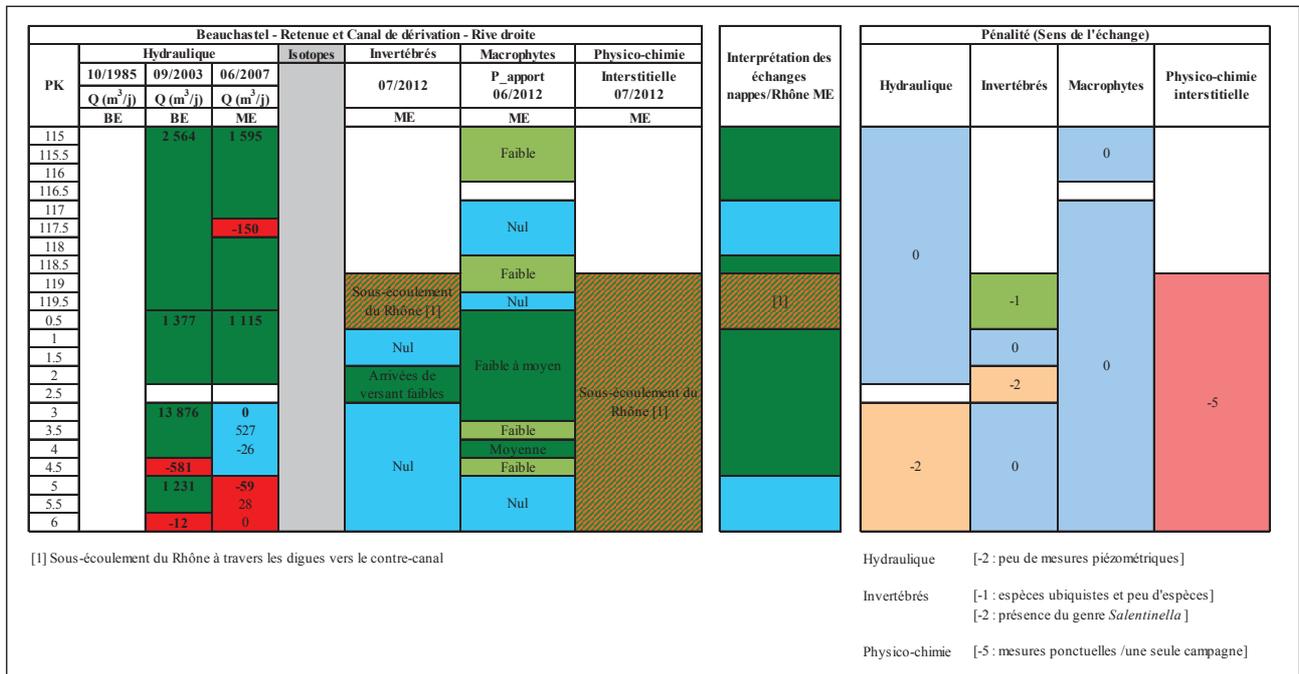
- FP_1. Hydro: de la carte piézométrique au modèle TIN
- FP_2. Géochimie: protocole et interprétation
- FP_3. Végétaux aquatiques (macrophytes)
- FP_4. Invertébrés souterrains
- FP_5. Estimation des coûts (temps de travail)
- FP_6. Synthèse: sites diagnostiqués sur le fleuve Rhône
- FP_7. Bases de données et informations consultables
- FP_8. Personnes ressources et compétences

Glossaire des termes techniques

Extrait du guide méthodologique

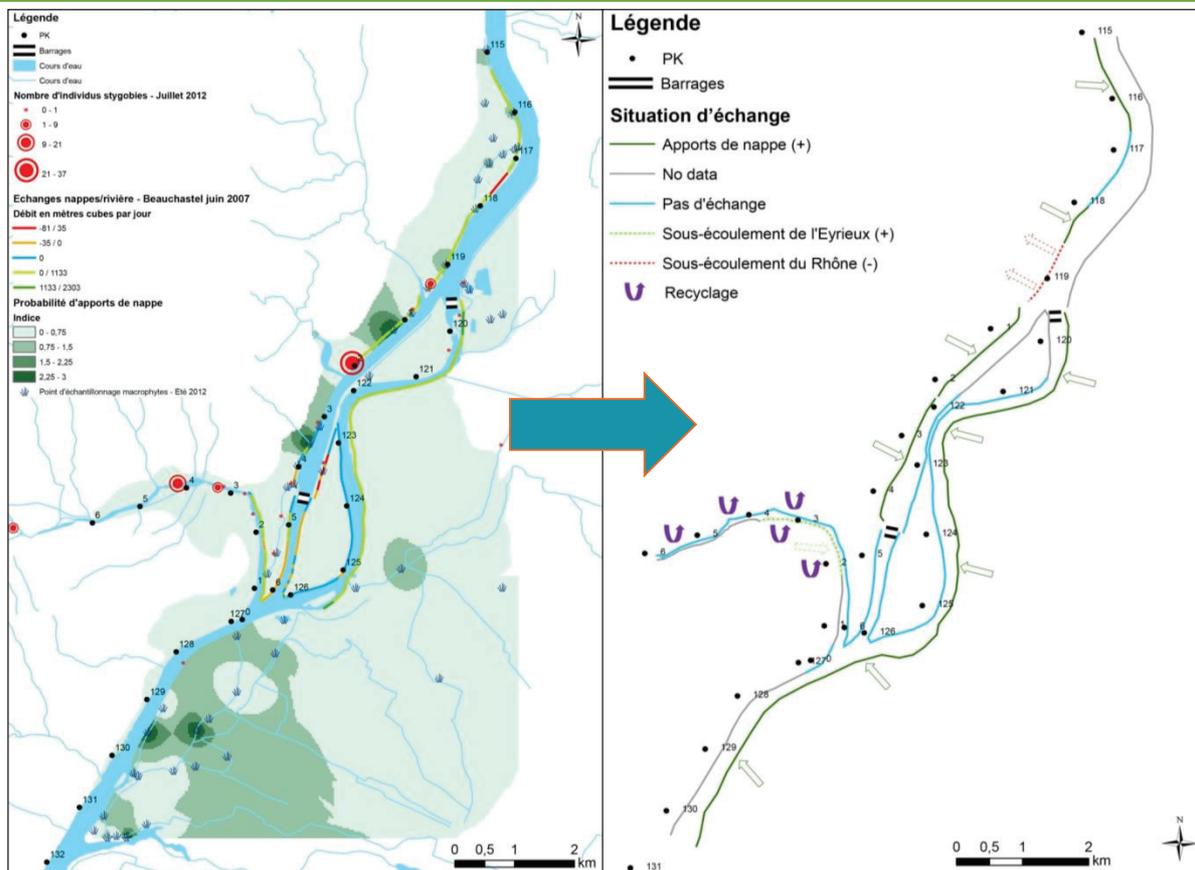
Tableau de comparaison des métriques

Un outil pour élaborer un diagnostic synthétique



Extrait du guide méthodologique

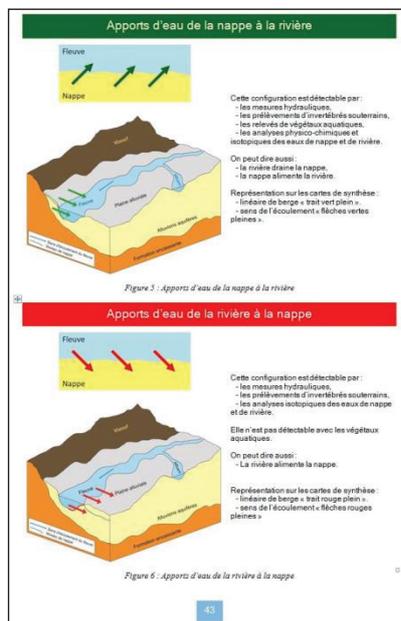
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Phase test du Guide méthodologique

ARRA, SMRD, SM3A, SBVA, CNR, EDF



Extrait du guide méthodologique

Période: avril à juin 2014

Axes et orientations de lecture:

- ⇒ Ne pas hésiter à critiquer
- ⇒ Indiquer les parties difficiles à comprendre ou qui manquent de clarté (lourdeur), les redondances inutiles, les manques
- ⇒ Lister les points forts et les points faibles du guide
- ⇒ Quelles étaient les attentes *a priori* par rapport au guide? Quelles sont celles auquel le guide répond ou ne répond pas?

Premiers retours:

- ⇒ Le guide a été jugé dense et ardu
- ⇒ Prévoir après la parution du guide de rédiger une version allégée, plus digeste (guide pratique, résumé technique)

Merci pour votre attention...

et bientôt l'édition du guide...

et un peu plus tard une version 2 (Projet NAPROM)



Bassin du Rhin
Plaine de l'III
Colmar - Ostheim



Outils et diagnostic pour la caractérisation des échanges nappes/rivières

Frédéric Paran, EMSE, GSE
Florent Arthaud, Université de Savoie, CARRTEL
Pierre Marmonier, Université Lyon 1, LEHNA
Véronique Lavastre, Université de Saint Etienne, LMV



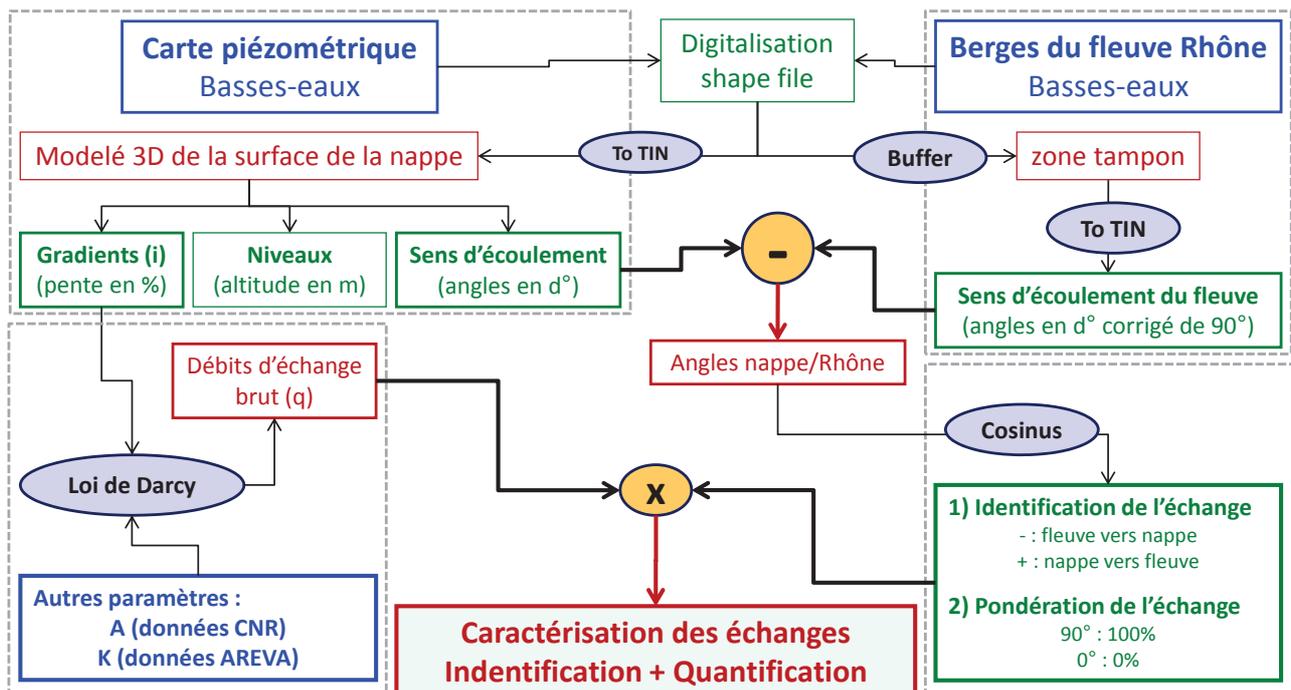
Outils et diagnostic pour la caractérisation des échanges nappes/rivières

F. Paran, V. Lavastre, F. Arthaud, P. Marmonier



Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

1- Analyse SIG – une démarche géomatique SIG et fonctions d'analyse spatiale



Analyse SIG – Intérêt d'un modèle simplifié

Contraintes liées aux problématiques environnementales

Nombreuses données mais :

- fragmentées et hétérogènes
- éparses, lacunaires, parfois anciennes
- empreintes d'incertitudes, asynchrones
- de sources variées

+ Nombreuses influences humaines :

- centrales nucléaires
- barrages hydroélectriques/réservoirs
- écluses
- canaux de dérivation, contre-canaux, canaux
- digues, épis Girardon, seuils
- pompages, rejets
- urbanisation

Utilisation des modèles contraignants :

- couteux en temps de travail
- gourmands en données

Nous avons donc mis en œuvre une méthode :

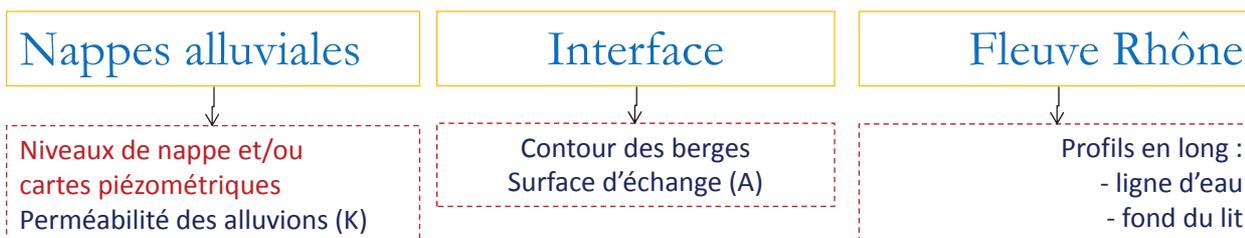
- simple
- peu couteuse
- reproductible
- adaptée aux contraintes



**Outils SIG
d'analyse spatiale**

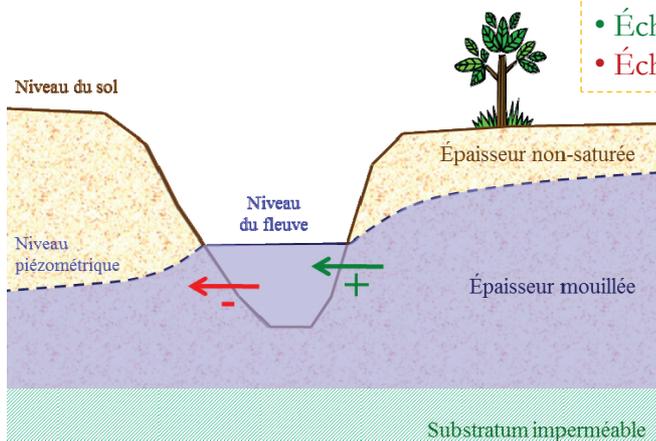
Analyse SIG – Données hydrogéologiques nécessaires

Milieu alluvial



Convention :

- Échanges nappe vers fleuve : +
- Échange fleuve vers nappe : -



Loi de Darcy $Q = K.A.i$

Q : débit en m³/s
K : perméabilité en m/s
A : section d'écoulement en m²
i : gradient hydraulique ($i = \frac{dH}{dL}$)

Analyse SIG – Acquisition et préparation des données

Un travail préparatoire important

Récupération de données:

- Littérature : rapports, études...
- Données existantes : bases de données, bureaux d'études, questionnaires...

Acquisition de données:

- Nivellement des ouvrages (puits, piézomètres...) au GPS
- Niveaux de nappe (sonde piézométrique, sonde de pression)
- Profils en long de la ligne d'eau (canoë et GPS)
- Profils en long du fond du lit (sonde bathymétrique et GPS)

Préparation des données:

- Cohérence des systèmes de coordonnées xy
- Cohérence du référentiel altimétrique (z)
- Géoréférencement
- Digitalisation
- Compatibilité et format des données (ArcGIS, MapInfo, Excel, Access...)

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Présentation de la méthode

Sens d'écoulement du cours d'eau : TIN cours d'eau

Berges du cours d'eau :

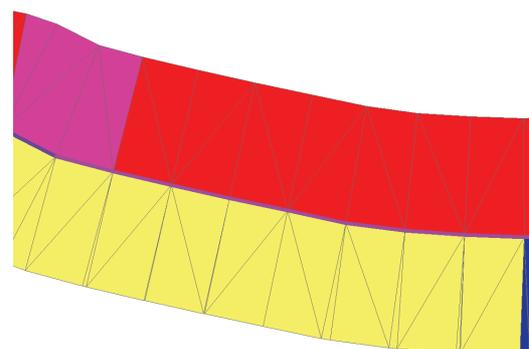
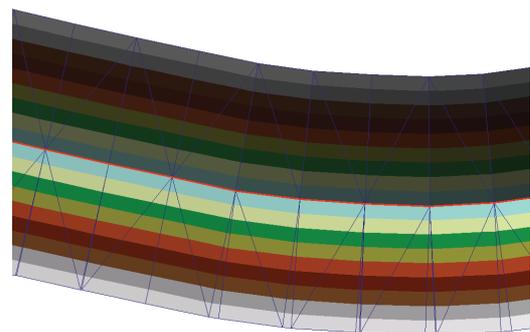
- Digitalisation à partir de Scan 25 IGN ou photographies aériennes (Create Features)
- Segmentation régulière des polygones (Split line at vertices, COGO Toolbars)

Création du TIN :

- Zone tampon de 100 m autour de la polygone de cours d'eau (Buffer)
- Génération du TIN à partir de la polygone de berge et de la zone tampon (Create TIN)

Affectation de l'angle du TIN aux segments de berge :

- Transformation du TIN en triangle (Tin to Triangle)
- Intersection des triangles et de la polygone de berge (Intersect)
- Calcul de l'angle d'écoulement : correction de $\pm 90^\circ$



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Présentation de la méthode

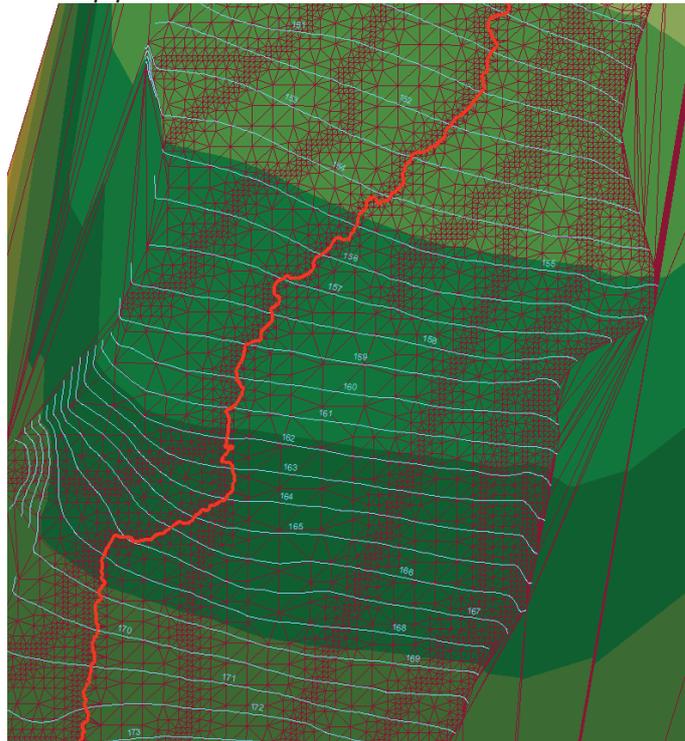
Sens d'écoulement de la nappe : TIN nappe

Création du TIN (Create TIN)

- Courbes Isopièzes ou niveaux ponctuels
- Niveaux d'eau dans la rivière

Affectation des valeurs du TIN aux segments de berge :

- Transformation du TIN en triangle (Tin to Triangle)
- Intersection des triangles et de la polyligne de berge (Intersect) pour affectation du sens d'écoulement et du gradient de nappe à chaque segment de la polyligne de berge



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Présentation de la méthode

Angle et débit d'échange : calcul dans les tables attributaires

Angle d'échange

Angle cours d'eau – Angle de nappe = Angle d'échange

Débit d'échange (selon les données disponibles)

- Intégration au préalable des données disponibles ou de valeurs estimées pour chaque segment de polyligne de berge dans la table attributaire : perméabilité (K), surface d'échange (A)
- Calcul du débit d'échange avec la Loi de Darcy
- Pondération du débit en fonction de l'angle d'échange
- Détermination de l'incertitude (erreur relative sur le débit calculé)

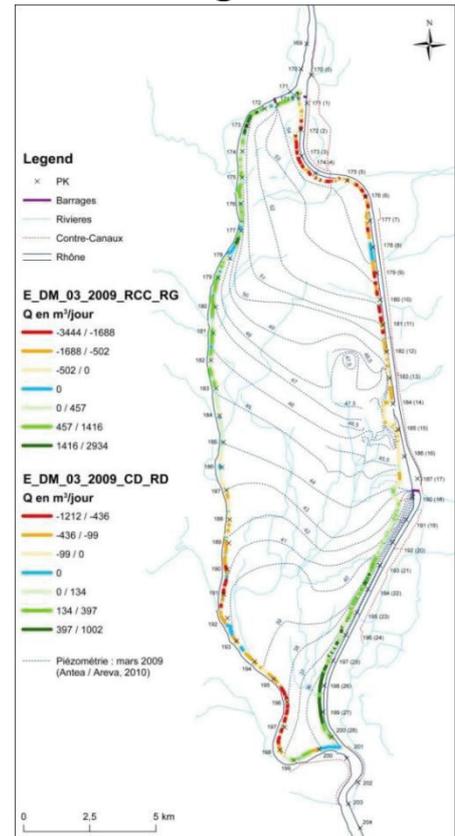
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Potentiel de caractérisation des échanges

Résultats spatialisés : agrégation par tronçons et cartographie

Secteur_Rive_Date	Q+	Q-	Qu+	Qu-	imoy+	imoy-
	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /km	m ³ /km	‰	‰
RCC_RG_1968	146 704	-4 762	6 380	-3 240	1,5	1,6
RCC_RG_1969	134 837	-7 213	6 228	-2 569	1,4	1,5
RCC_RG_2008	60 482	-13 322	3 044	-2 414	0,9	0,8
RCC_RG_2009	131 257	-96 935	8 786	-7 721	3,2	1,3

PK	Secteur_Rive_Date	Q+	Q-	Qu+	Qu-
		m ³ /j	m ³ /j	m ³ /km	m ³ /km
171 à 172,5	RCC_RG_1968	827	-3 964	2 405	-3 600
172,5 à 195	RCC_RG_1968	145 887	-797	6 440	-2 163
172 à 173,5	RCC_RG_1969	806	-3 863	2 429	-4 020
173,5 à 196	RCC_RG_1969	134 031	-1 763	6 287	-2 389
196 à 197	RCC_RG_1969	0	-1 587	0	-1 432
171,5 à 179,5	RCC_RG_2008	32 824	-1 534	4 285	-5 442
179,5 à 180,5	RCC_RG_2008	870	-1 692	1 462	-2 164
180,5 à 188	RCC_RG_2008	19 211	-429	2 607	-1 550
188 à 192	RCC_RG_2008	617	-6 985	902	-2 307
192 à 196	RCC_RG_2008	6 959	-213	1 955	-403
196 à 196,5	RCC_RG_2008	0	-247	0	-398
171 à 185,5	RCC_RG_2009	126 361	-1 637	9 256	-2 488
185,5 à 199	RCC_RG_2009	653	-93 674	1 406	-8 190
199 à 200	RCC_RG_2009	4 242	-1 624	5 102	-3 537



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Potentiel de caractérisation des échanges

Estimation quantitative des apports de nappe au fleuve Rhône

Agrégation par secteurs

Localisation	Secteurs (chutes CNR)	Estimation de l'apport de la nappe au Rhône (m ³ /j)	
		Rive gauche	Rive droite
Rhône-Amont	Brégnier-Cordon	Données CNR	
		Apports de nappe au fleuve PK 111 à 99 en m ³ /j : [32 370 ; 61 950]	-
Rhône-Moyen	Péage-de-Roussillon	Modèle BURGEAP, données CNR	
		Apports de nappe au fleuve PK 51 à 63 en m ³ /j : [17 200 ; 46 880] Modèle de nappe (Thèse E. Lalot)	Modèle de nappe (Thèse E. Lalot)
Rhône-Aval	Beauchastel	Données CNR	
		Apports de nappe au fleuve PK 119,5 à 126 en m ³ /j : [13 870 ; 18 740] Apports de nappe à l'Eyrieux PK 0 à 3 en m ³ /j : [1 230 ; 1 670]	Apports de nappe au fleuve PK 122,5 à 126 en m ³ /j : [3 ; 5 370]
	Donzère-Mondragon	Modèle ANTEA, données CNR	
		Apports de nappe au fleuve PK 170 à 195 en m ³ /j : [126 360 ; 145 890] Apports de nappe à l'Ardèche PK 0 à 8 en m ³ /j : [1 830]	Apports de nappe au fleuve PK 186 à 182 en m ³ /j : [1 150]

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Analyse SIG – Limites, avantages, perspectives

Limites:

- méconnaissance des impacts anthropiques
- incertitudes sur les données de départ

Avantages:

- minimise l'effet utilisateur
- automatisation et systématisation possibles
- reproductible sur d'autres secteurs
- souplesse d'utilisation
- représentation assez proche de la réalité de terrain
- travail à différentes échelles / agrégation des résultats

Transposition:

projet NAPROM (Loire, Rhin, Seine, Sèvre-Niortaise)

Transfert de connaissance :

guide méthodologique

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

2- Méthodes géochimiques – Utilité/finalité

- Caractériser les différentes masses d'eau en présence
- Identifier les sources des masses d'eau et des solutés
- Identifier (quantifier) les mélanges entre masses d'eau

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Présentation de la méthode

• Paramètres physico-chimiques



pH, conductivité, température et oxygène dissous

Ca⁺, Na²⁺, K⁺, Mg²⁺

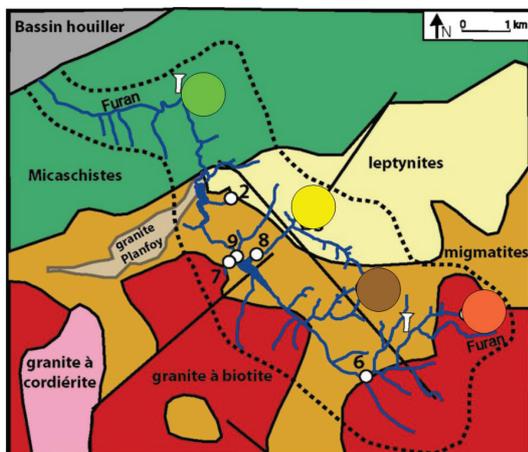
Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃²⁻, (PO₄²⁻)



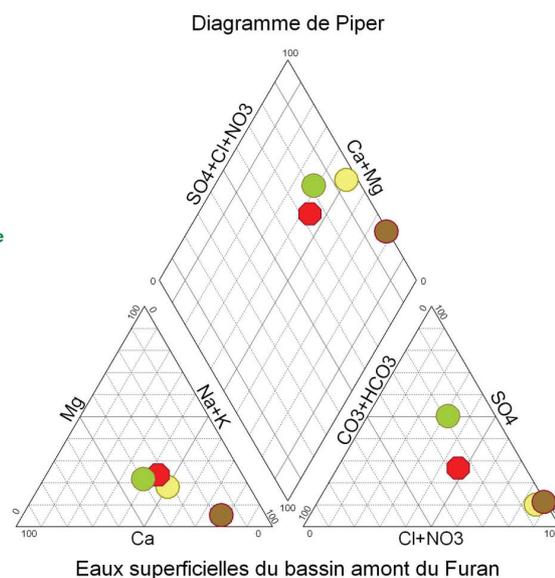
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Présentation de la méthode

La chimie de l'eau est dépendante des formations géologiques traversées



- 1-Rochetaillée
- 3-Barbanche
- 4-Le Bessat
- 5-Tarentaise



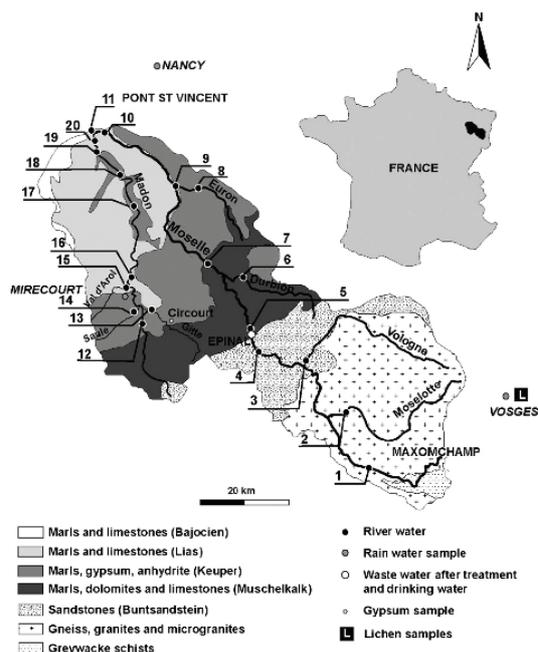
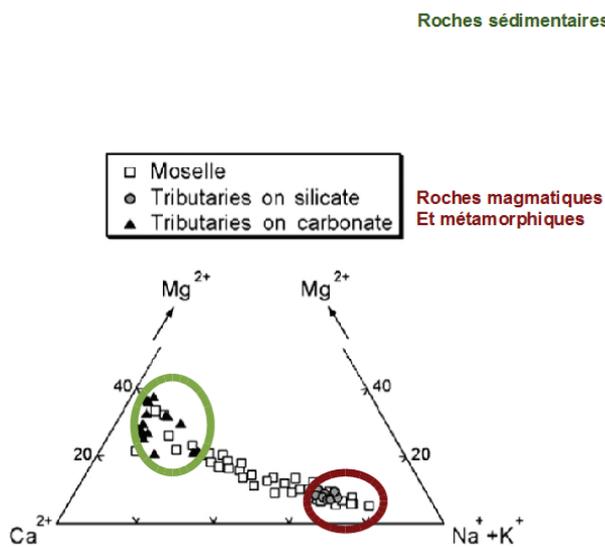
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Exemple d'étude

Paramètres physico-chimiques

Exemple d'étude (Brénot et al., 2007)

Moselle



Calculs de mélange

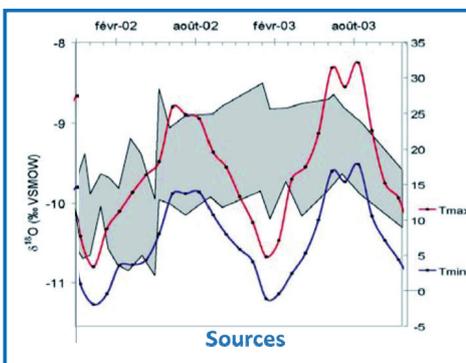
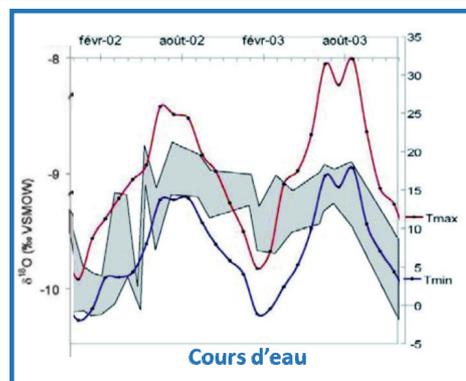
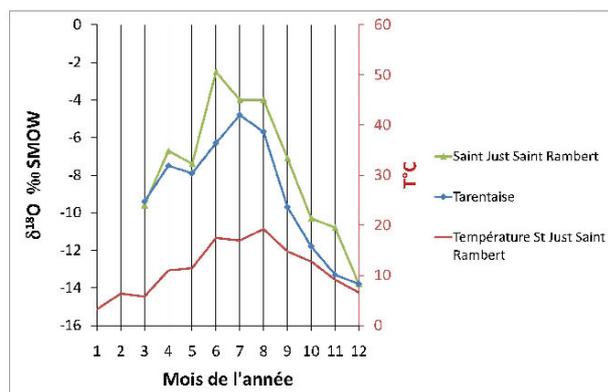
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Présentation de la méthode

• Géochimie isotopique

• ^{18}O , ^{16}O D, H

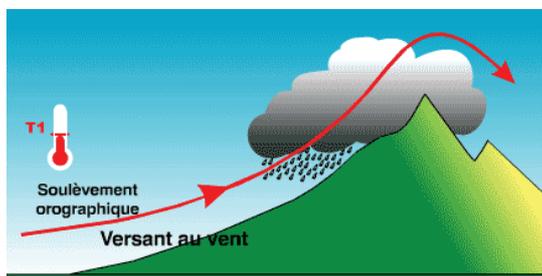
$$\delta^{18}\text{O} \text{ en } \text{‰} = \left[\frac{\left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right]_{\text{échantillon}}}{\left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right]_{\text{PDB}}} - 1 \right] \times 1000$$



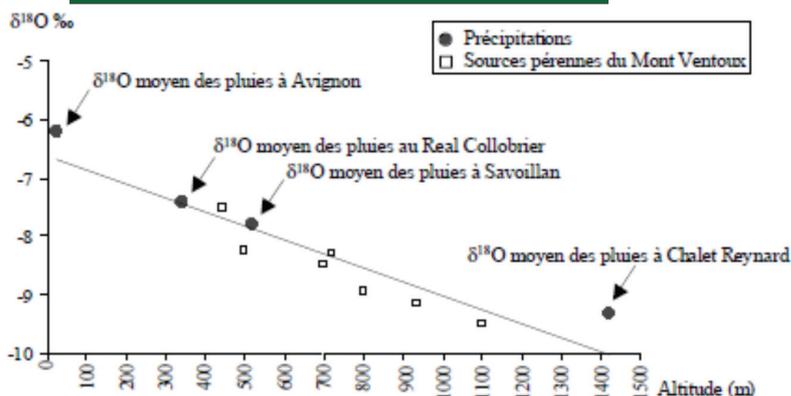
Rôle important de la **température** atmosphérique sur les compositions isotopiques des eaux de pluie

Méthodes géochimiques – Présentation de la méthode

• Géochimie isotopique



Rôle important de la **température** atmosphérique sur les compositions isotopiques des eaux de pluie



Détermination de l'altitude de l'impluvium des eaux souterraines

Celle 2000

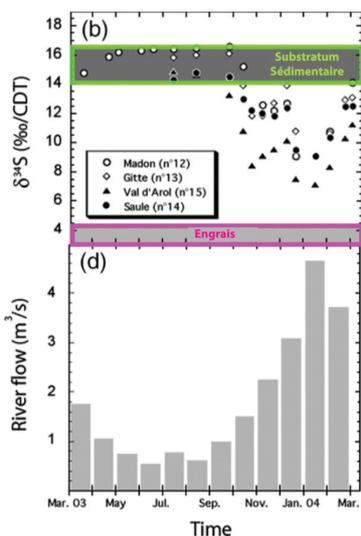
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Exemple d'une étude couplée

Paramètres physico-chimiques et isotopes

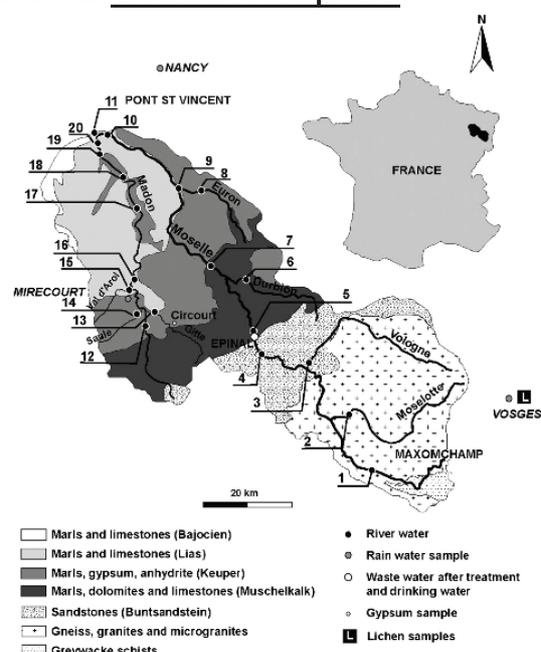
Exemple d'étude (Brénot et al., 2007)

Moselle



Roches sédimentaires

Roches magmatiques Et métamorphiques



Calculs de mélange et traçage de source des solutés

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodes géochimiques – Limites

Paramètres physico-chimiques	Isotopes
Les différentes sources d'eau doivent avoir des signatures différentes	
Choix de la période de prélèvement	
	Analyses couteuses dans des laboratoires spécialisés
	Nécessité d'avoir recours à un spécialiste pour l'interprétation des données
Une caractérisation de l'environnement immédiat du site (affluents, pluies, sources, etc.) et un suivi des paramètres est fortement souhaitable pour une bonne compréhension des processus	



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

3- Végétation aquatique – Utilité/finalité

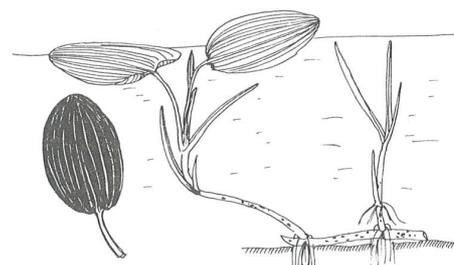
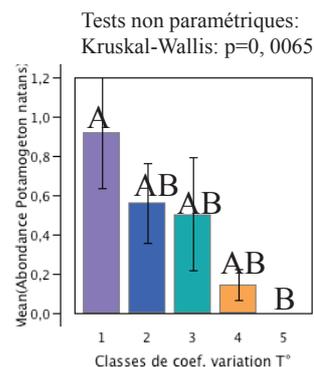
Apports d'eaux souterraines alimentant les milieux aquatiques de surface :

- En général, diminue la teneur en nutriments
- Maintient des eaux stables thermiquement et généralement + froides
- Exportation d'une partie de la matière organique accumulée

Exigences écologiques des espèces végétales aquatiques



Identification de origine et abondance des flux des eaux souterraines



ENVIRONMENTAL AUDITING
A Vegetation-Based Method for Ecological Diagnosis
of Riverine Wetlands

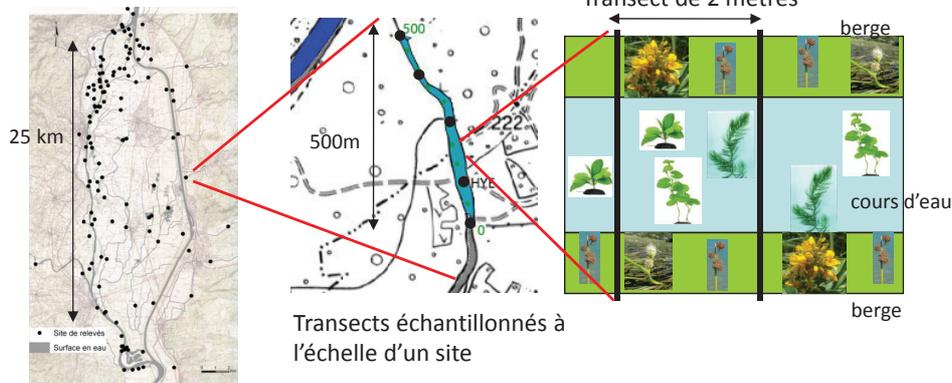
CLAUDE AMOROS*
GUDRUN BORNETTE
CHRISTOPHE PASCAL HENRY

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Végétation aquatique – Présentation de la méthode

Amoros et al., 2000, Rivoire et Bornette, 2006

Echantillonnage de la végétation



abondance relative	
1	: recouvrement < 5% du transect
2	: entre 5 et 25 %
3	: entre 25 et 50 %
4	: entre 50 et 75 %
5	: > 75 %

Sites échantillonnés à l'échelle de la région

Végétation aquatique – Présentation de la méthode

Calcul des indices en fonction de l'abondance des espèces

site 16	
espèces	abondance
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1
<i>Elodea nuttallii</i>	3
<i>Lemna minor</i>	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1
<i>Polygonum hydrophyllum</i>	1
<i>Potamogeton nodosus</i>	1
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1

Niveau de trophie

niveau de trophie				niveau de trophie calculé					
O	M	E	HE	O	M	E	HE		
x	0,5	0,5	2	3	=	0,5	0,5	2	3
x	0	2	2	2	=	0	6	6	6
x	0,5	0,5	2	3	=	1	1	4	6
x	0,5	2	3	3	=	0,5	2	3	3
x	1	1	1	0,5	=	1	1	1	0,5
x	0	0,5	2	3	=	0	0,5	2	3
x	0,5	2	3	3	=	0,5	2	3	3
Total					3,5	13	21	24,5	
					5,6	20,9	33,8	39,5	

Perturbation
Apport de la nappe de versant

trophie	apport phréatique
hyper-eutrophe = 0	nul = 0
eutrophe = 1	faible = 1
mésotrophe = 2	moyen = 2
oligotrophe = 3	fort = 3

nul	0-1
faible	2
moyen	3
fort	4-6-9

Apport en eau souterraine

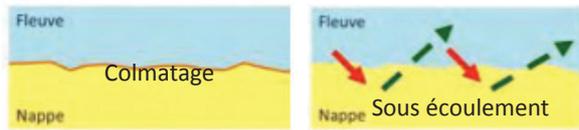
espèces	alimentation en eaux souterraines	
	oui	non
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0	1
<i>Elodea nuttallii</i>	0	0
<i>Lemna minor</i>	0	1
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0	0
<i>Polygonum hydrophyllum</i>	0	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0	1
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0	1
total	0	4

nul	0
faible	0-4
moyen	5-9
fort	> 9

oligotrophe
mésotrophe
eutrophe
hyper-eutrophe

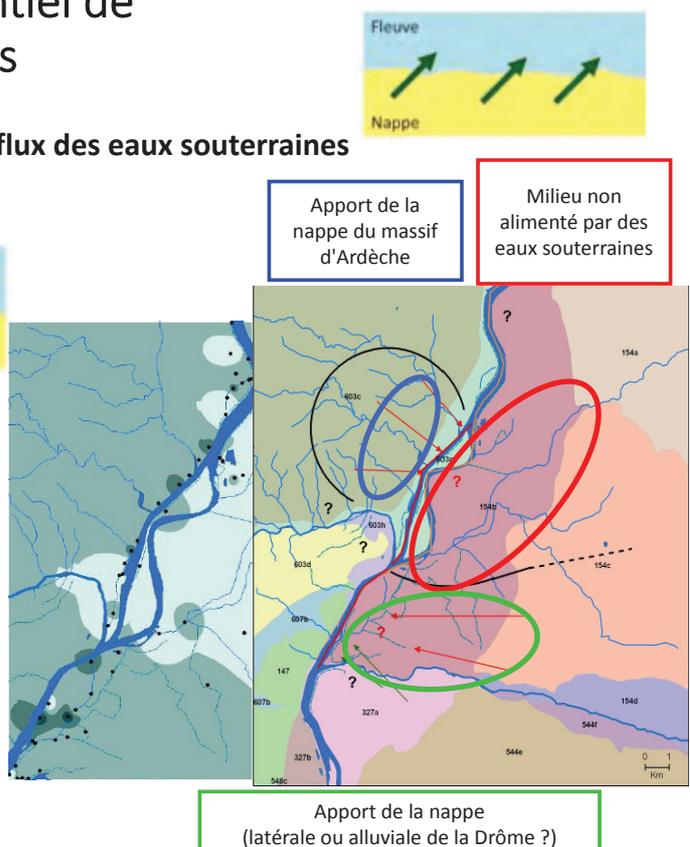
Végétation aquatique – Potentiel de caractérisation des échanges

Identification de origine et abondance des flux des eaux souterraines de la nappe vers les systèmes aquatiques.



- Intégration à l'échelle des masses d'eau, cours d'eau, nappe alluviale, aquifère adjacent

- Intégration annuelle sur un relevé estival



Végétation aquatique – Limites

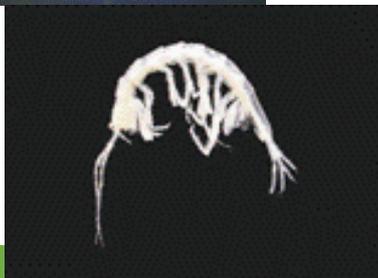
Méthode rapide (peu coûteuse), intégration annuelle mais :

- Caractérisation « unilatérale » et semi-quantitative des flux
- Nécessite la présence de végétation (vitesse du courant, substrat ...)
- Nécessite une homogénéité de la qualité des eaux
- Caractéristiques biogéographiques des espèces (exigences des espèces méditerranéennes non renseignées)
- Inadaptée lorsque présence de pollution

4- Invertébrés souterrains ou « stygobies »

- **Stygobies (organismes adaptés aux eaux souterraines: dépigmentés, aveugles...)**

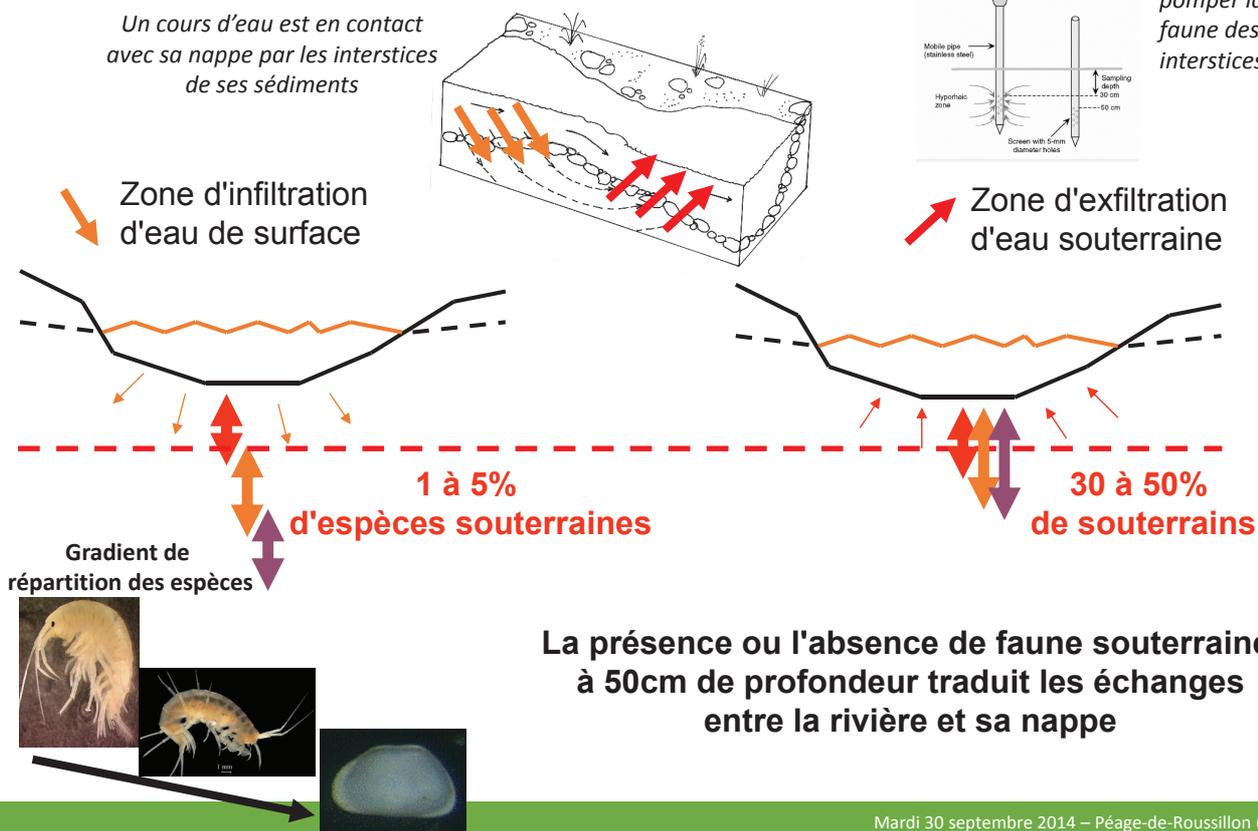
- des témoins des échanges eau souterraine – rivière
- du sens des échanges
- de l'origine de l'eau



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Invertébrés souterrains ou « stygobies »

Un cours d'eau est en contact avec sa nappe par les interstices de ses sédiments



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Invertébrés souterrains ou « stygobies »

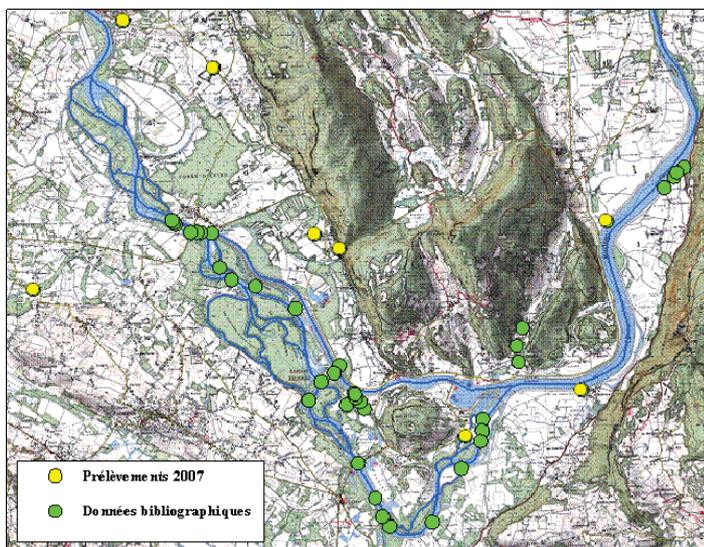
Espèces	Abondances
F. wegelini	10
N. rhenorhodanensis	23
N. kochianus	5
XX...	...

Abondance / 3×10^1
(nombre de stygobies)

Indice d'abondance
(nombre x trait biologique)

Exemple du secteur de Brégnier-Cordon

113 échantillons de 63 stations

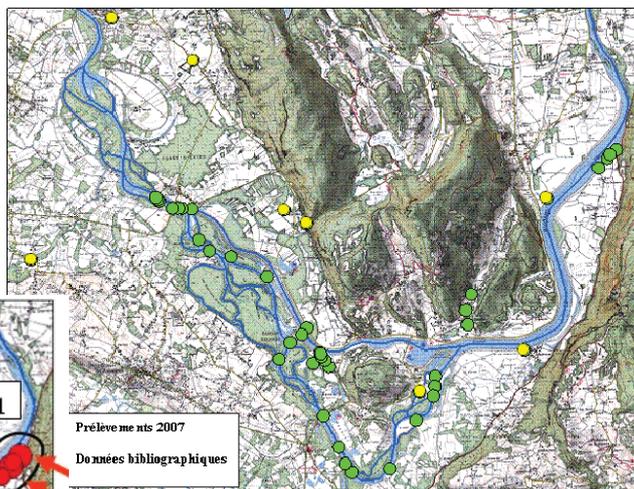
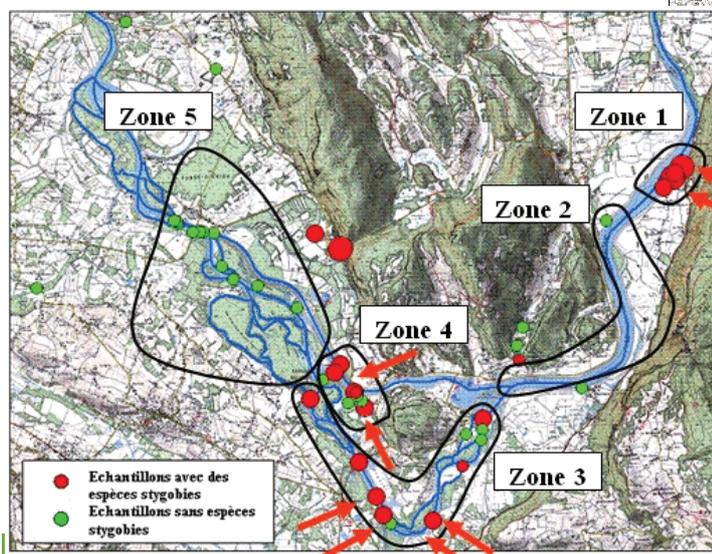


Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Invertébrés souterrains ou « stygobies »

Exemple du secteur de Brégnier-Cordon

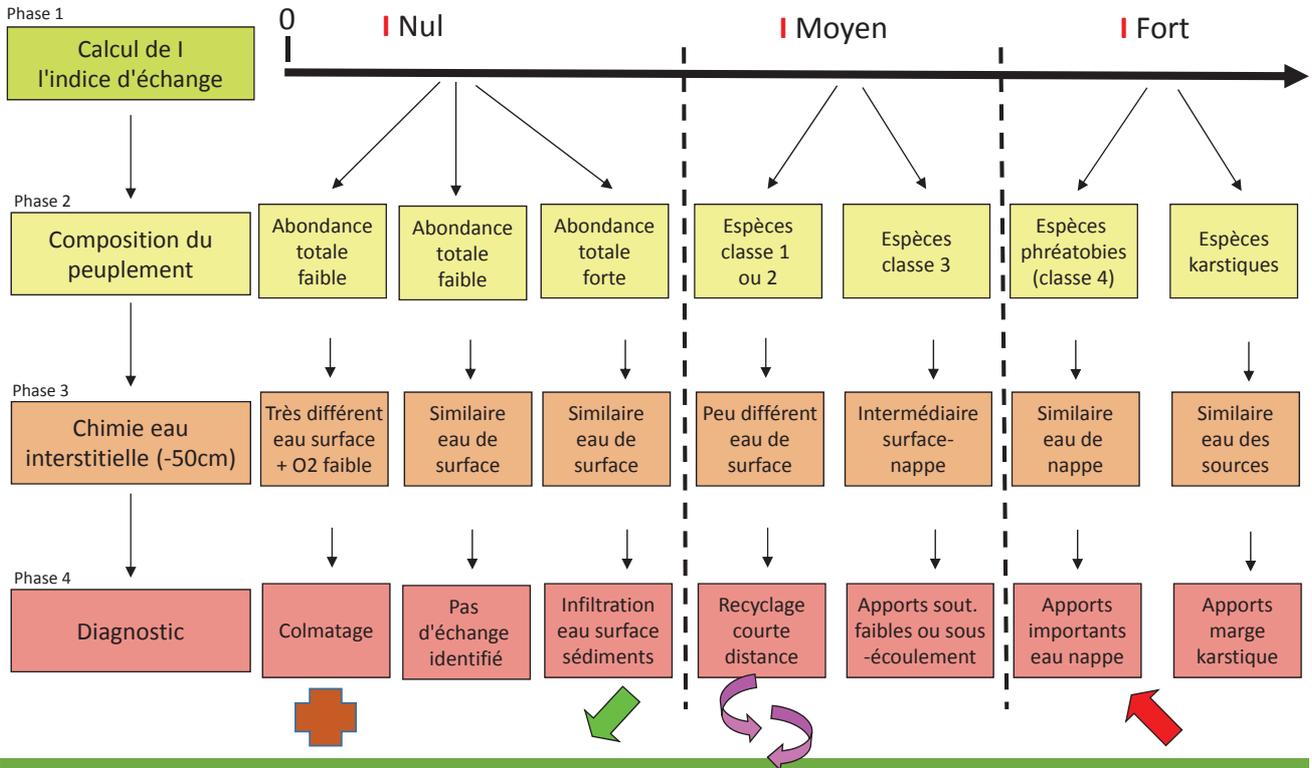
113 échantillons de 63 stations



5 zones à hydrologie contrastée
(indice de richesse)

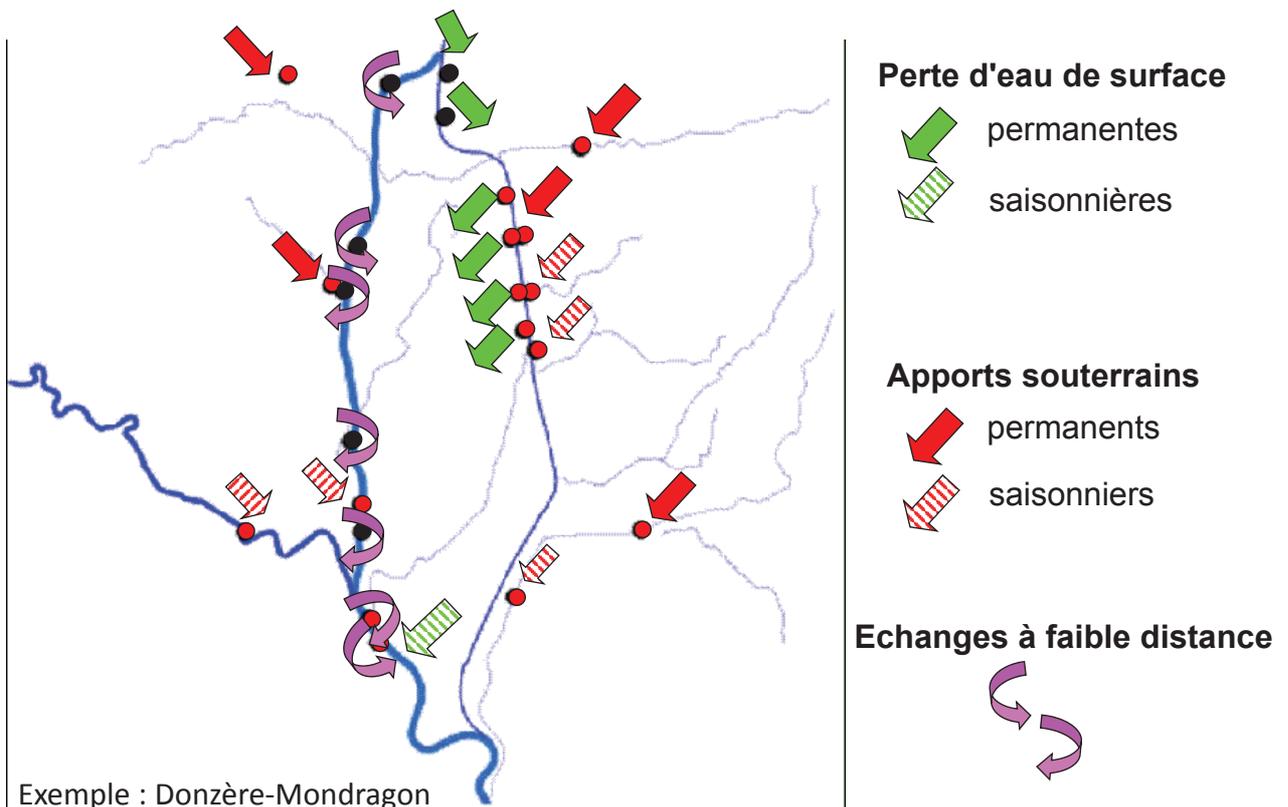
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Indice d'abondance $I = (n1 \times 1) + (n2 \times 2) + (n3 \times 5) + (n4 \times 10)$
 n = abondances des espèces dans une classe écologique
classes 1, 2, 3, 4 : degré d'affinité des espèces pour le milieu souterrain



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Invertébrés souterrains - Potentiel de caractérisation des échanges



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Invertébrés souterrains ou « stygobies »

Limitation due à des biais biogéographiques

La faune souterraine a été éliminée par les glaciations
La communauté souterraine devient très pauvre en zone alpine



Limitation typologique

Peu applicable sur de tout petits cours d'eau sableux / agricoles
(habitat sédimentaire devient trop homogène)



Limitation liée au traitement des échantillons

Le temps de tri de la faune souterraine
Les difficultés d'identification



Démarche de localisation de ressources stratégiques et interfaces masses d'eaux souterraines et superficielles

Chrystel Fermond,
Syndicat mixte Rivière Drôme



SEMINAIRE

Interactions rivières/nappes alluviales

ZABR

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Démarche de localisation de ressources stratégiques et interfaces masses d'eaux souterraines et superficielles

Chrystel FERMOND, SMRD



COMMUNAUTÉS DE RECHERCHE ACADÉMIQUE Rhône-Alpes

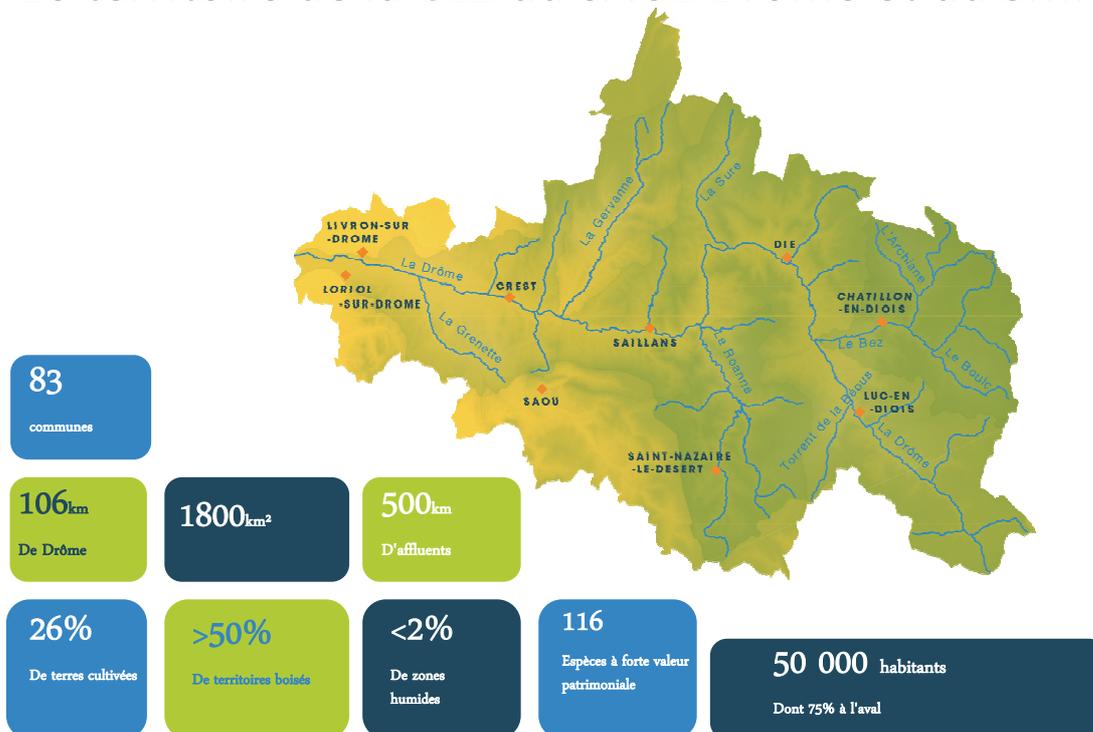


ENVIRONNEMENT



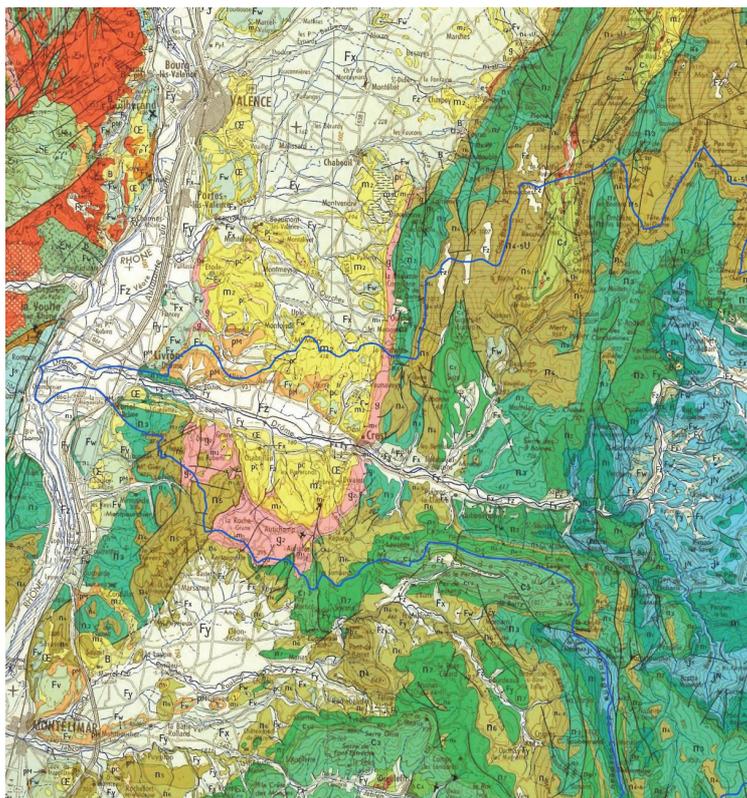
Séminaire d'échange sur les interactions rivières/nappes alluviales

Le territoire de la CLE du SAGE Drôme et du SMRD



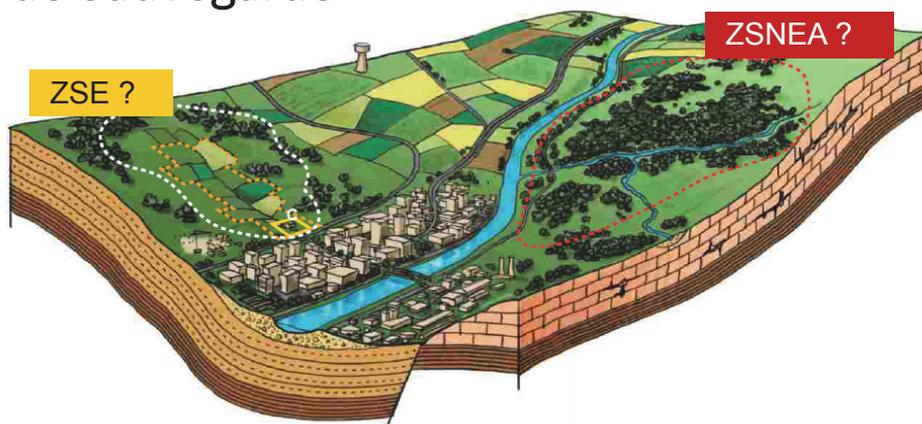
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Géologie



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Zones de Sauvegarde

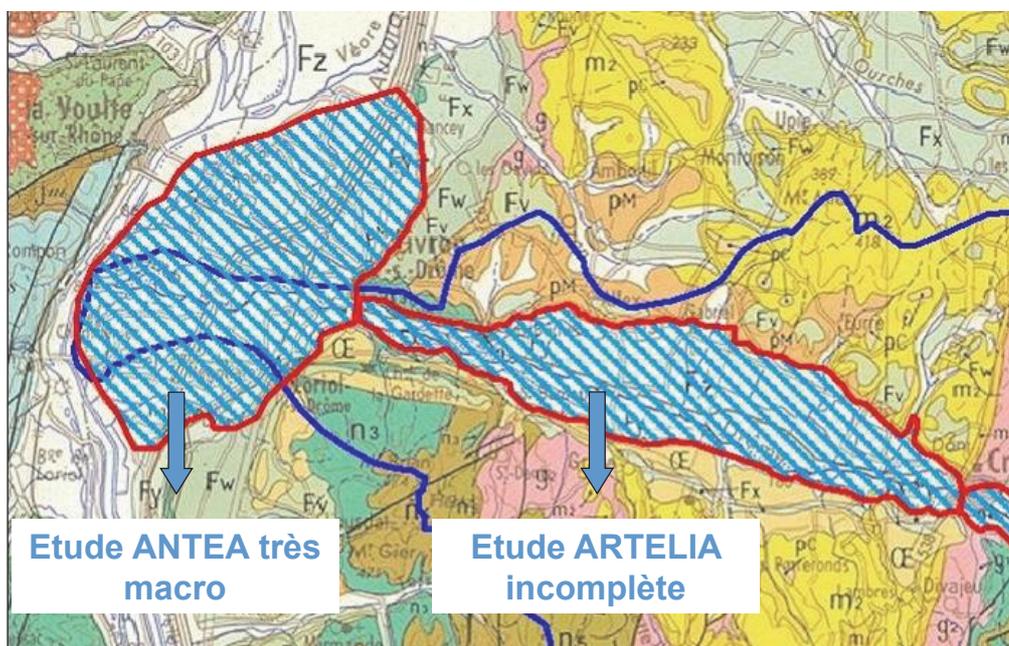


Localiser des ressources:

- **qualité** chimique AEP ou proche (directive 98/83/CE) ;
- importantes en **quantité** ;
- **bien situées** par rapport aux zones de forte consommation pour des coûts d'exploitation acceptables ;
- **AEP** usage prioritaire (par rapport activités agricoles, industrielles, récréatives).

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Zone d'étude confiée au SMRD/ CLE

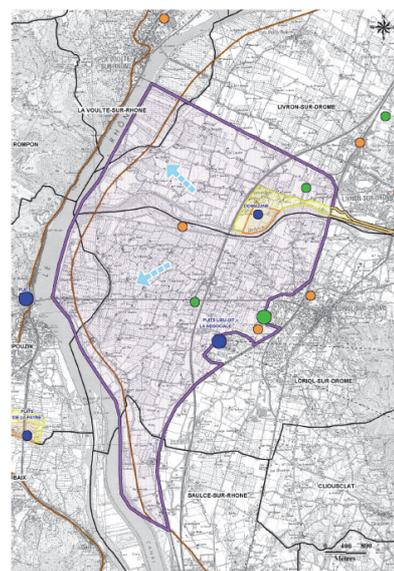
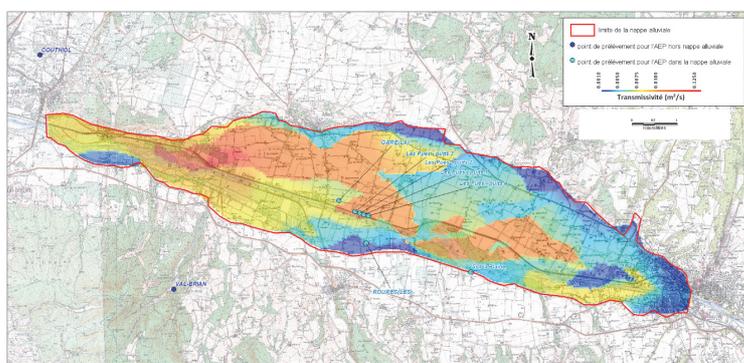


Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Méthodologie multicritère à appliquer

Etude ANTEA Bièvre Lier Valloire

- occupation du sol ⇒ accessible via Corin Landcover
- qualité ⇒ aucune donnée dans les 2 études
- transmissivité...



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Estimation de la qualité

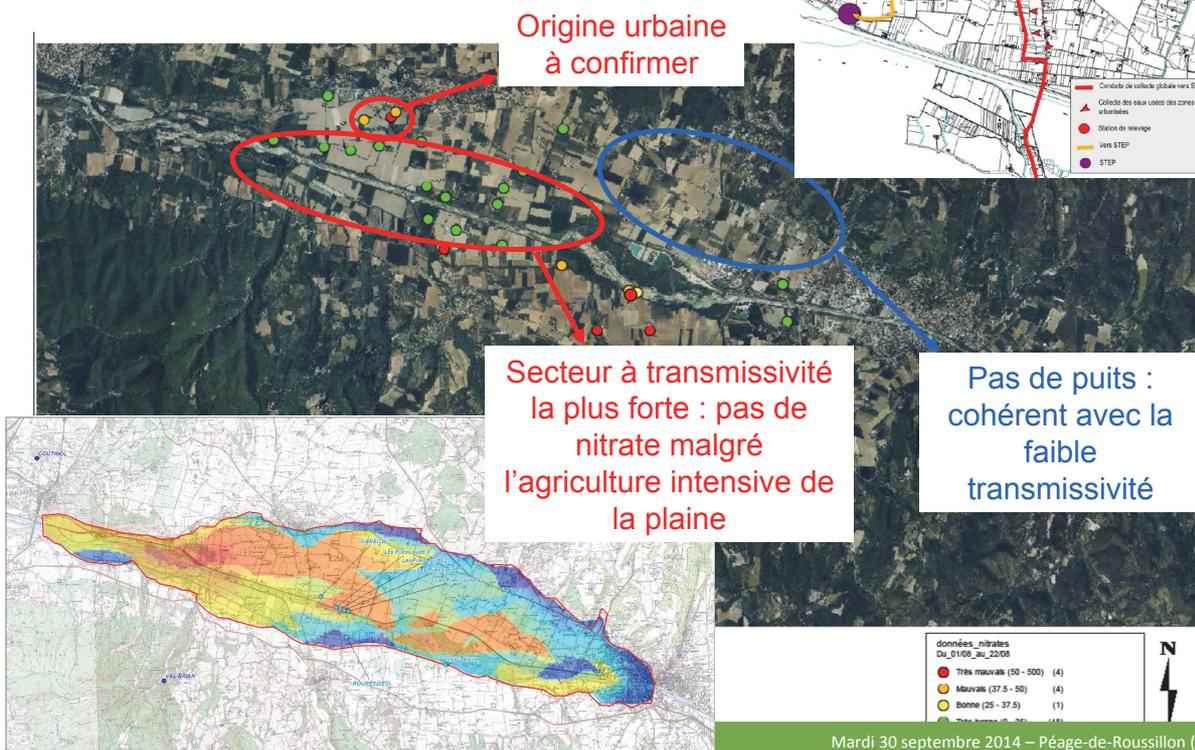
Elaboration d'un protocole simple basé sur la recherche de **nitrate**s dans les eaux de puits accessibles.

➤ D'autres critères simples sont peut-être envisageables ?



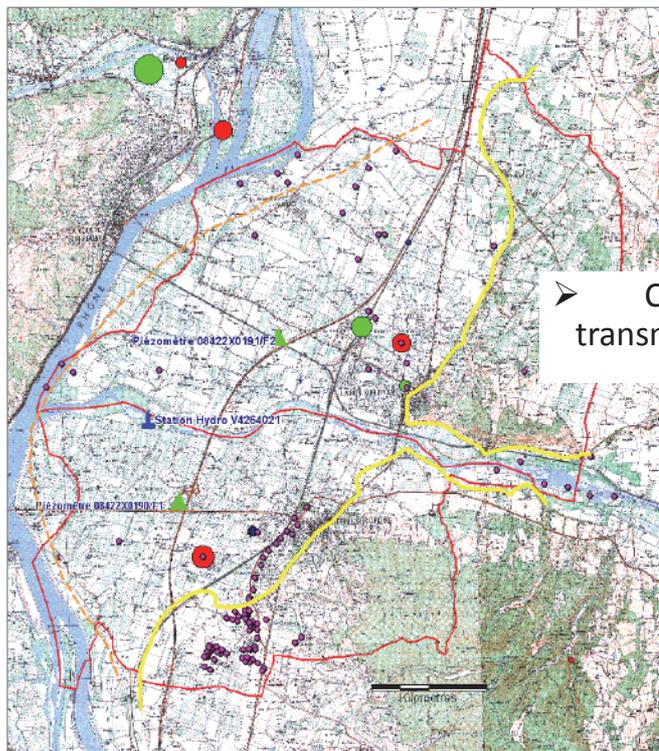
Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Résultat 1: Estimation de la qualité



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Estimation de la quantité et de la qualité sur Livron-Loriol



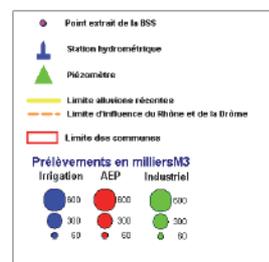
Communes de Loriol et Livron-sur-Drôme

Proposition de limite de la nappe d'accompagnement du Rhône et de la Drôme

Fond topographique

Fonds océaniques 1/25 000 ©copyright IGN Paris 1999 Autorisation n°30-9068

➤ Comment cartographier la transmissivité sur ce secteur?



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Interfaces Molasse / eaux superficielles ?



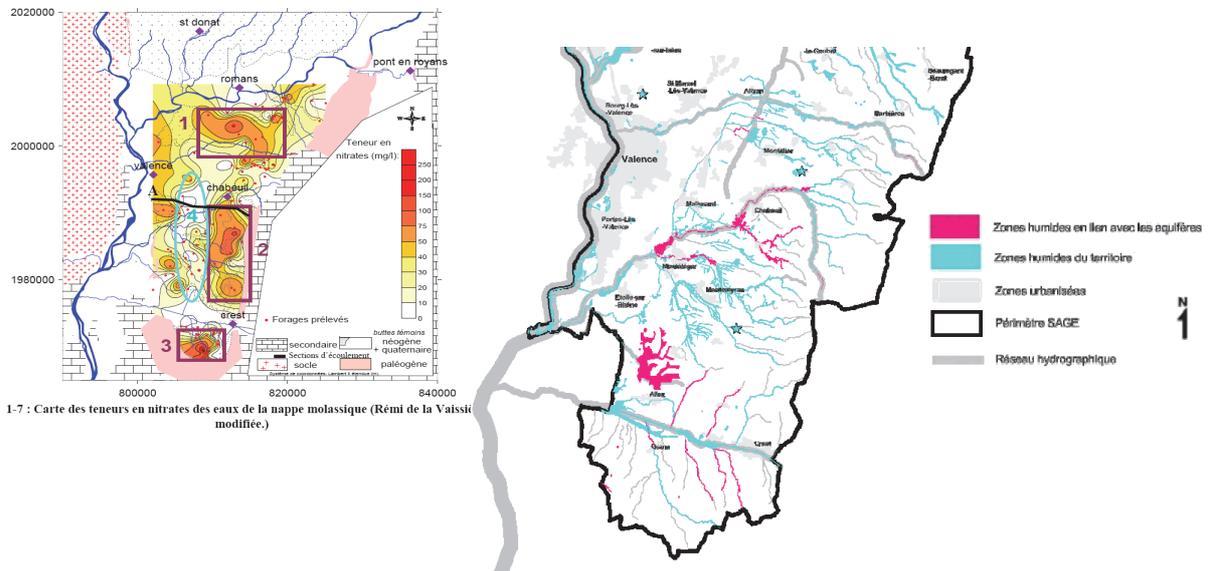
Grenette, Saint-Pierre et Saint-Laurent en dérogation, mesurés entre 20 et 50mg/L de NO3-

Autichamp
Captage
Grenelle



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Des éléments qui viendraient compléter les études sur la nappe de la Molasse et Autichamp



Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

Conclusion

- Des éléments *a priori* suffisants pour qualifier la nappe Alex-Grâne
- La quantification de la nappe Livron-Loriol reste à estimer (récupération de données extérieures en cours)
- Des liens nappes/rivières à affiner sur le secteur Chabrillan

Mardi 30 septembre 2014 – Péage-de-Roussillon (38)

**LISTE DE
PARTICIPANTS**



SEMINAIRE

Interactions rivières/nappes alluviales,
des outils pour comprendre et mesurer les échanges

Mardi 30 septembre 2014 - Péage de Roussillon (38)

ZABR

Liste des participants

Agence de l'Eau Adour-Garonne

Isabelle FOURNIER
Chargée d'études eaux souterraines
DCSI
91 rue du Férétra - CS 87802
31078 TOULOUSE CEDEX 04
Tél. : 05 61 36 37 38
isabelle.fournier@eau-adour-garonne.fr

Agence de l'Eau Adour-Garonne

Pierre MARCHET
Hydrogéologue
Département ressources en eau
et milieux aquatiques
90 rue du Férétra - CS 87801
31078 TOULOUSE CEDEX 04
Tél. : 05 61 36 37 80
pierre.marchet@eau-adour-garonne.fr

Agence de l'Eau RMC

Laurent CADILHAC
Direction planification et programmation
2-4 allée de Lodz
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 71 26 69
laurent.cadilhac@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Laure CASTEL
Chargée d'interventions
Délégation Régionale Rhône-Alpes
14 rue Jonas Salk
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 76 19 17
laure.castel@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Florence EVRA
Responsable d'Unité
Délégation Régionale Rhône-Alpes
UT Rhône-Saône
14 rue Jonas Salk
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 76 19 00
florence.evra@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Evelyne LACOMBE
Chargée d'études
Délégation de Montpellier
219 rue le Titien
34961 MONTPELLIER
Tél. : 04 67 13 36 20
evelyne.lacombe@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Thierry MARGUET
Chargé d'études
Délégation de Besançon
34 rue de la Corvée
25000 BESANCON
Tél. : 04 26 22 31 00
thierry.marguet@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Cécile MONIERE
Chargée d'études
Délégation de Marseille
62 la Canebière
13001 MARSEILLE
Tél. : 04 26 22 30 00
cecile.moniere@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Claire MORAND
Chargée d'études
Délégation Régionale Rhône-Alpes
Unité Planification
14 rue Jonas Salk
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 76 19 44
claire.morand@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Benoît MOTTET
Chargé d'études gestion quantitative
des ressources en eau
Unité pollution urbaine et industrielle
2-4 allée de Lodz
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 71 27 90
benoit.mottet@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Virginie RETHORE
Chargée d'études
Département des données,
redevances et international
2-4 allée de Lodz
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 71 26 00
virginie.rethore@eurmc.fr

Agence de l'Eau RMC

Eve SIVADE
Chargée d'études "Qualité et quantité
fleuve Rhône"
Direction Planification et Programmation
2-4 allée de Lodz
69363 LYON CEDEX 07
Tél. : 04 72 71 27 31
eve.sivade@eurmc.fr

Antea France

Philippe CROCHET
Hydrogéologue
Pôle eau
Parc de l'activité de l'aéroport
80 impasse John Locke
34470 PEROLS
Tél. : 04 67 15 91 10
philippe.crochet@anteagroup.com

Antea Group

Emmanuel TOCHON
Chef de projet
RADT
Le Parc du Lyonnais
92 rue des Mercières
69140 RILLIEUX-LA-PAPE
Tél. : 06 21 39 55 28
emmanuel.tochon@anteagroup.com

Artelia Group

Claire CHARGUERON
Ingénieur hydrogéologue
Eaux souterraines
6 rue de Lorraine
38130 ECHIROLLES
Tél. : 04 76 33 43 71
claire.chargueron@arteliagroup.com

Association des Amis de l'Île de la Platière

Bernard PONT
Conservateur
Ferme des Oves - Lieu Dit les Oves
38550 LE PEAGE DE ROUSSILLON
Tél. : 04 74 84 35 01
bernard.pont@espaces-naturels.fr

Association Riverains du Doux

André CROUZET
7 chemin de la Digue
7300 SAINT JEAN DE MUZOLS
Tél. : 06 30 44 72 39
mm.forestier@wanadoo.fr

Association Rivière Rhône Alpes (ARRA)

Nicolas VALE
Chargé de mission
7 rue Alphonse Terray
38000 GRENOBLE
Tél. : 04 76 70 43 47
nicolas.vale@riviererhonealpes.org

BET Riparia

Flamina KUNG
Co-gérante
1940 route des Cévennes
30200 BAGNOLS-SUR-CÈZE
Tél. : 04 66 89 63 52
fku@riparia.fr

BURGEAP

Isabelle COSTAZ
Hydrogéologue
9 rue du Chêne Lassé
44800 SAINT HERBLAIN
Tél. : 02 40 38 61 51
i.costaz@burgeap.fr

CEREMA - Direction Territoriale Centre Est

Claire LE CALVEZ
Responsable de projets
Unité Déchets - Sols Pollués - Eau Souterraine
46 rue Saint Théobald - BP 128
38081 L'ISLE D'ABEAU CEDEX
Tél. : 04 74 27 53 94
claire.le-calvez@cerema.fr

CISALB

Cyrille GIREL
Chargé de mission
Eau & assainissement
42 rue du Pré Demaison
ZI Bissy
73000 CHAMBERY
Tél. : 04 79 70 64 65
cyrille.girel@cisalb.fr

Association Nature Nord Isère Lo Parvi

Damien PERIN
Chargé de mission scientifique
14 le Petit Cozance
38460 TREPT
Tél. : 06 47 79 70 80
etude@loparvi.fr

Association Riverains du Doux

Serge DREVETON
Trésorier
10 chemin de la Gare
7300 SAINT JEAN DE MUZOLS
Tél. : 06 80 58 72 12
sdreveton@wanadoo.fr

B.R.L.

Sébastien LOUVET
Chef de projet
Espaces naturels et environnement
1105 av. Mendès France - BP 4001
30001 NÎMES CEDEX 05
Tél. : 04 66 87 51 86
sebastien.louvet@brl.fr

BET Riparia

Melissa PALISSE
Chargée d'études
1940 route des Cévennes
30200 BAGNOLS-SUR-CÈZE
Tél. : 04 66 89 63 52
mpa@riparia.fr

BURGEAP

Anne TRIGANON
Villes et territoires
19 rue de la Villette
69425 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 37 91 25 32
a.triganon@burgeap.fr

Cesame Bureau d'étude

Agnès BLACHERÉ
Responsable de service
Hydrogéologie
Zone d'Activité du Parc
Secteur Gampille
42490 FRAISSES
Tél. : 04 77 10 12 10
a.blachere@cesame-environnement.fr

CISALB

Renaud JALINOUX
Directeur
42 rue du Pré Demaison
73000 CHAMBERY
Tél. : 04 79 70 64 70
renaud.jalinoux@cisalb.fr

Association Riverains du Doux

Marie Martine CROUZET
Présidente
7 chemin de la Digue
7300 SAINT JEAN DE MUZOLS
Tél. : 06 30 44 72 39
mm.forestier@wanadoo.fr

Association Rivière Rhône Alpes (ARRA)

Julien BIGUE
Animateur réseau
7 rue Alphonse Terray
38000 GRENOBLE
Tél. : 04 76 70 43 47
julien.bigue@riviererhonealpes.org

B.R.L.

Ninon SICARD
Ingénieur chargée d'étude
Espaces naturels et environnement
1105 av. Mendès France - BP 4001
30001 NÎMES CEDEX 05
Tél. : 04 66 87 81 23
ninon.sicard@brl.fr

BRGM

Olivier DOUEZ
Hydrogéologue
5 rue de la Goélette
86280 SAINT BENOIT
Tél. : 05 49 38 15 38
o.douez@brgm.fr

BURGEAP SA

Btissime BOURZAC
Ingénieur de projets
13 rue du Parc
67205 OBERHAUSBERGEN
Tél. : 03 88 56 85 30
agence.de.strasbourg@burgeap.fr

Chambéry Métropole

Etienne CHOLIN
Responsable Environnement/Eaux
Service régies eau / assainissement
106 allée des Blachères
CS 82618
73026 CHAMBERY CEDEX
Tél. : 04 79 96 86 93
etienne.cholin@chambery-metropole.fr

Compagnie Nationale du Rhône

Sylvain REYNAUD
Ingénieur coordination sédimentaire
DPFI-DDCP
2 rue André Bonin
69316 LYON CEDEX 04
Tél. : 04 72 00 18 03
s.reynaud@cnr.tm.fr

Conseil Général de la Drôme

Stéphanie AUBERT
Chargée de mission - Observatoire de l'eau
Gestion de l'eau
Hôtel du Département
26 avenue du Président Herriot
26026 VALENCE CEDEX 09
Tél. : 04 75 79 82 37
saubert@ladrome.fr

D.D.T. 69

Thomas CORSET
Technicien du génie rural
SEN - Service Eau Nature
165 rue Garibaldi
69401 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 63 11 40
thomas.corset@rhone.gouv.fr

Direction générale de l'eau du canton de Genève

Pascale NIREL
Adjointe scientifique
Service de l'écologie de l'eau
25 avenue Sainte Clotilde
CH-1205 GENÈVE
Tél. : +41 22 388 80 63
pascale.nirel@etat.ge.ch

Dynamique Hydro

Benoît FOURCADE
Ingénieur
18 avenue Charles de Gaulle
69370 SAINT DIDIER AU MONT D'OR
Tél. : 07 60 69 74 74
bfourcade@dynamiquehydro.fr

Ecole des Mines de Saint-Etienne

Didier GRAILLOT
Directeur de recherche
Resp. du centre - UR SEPIT
158 cours Fauriel
42023 SAINT ETIENNE CEDEX 2
Tél. : 04 77 42 01 30
graillot@emse.fr

EDF – CIDEN

Isabelle JACQUELET
Référente Hydroécologie
Division Environnement
154 avenue Thiers
69006 LYON
Tél. : 04 72 82 45 26
isabelle.jacquelet@edf.fr

ENSEGID

Yohann COUSQUER
Docteur
Recherche
1 allée Daguin
33607 PESSAC
Tél. : 07 60 48 04 11
yohann.cousquer@gmail.com

Conseil Régional PACA

Christel FRANCAERT
Ingénieur/Chargée de mission
Service eau et milieux aquatiques
Hotel de la Région
27 place Jules Guesde
13481 MARSEILLE CEDEX 20
Tél. : 04 88 73 64 46
cfrancaert@regionpaca.fr

D.D.T. 73

Alice SILIADIN
Chargée de mission gestion quantitative
de la ressource en eau
Environnement, eau et forêts
1 rue des Cévennes - BP 1106
73011 CHAMBERY CEDEX
Tél. : 04 79 71 73 85
alice.siliadin@savoie.gouv.fr

DREAL Bourgogne

Romain CHARTIER
Hydrogéologue
Ressources et patrimoine naturels
19bis-21 boulevard Voltaire - BP 27805
21078 DIJON CEDEX
Tél. : 03 45 83 22 17
romain.chartier@developpement-
durable.gouv.fr

Dynamique Hydro

Baadis ZOUAOUI
Chargé d'études
18 avenue Charles de Gaulle
69370 SAINT DIDIER AU MONT D'OR
Tél. : 04 78 93 68 89
bzouaoui@dynamiquehydro.fr

Ecole des Mines de Saint-Etienne

Frédéric PARAN
Ingénieur de recherche
UR SEPIT
158 cours Fauriel - Centre SPIN
42023 SAINT ETIENNE CEDEX 2
Tél. : 04 77 42 66 65
paran@emse.fr

EDF – R&D

Mohamed KRIMISSA
Ingénieur Expert - Chef de projet
6 quai Watier
78401 CHATOU
Tél. : 01 30 87 77 59
mohamed.krimissa@edf.fr

FRAPNA Savoie

Delphine DUGAST
Bénévole
Commission Eau
26 passage Sébastien Charléty
73000 CHAMBERY
Tél. : 06 17 69 75 86
delphine.dugast@gmail.com

D.D.T. 69

Isabelle BRIVADIER
Technicienne
SEN - Service Eau Nature
165 rue Garibaldi
69401 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 63 11 05
isabelle.brivadier@rhone.gouv.fr

Département de la Drôme

David ARNAUD
Chargé de mission SAGE
Gestion de l'eau
26 avenue du Président Herriot
26000 VALENCE
Tél. : 04 81 66 88 67
daarnaud@ladrome.fr

DREAL Rhone Alpes

Matthieu HERVE
Responsable sous cellule thématique
UT Rhone Saône
63 avenue Roger Salengro
69100 VILLEURBANNE
Tél. : 04 72 44 12 25
matthieu.herve@developpement-
durable.gouv.fr

Eau & Territoires

Frédéric GRUFFAZ
Gérant et chargé d'études
Service eau aménagement du territoire
Espace Vaucanson - 82 rue A. France
38100 GRENOBLE
Tél. : 09 72 13 09 71
f.gruffaz@eauterritoires.fr

EDF

Simon BERNARD
Hydrogéologue
TEGG
905 avenue du Camp de Menthe
13097 AIX EN PROVENCE
Tél. : 04 42 95 96 04
simon-1.bernard@edf.fr

EMA Conseil

Hélène LUCZYSZYN
Gérante
2 place de l'Eglise
38680 RENCUREL
ema.conseil@orange.fr

FRAPNA Haute-Savoie

Marie LAMOUILLE-HÉBERT
Chargée de mission Eau
ZAE de Pré-Mairy
84 route du Viéran
74370 PRINGY
Tél. : 04 50 67 16 18
marie.hebert@frapna.org

GEODÉFIS SARL

Guillaume BOUDIN
Gérant
22 rue des Pellets
38320 EYBENS
Tél. : 07 50 60 28 64
geodefis@geodefis.fr

GRAIE - ZABR

Dad ROUX-MICHOLLET
Chargé de mission Rhône
66 bd Niels Bohr - Bât CEI
CS 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél. : 04 72 43 88 66
dad.roux@graie.org

GRAND LYON

Anne PERRISSIN FABERT
Direction de l'Eau
Unité gestion patrimoniale
20 rue du lac - BP 3103
69399 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 95 89 51
aperrissin@grandlyon.org

HYDROFIS

Pascal FENART
Directeur technique et commercial
15 rue Alexis Mossa
6000 NICE
Tél. : 06 07 19 49 87
pascal.fenart@hydrofis.com

RIVE Environnement

Michel PUECH
Consultant
19 rue René Thomas
38000 GRENOBLE
Tél. : 04 76 56 04 20
rive.environnement@cegetel.net

S.M.3.A.

Claire BRIVET
Chargée de mission Arve pure
Qualité
300 chemin des Prés moulins
74800 SAINT PIERRE EN FAUCIGNY
Tél. : 04 50 25 60 14
cbrivet@sm3a.com

S.M.I.R.C.L.A.I.D

Roberte DI BIN
Présidente
23 route des Alpes
38550 SABLONS
Tél. : 04 74 84 24 63
smirclaid@wanadoo.fr

GéoPlusEnvironnement

Elodie KRAWCZYK
Chargée d'étude
Hydrogéologie
Le Château
31290 GARDOUCH
Tél. : 04 75 72 80 00
elodie.krawczyk@geoplus.fr

GRAND LYON

Jacques COUDERT
Chargé de mission risques
DPPA / Ecologie
20 rue du lac - BP 3103
69399 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 63 49 45
jcoudert@grandlyon.org

GRAND LYON

Elodie RENOUF
Direction de l'Eau - Stratégie et
développement durable
20 rue du lac - BP 3103
69399 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 95 89 30
erenouf@grandlyon.org

IRH Ingénieur Conseil

Cédric DELERIS
Responsable national Milieux
Aquatiques - Bureau d'études
Petit Arbois Avenue Louis Philibert
CS 40443
13592 AIX EN PROVENCE CEDEX 03
Tél. : 06 48 31 01 82
cedric.deleris@irh.fr

S.I.E. des Monts du Lyonnais et de la basse vallée du Gier

Christophe MONTVERNAY
Technicien
180 route de Saint Etienne
69590 ST SYMPHORIEN SUR COISE
Tél. : 04 78 48 42 41
sie-mly@orange.fr

S.M.3.A.

Marion RIVOLLET
Chargée de mission milieux naturels
Protection et mise en valeur des milieux
300 chemin des Prés moulins
74800 SAINT PIERRE EN FAUCIGNY
Tél. : 04 50 25 60 14
mrivollet@sm3a.com

SIGREDA

Aurélien CAMPOY
Chargée de mission SAGE
CLE Drac-Romanche
5 avenue du Portail Rouge
38450 VIF
Tél. : 04 76 75 16 39
aurelie.campoy@drac-romanche.com

GRAIE - ZABR

Anne CLEMENS
Directrice de la ZABR
66 bd Niels Bohr - Bât CEI
CS 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél. : 04 72 43 61 61
info@zabr.org

GRAND LYON

Véronique PAIMBLANC
Technicienne
Direction de l'Eau
20 rue du lac - BP 3103
69399 LYON CEDEX 03
Tél. : 04 78 95 88 68
vpaimblanc@grandlyon.org

HYDRATEC

Caroline COEFFE
Ingénieur hydrogéologue
Agence de Lyon
Immeuble le Crystallin - 191/193 cours
Lafayette - CS 20087
69458 LYON CEDEX 06
Tél. : 04 27 85 48 99
coeffe@hydra.setec.fr

PROGEO Environnement

Catherine JOUBERT
Chef de projets rivière
13 rue de l'Abbé Vincent
ZAC ARTIS
38600 FONTAINE
Tél. : 04 82 53 50 33
c.joubert@progeo-environnement.com

S.I.E. des Monts du Lyonnais et de la basse vallée du Gier

Thierry VANEL
Vice Président
180 route de Saint Etienne
69590 ST SYMPHORIEN SUR COISE
Tél. : 04 78 48 42 41
vanel.thierry2@wanadoo.fr

S.M.I.R.C.L.A.I.D

Pierre-François DELSOUÇ
23 route des Alpes
38550 SABLONS
Tél. : 04 74 84 24 63
smirclaid@wanadoo.fr

SMAVD - EPTB Durance

Emilie ANDRIES
Ingénieur en hydraulique fluviale
Hydraulique
2 rue Mistral
13370 MALLEMORT
Tél. : 04 90 59 48 58
emilie.andries@smavd.org

SMAVD - EPTB Durance

Philippe PICON
Ingénieur ressource en eau
et bassin versant
2 rue Mistral
13370 MALLEMORT
Tél. : 04 90 59 48 58
philippe.picon@smavd.org

SMRD - Syndicat Mixte Rivière Drôme

Jérôme DUVAL
Technicien rivière 'observatoire'
Place Maurice Faure
26340 SAILLANS
Tél. : 04.75.21.85 86
j.duval@smrd.org

SMRD - Syndicat Mixte Rivière Drôme

Chrystel FERMOND
Responsable technique, animatrice du
SAGE Drôme
Place Maurice Faure
26340 SAILLANS
Tél. : 04 75 21 85 23
c.fermond@smrd.org

SMRD - Syndicat Mixte Rivière Drôme

Fabrice GONNET
Chargé de mission 'patrimoine naturel'
Place Maurice Faure
26340 SAILLANS
Tél. : 04 75 21 85 84
f.gonnet@smrd.org

SNCF Pôle d'Ingenierie

Anne-Charlotte AUGOYARD
Agent d'étude hydraulique
Groupe Etudes Générales
Bureau Hydraulique - environnement
133 boulevard Stalingrad - CS 80034
69625 VILLEURBANNE CEDEX
Tél. : 04 37 51 92 82
anne-charlotte.augoyard@sncf.fr

SPL Eau de Grenoble

Emmanuelle LUZIGNANT
Responsable production
6 rue du Colonel Dumont - CS 80138
38003 GRENOBLE CEDEX 1
Tél. : 04 76 98 24 27
emmanuelle.luzignant@eaudegrenoble.fr

SPL Eau de Grenoble

Anne-Marie MANGEOT
Responsable adjointe production
Production et gestion de la ressource
6 rue du Colonel Dumont - CS 80138
38003 GRENOBLE CEDEX 1
Tél. : 04 76 98 24 27
anne-marie.mangeot@eaudegrenoble.fr

Syndicat du Bassin versant de la Vouge

Jocelyn VALENTIN
Chargé de mission InterCLE
25 avenue de la Gare
21220 GEVREY CHAMBERTIN
Tél. : 03 80 30 76 79
intercle@orange.fr

Syndicat du Haut Rhône

Arnaud BOURSE
Chargé d'études
Le Lys chemin du Port
73170 YENNE
Tél. : 04 79 36 78 92
a.bourse@haut-rhone.com

Syndicat Mixte d'Aménagement du bassin de la Bourbre

Bénédicte ROY
Ingénieur
SAGE-Observatoire des niveaux d'eau
6 place Albert Thévenon
38110 LA TOUR DU PIN
Tél. : 04 74 83 34 55
benedicte.cordier@bassin-bourbre.fr

Syndicat Mixte des Nappes Vistrenque et Costières

Sophie RESSOUCHE
Directrice
184 rue des Capitaines
30600 VAUVERT
Tél. : 04 66 88 83 14
sophie.ressouche@vistrenque.fr

TEREO - Gestion des espaces naturels

Anne DOS SANTOS
Directrice
Milieux Aquatiques
Parc d'Activités Alpagespace
218 voie Aristide Bergès
73800 SAINTE HELENE DU LAC
Tél. : 04 79 84 30 44
a.dossantos@gen-tereo.fr

Université Lyon 1

Pierre MARMONIER
Professeur
LEHNA - Equipe E3S
UMR CNRS 5023 - Bât. Forel
43 boulevard du 11 novembre 1918
69622 VILLEURBANNE CEDEX
Tél. : 04 72 44 82 61
pierre.marmonier@univ-lyon1.fr

Université de Genève

Celina KOSINSKI
Etudiante Master
Faculté des sciences
30 quai Ernest-Ansermet
CH-1211 GENÈVE 4
Tél. : +41 79 510 83 44
celina.kosinski@etu.unige.ch

Université de Savoie

Florent ARTHAUD
Maître de conférences
UMR 042 CARRTEL - ISM
73376 LE BOURGET DU LAC
Tél. : 04 79 75 88 70
florent.arthaud@univ-savoie.fr

Université Jean Monnet

Véronique LAVASTRE
Maître de conférence
CNRS UMR 6524 LMV-TL
23 rue du Docteur Paul Michelon
42023 SAINT ETIENNE CEDEX 2
Tél. : 04 77 48 15 85
veronique.lavastre@univ-st-etienne.fr

URS France

Julie LAZZARONI
Chef de projet
Bureau de Lyon
97 cours Gambetta
69003 LYON
Tél. : 04 78 14 15 92
julie.lazzaroni@urs.com

URS France

Laurent THOMAS
Consultant senior
Bureau d'Aix en Provence
Europarc de Pichauray - Bât. A5
1330 rue Guilibert de La Lauzière
CS 80430
13591 AIX EN PROVENCE CEDEX 3
Tél. : 04 42 91 63 30
laurent.thomas@urs.com

Sébastien COCATRIX
Diplômé de l'INPG
343 route de la vieille Eglise
74410 SAINT-JORIOZ
Tél. : 06 45 40 96 60
cocatrix.s@hotmail.fr

BIBLIOGRAPHIE

Lalot E. (2014) *Analyse des signaux piézométriques et modélisation pour l'évaluation quantitative des échanges hydrauliques entre aquifères alluviaux et rivières – Application au Rhône*. Thèse de Doctorat. ENSM-SE.

Graillot D., Paran F., Bornette G., Marmonier P., Piscart C., Cadilhac L. (2014) *Coupling groundwater modeling and biological indicators for identifying river/aquifer exchanges*. SpringerPlus.2014, 3:68. DOI: 10.1186/10.1186/2193-1801-3-68.

Graillot D., Paran F., Lalot E., Marmonier P., Bornette G., Piscart C., Arthaud F., Flipo N., Mouhri A., Habets F., Thierion C., Rejiba F., Bodet L., Guérin R., Tallec G., Chatelier M., Douez O., Maugis P. (2012 et 2013) *Caractérisation des échanges nappes/rivières à l'échelle du tronçon ou du linéaire par métrique expérimentale ou par modélisation jusqu'à l'échelle régionale. NAPROM (NAPpes-Rivières : Observation et Modélisation)*. ONEMA, Rapport année 1 et 2.

Paran F., Graillot D., Bornette G., Marmonier P., Arthaud F., Piscart C., Cadilhac L. (2012) *Development of practical guidebook for water managers: a tree structured approach to characterize exchanges between alluvial aquifers and the Rhône River*. IS RIVER, Conférence internationale, Lyon, France, Juin 2012.

Arthaud F., Baillet H., Bornette G., Déchomets R., Ferreira D., Germain A., Gibert J., Graillot D., Jezequel C., Lafont M., Lalot E., Marmonier P., Novel M., Paran F., Piscart C., Puijalon S., Rodriguez C., Simon L., Travi Y. (2007, 2008, 2010 et 2012) - *Evaluation des échanges nappes/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides). Application au fleuve Rhône et à ses aquifères superficiels*. Rapports finaux phases 1, 2, 3 et 4 Action recherche valorisation ZABR, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (ENSM-SE). Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), CEMAGREF Lyon.
(<http://www.graie.org/zabr/projetstrans/index.htm>).

Graillot D., Paran F., Mimoun D., Bornette G., Gibert J., Cadilhac L. (2008) *Coupling groundwater modeling with biology to identify strategic water resources*. In. Proceedings of the conference "ModFlow and More: Ground Water and Public Policy", organisée par Colorado School of Mines, Golden, USA, May 2008, pp209-213.

Paran F., Dechomets R., Graillot D. *Identification et quantification des échanges nappes/rivière par analyse spatiale*. Géomatique expert, 2008 (64), pp. 73-79.



Reproduit sur papier recyclé Papier recyclé

Z A B R

Zone Atelier Bassin du Rhône



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