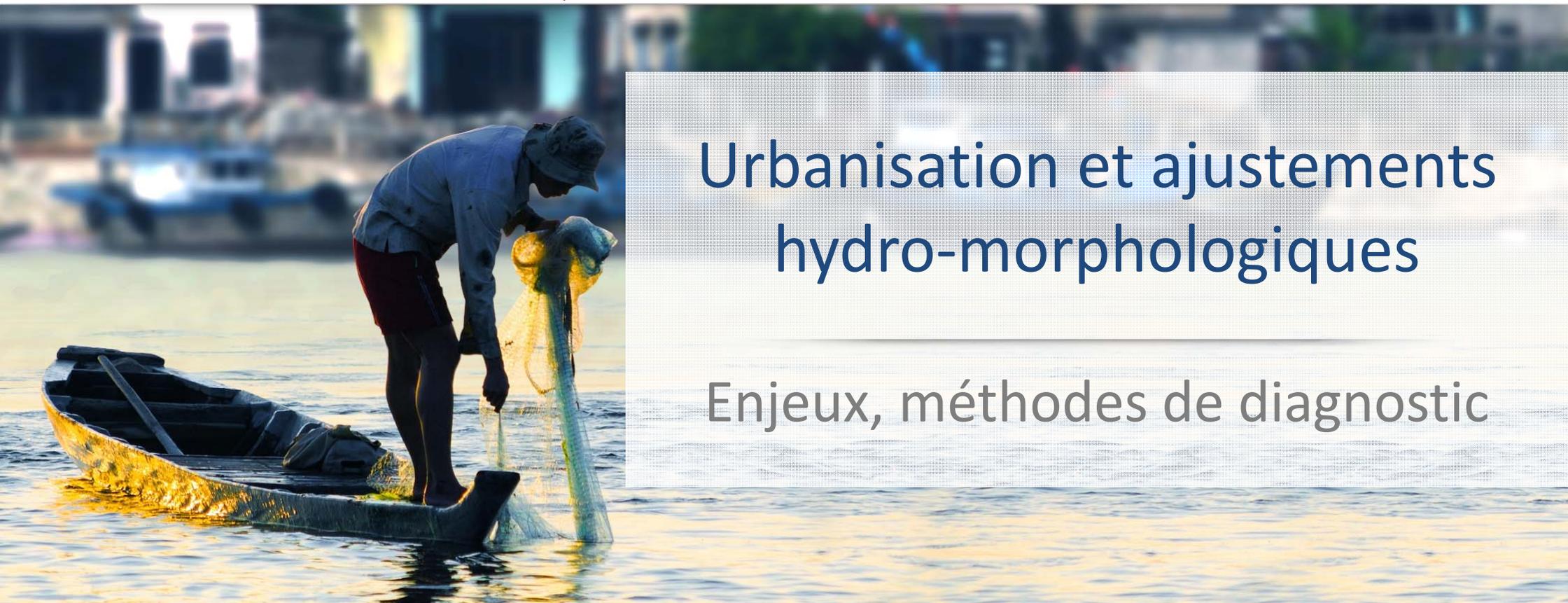


Des rivières
et des hommes



Urbanisation et ajustements hydro-morphologiques

Enjeux, méthodes de diagnostic



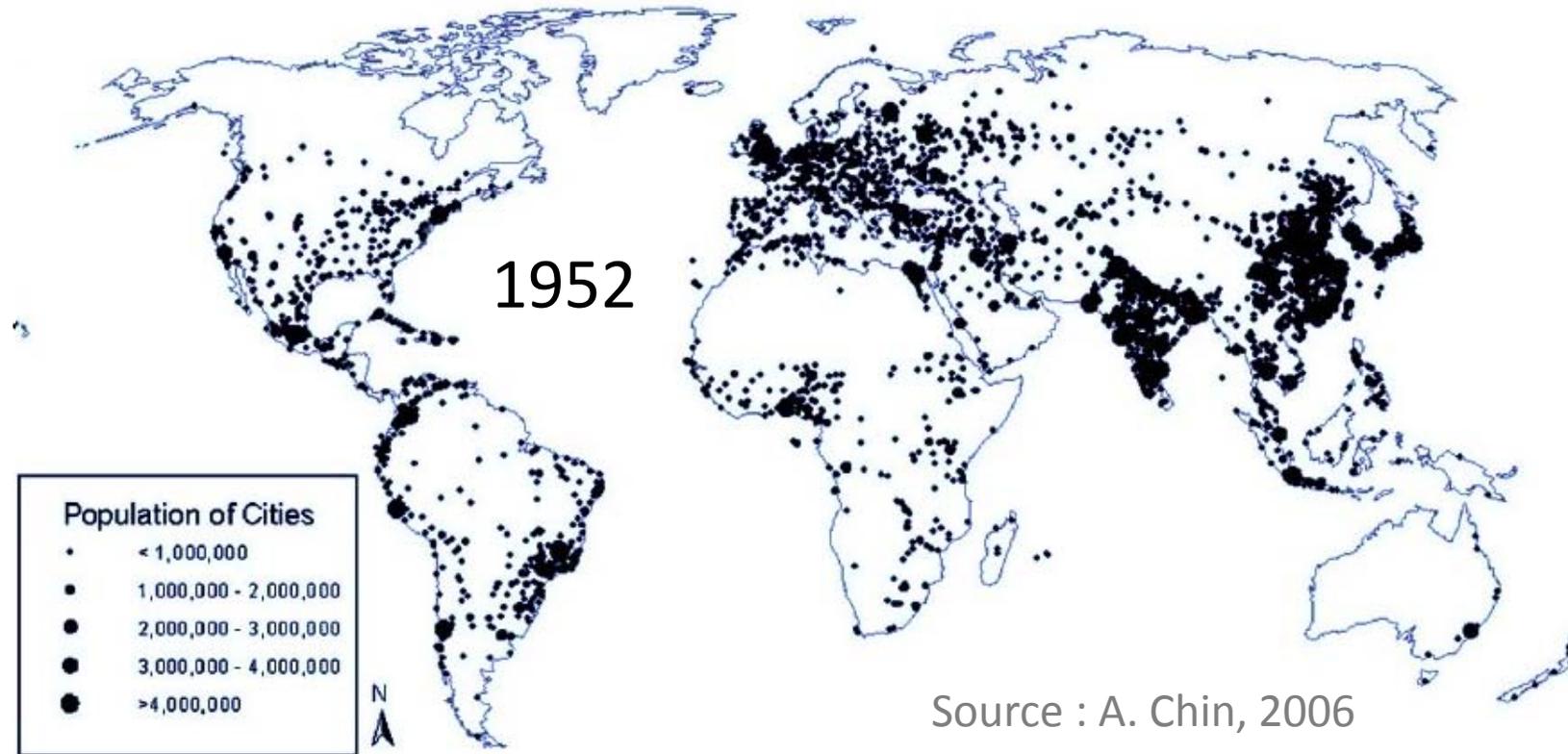
Dans le cadre de



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

Introduction : l'urbanisation



= plus de 50% de la population mondiale



Oldrich NAVRATIL
Université Lyon 2

Urbanisation et
ajustements hydro-
morphologiques



Impacts socio-économiques et environnementaux

Court terme :

- inondations



Voitures emportées par une inondation
à Figanières, dans le Var, juin 2010

Impacts socio-économiques et environnementaux

Court terme :

- inondations
- dégradation de la qualité de l'eau
- risques sanitaires

Contamination des eaux
en zone péri-urbaine
(Chalco, Mexique)



Impacts socio-économiques et environnementaux

Court terme :

- inondations
- dégradation de la qualité de l'eau
- risques sanitaires

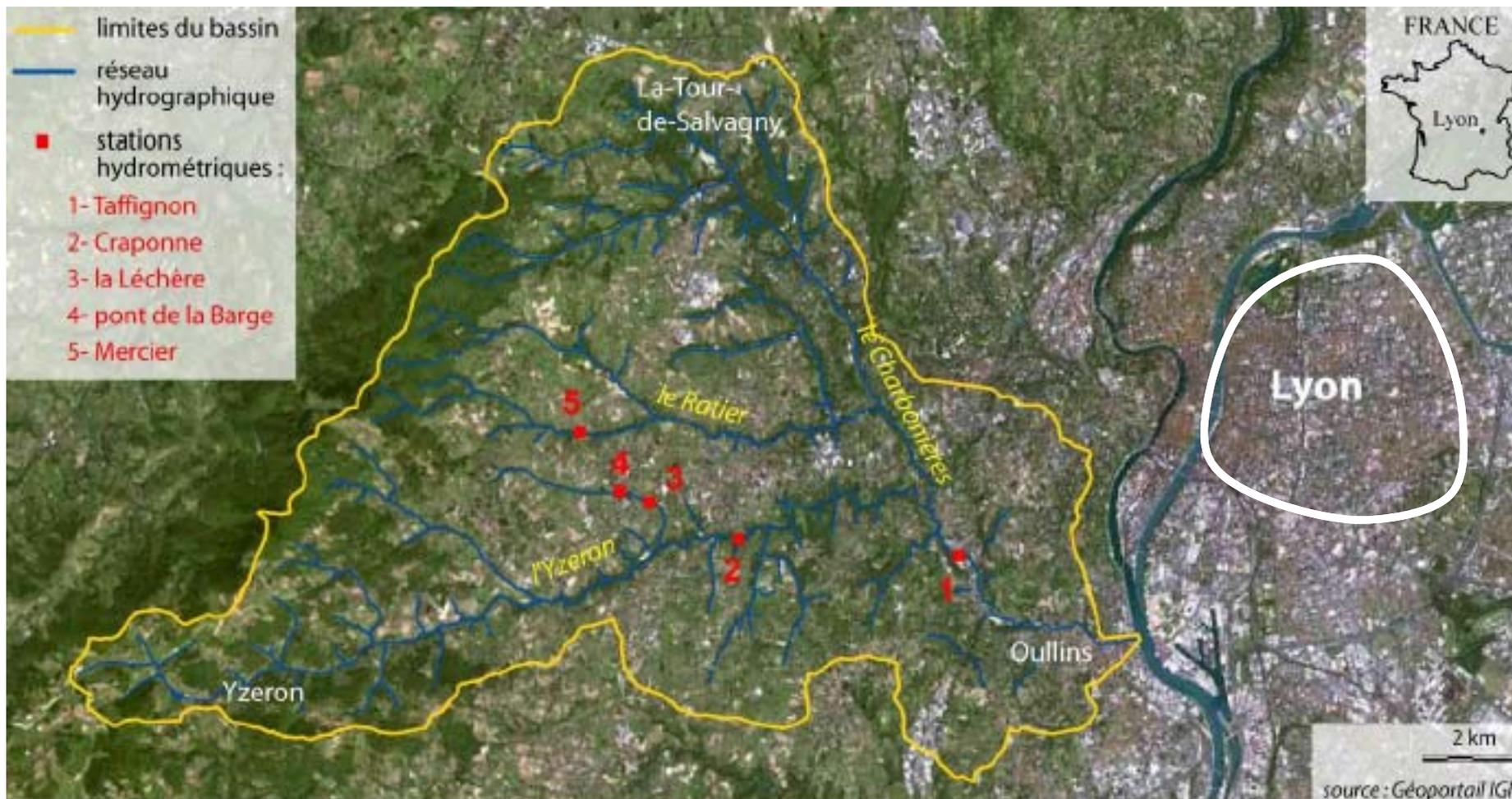
Long terme :

- ajustements fluviaux
- incisions



Chaudanne aval : déstabilisation d'enrochement

Le bassin de l'Yzeron, France



Plan de la présentation



Oldrich NAVRATIL
Université Lyon 2

Urbanisation et
ajustements hydro-
morphologiques



1. Les incisions des cours d'eau périurbains et leurs enjeux
2. Processus hydro-sédimentaires sur l'Yzeron
3. Méthodes de diagnostic
4. Conclusion

Les ajustements des cours d'eau périurbains

Synthèse d'après A. Chin, 2006.

Urban transformation of river landscapes in a global context, *Geomorphology* 79, 460-487

| | Variables d'ajustement | Nombre d'étude (%) | Direction du changement |
|----------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Section en travers de la rivière | Débit de pleins bords | 66 | 74% + |
| | Largeur | 50 | 86% + |
| | Profondeur | 34 | 60% + |
| | L/H ratio | 14 | 100% + |
| Changement en plan | Sinuosité | 10 | 100% - (rectiligne) |
| | Pente | 5 | +/- |
| | Sédiments | 10 | 50% + |
| | Formes | 10 | 50% + |

Observations sur le terrain



Ruisseau du Brusallay



Ruisseau du Ratier amont

Observations sur le terrain



Le bassin du Poirier, amont de l'Yzeron

Observations sur le terrain



Le Ratier



Les ajustements des cours d'eau périurbains

Synthèse d'après A. Chin, 2006.

Urban transformation of river landscapes in a global context, *Geomorphology* 79, 460-487

| | Variables d'ajustement | Nombre d'étude (%) | Direction du changement |
|----------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Section en travers de la rivière | Débit de pleins bords | 66 | 74% + |
| | Largeur | 50 | 86% + |
| | Profondeur | 34 | 60% + |
| | L/H ratio | 14 | 100% + |
| Changement en plan | Sinuosité | 10 | 100% - (rectiligne) |
| | Pente | 5 | +/- |
| | Sédiments | 10 | 50% + |
| | Formes | 10 | 50% + |

Enjeux liés à l'incision des cours d'eau

Coûts directs :

- aggravation des inondations



Tassin-la-Demi Lune, crue de décembre 2003

Enjeux liés à l'incision des cours d'eau

Coûts directs :

- aggravation des inondations
- érosion / fragilisation d'ouvrages d'art, routes, berges



Mise au jour du collecteur d'eaux pluviales dans la berge du Ratier, Yzeron

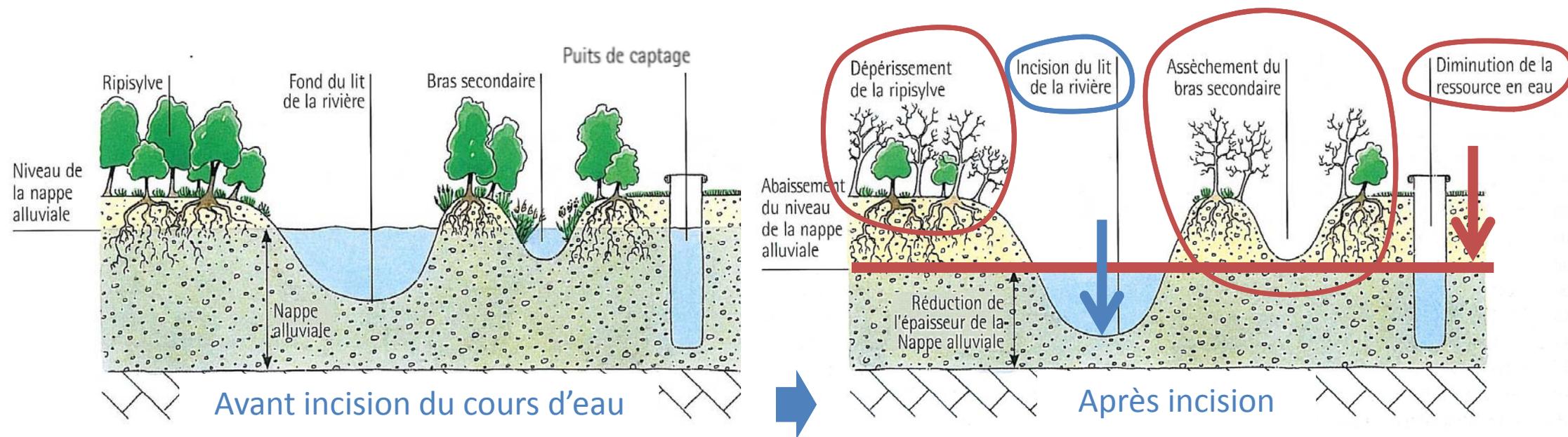
Enjeux liés à l'incision des cours d'eau

Coûts directs :

- aggravation des inondations
- érosion / fragilisation d'ouvrages d'art, routes, berges

Coûts indirects :

- abaissement de la nappe alluviale
→ sensibilité aux polluants
- dépérissement de la végétation
- moindre capacité d'autoépuration



Enjeux liés à l'incision des cours d'eau

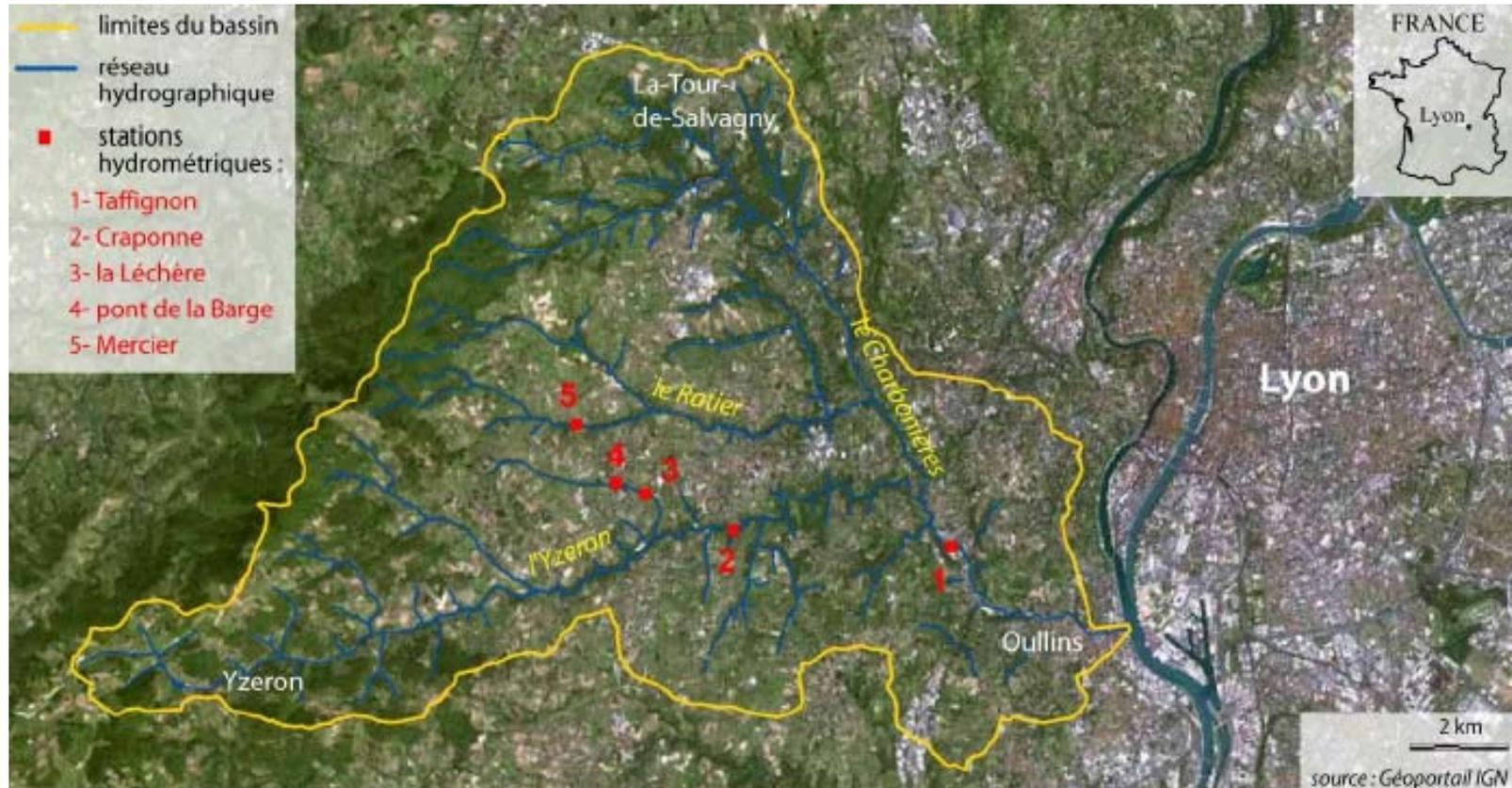


Ruisseau du Ratier amont

Coûts indirects :

- abaissement de la nappe alluviale
→ sensibilité aux polluants
- dépérissement de la végétation
- moindre capacité d'autoépuration
- appauvrissement des milieux aquatiques /rivulaires

Processus hydro-sédimentaires sur l'Yzeron



Oldrich NAVRATIL
Université Lyon 2

Urbanisation et
ajustements hydro-
morphologiques

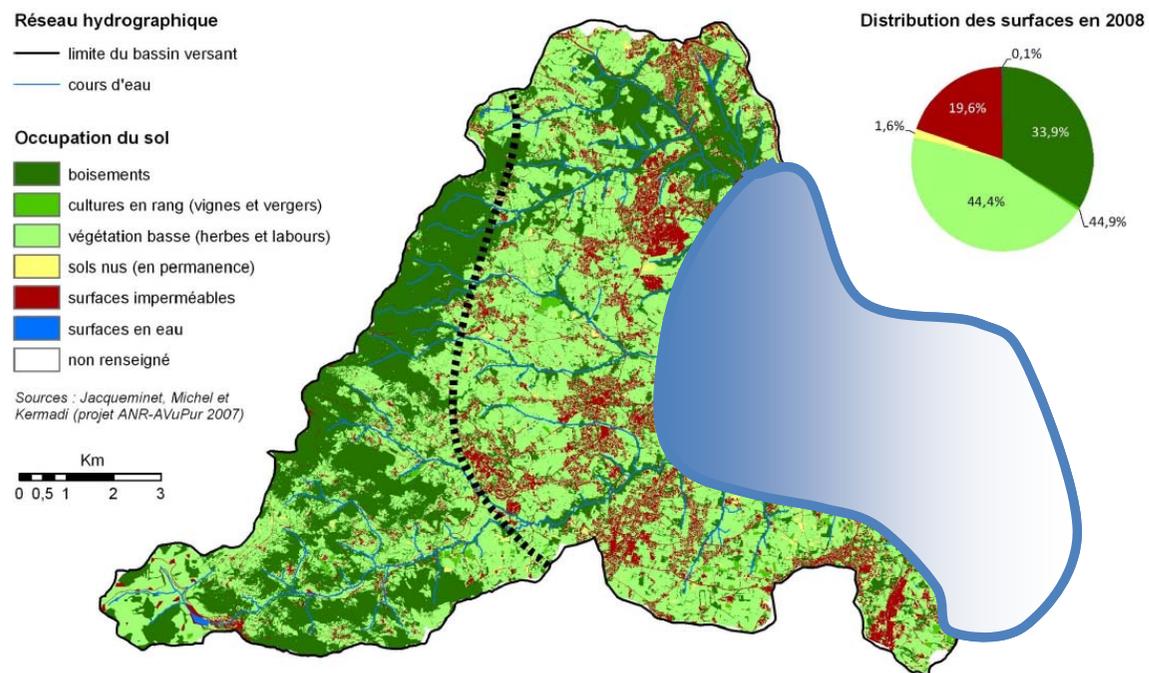
1. Incisions et enjeux

2. Le bassin de l'Yzeron

3. Méthodes
de diagnostic

4. Conclusion

Le bassin versant périurbain de l'Yzeron

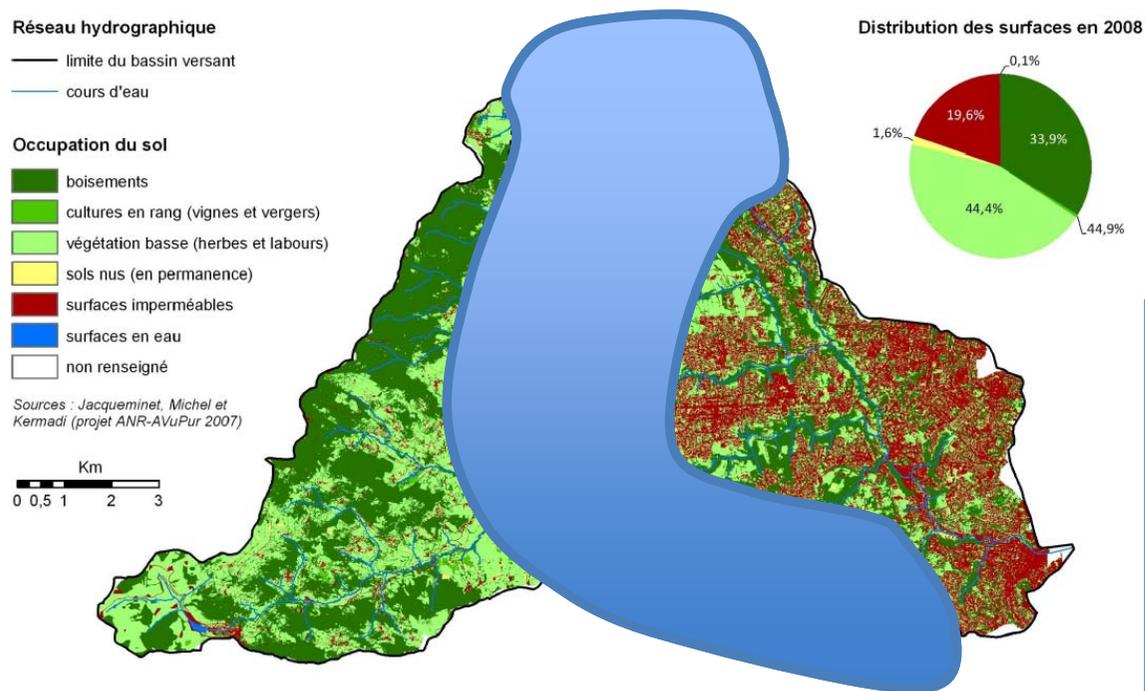


Source: L. Grosprêtre (2011)

AVAL : zones urbaines denses

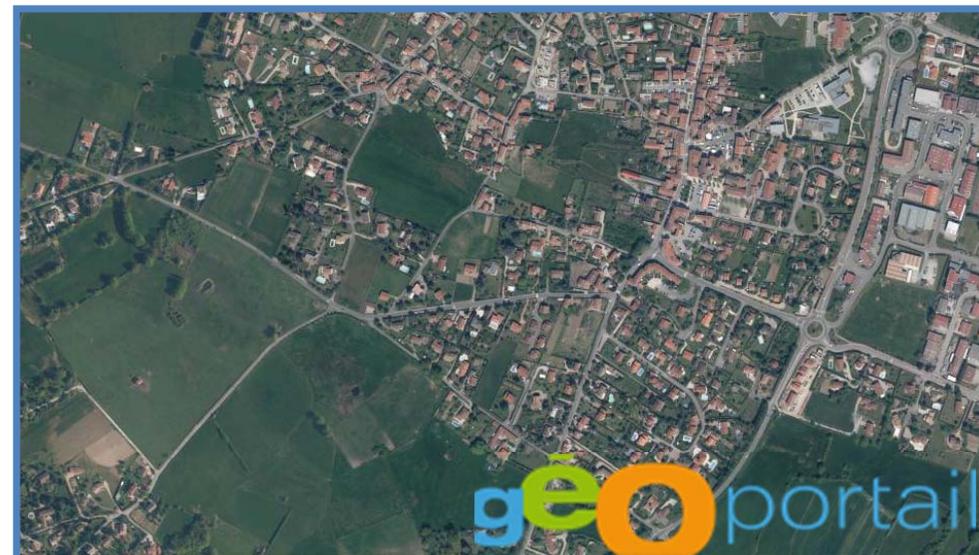


Le bassin versant périurbain de l'Yzeron

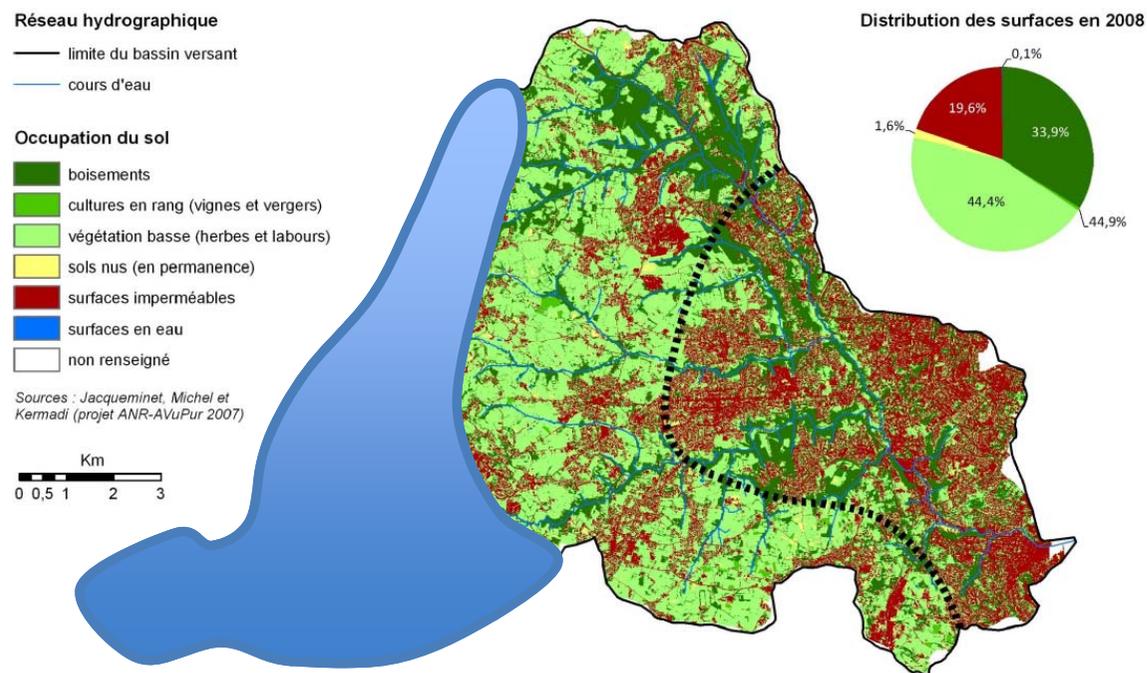


Source: L. Grosprêtre (2011)

zones
périurbaines

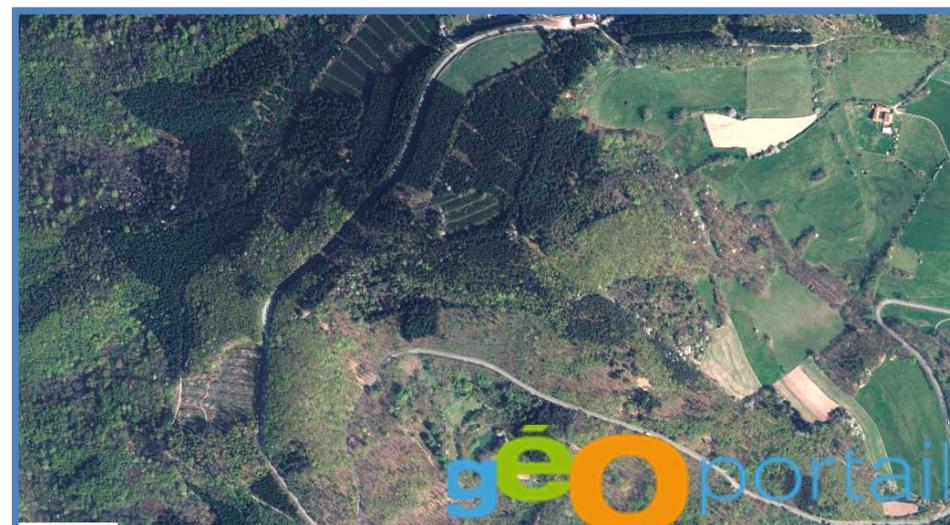


Le bassin versant périurbain de l'Yzeron



Source: L. Grosprêtre (2011)

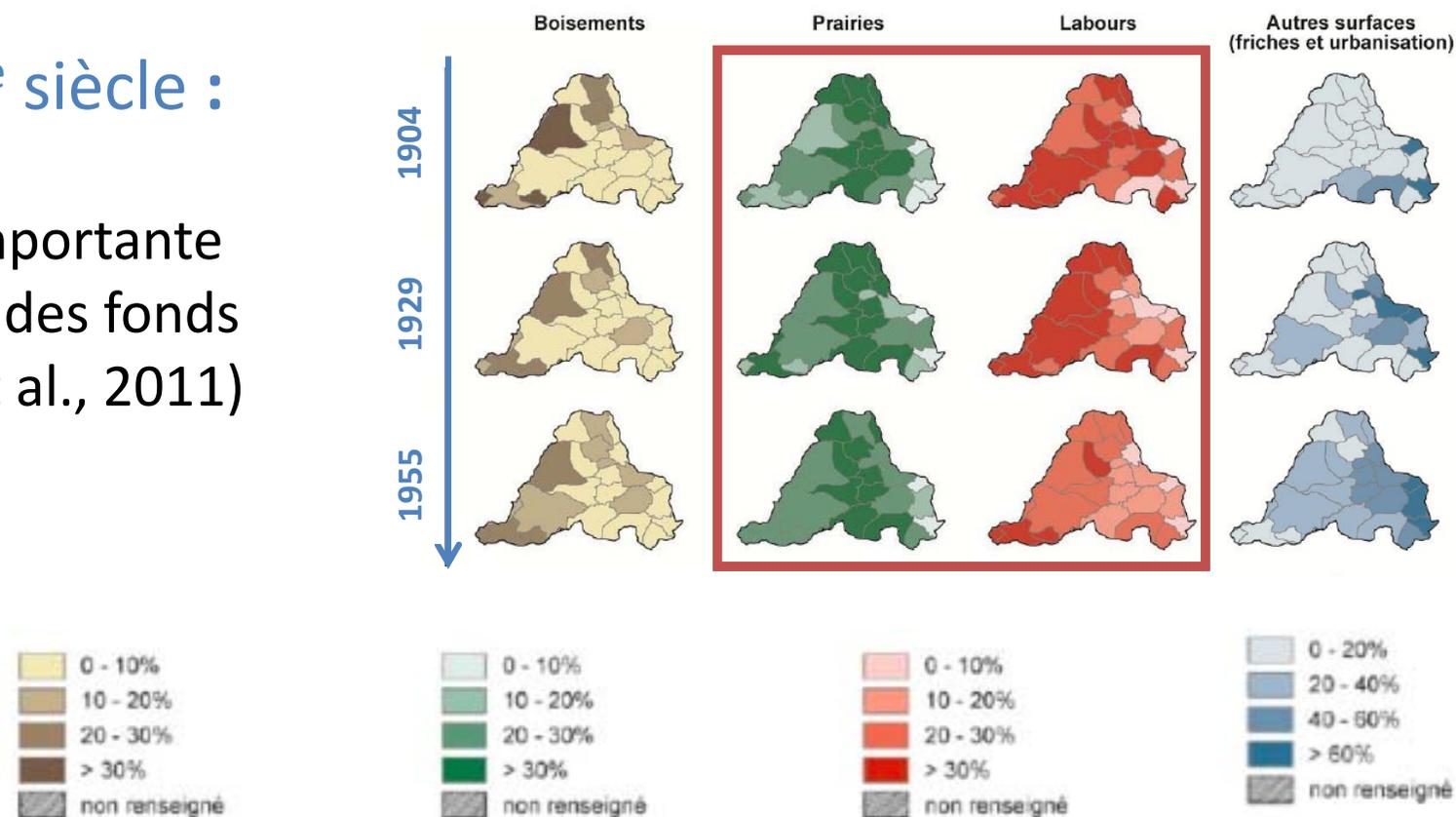
AMONT :
zones rurales



Evolution de l'occupation du sol (1)

1^{ère} partie du XX^{ème} siècle :

- bassin très rural
- érosion de versant importante
- comblement sableux des fonds de vallon (Preusser et al., 2011)

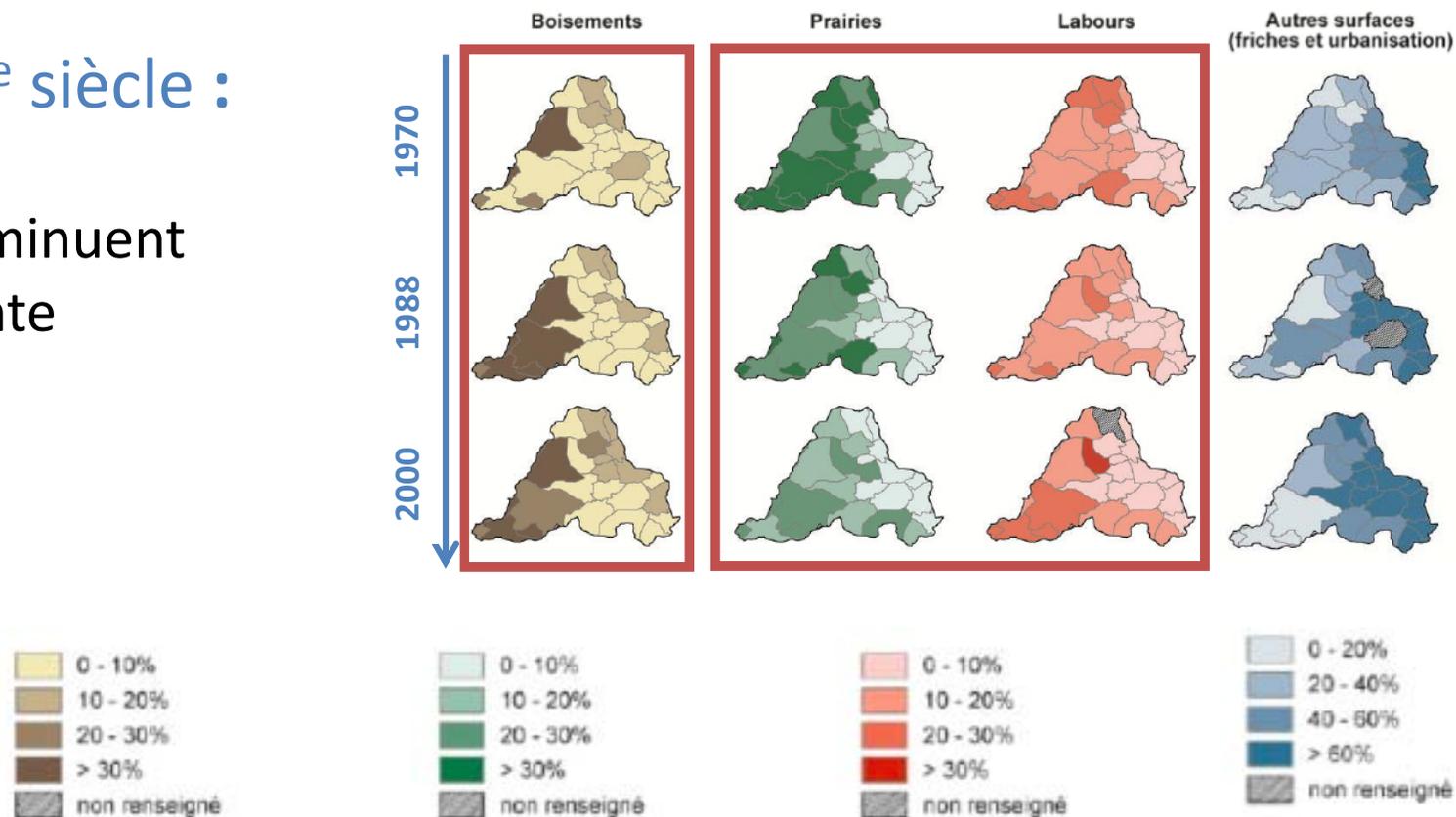


Source : M. Cottet (2010), modifié par L. Grosprêtre (2011)

Evolution de l'occupation du sol (2)

2nde partie du XX^{ème} siècle :

- déprise rurale
- prairies et labours diminuent
- le boisement augmente

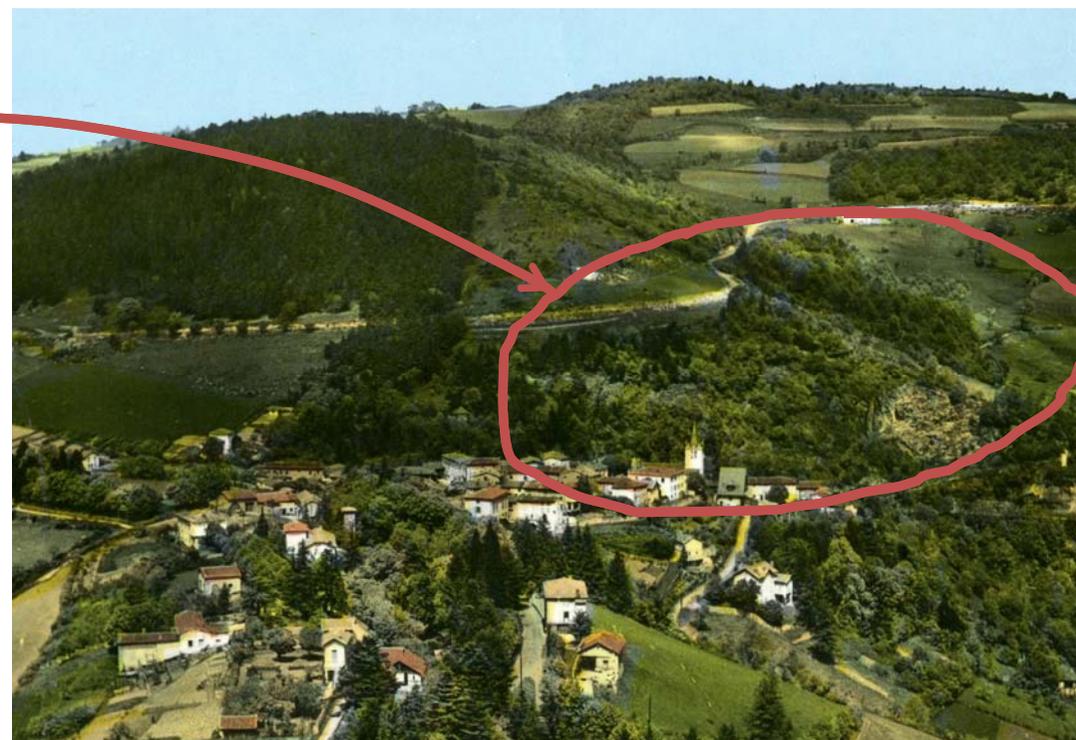


Source : M. Cottet (2010), modifié par L. Grosprêtre (2011)

L'urbanisation à l'échelle locale



Amont du bassin de l'Yzeron
milieu du XVIII^e siècle - fin XX^e



Un contexte lithologique très sensible aux incisions

Conséquences hydro-sédimentaires :

- les apports sédimentaires diminuent
- reprise des sédiments
- incision des cours d'eau dans ces dépôts anciens

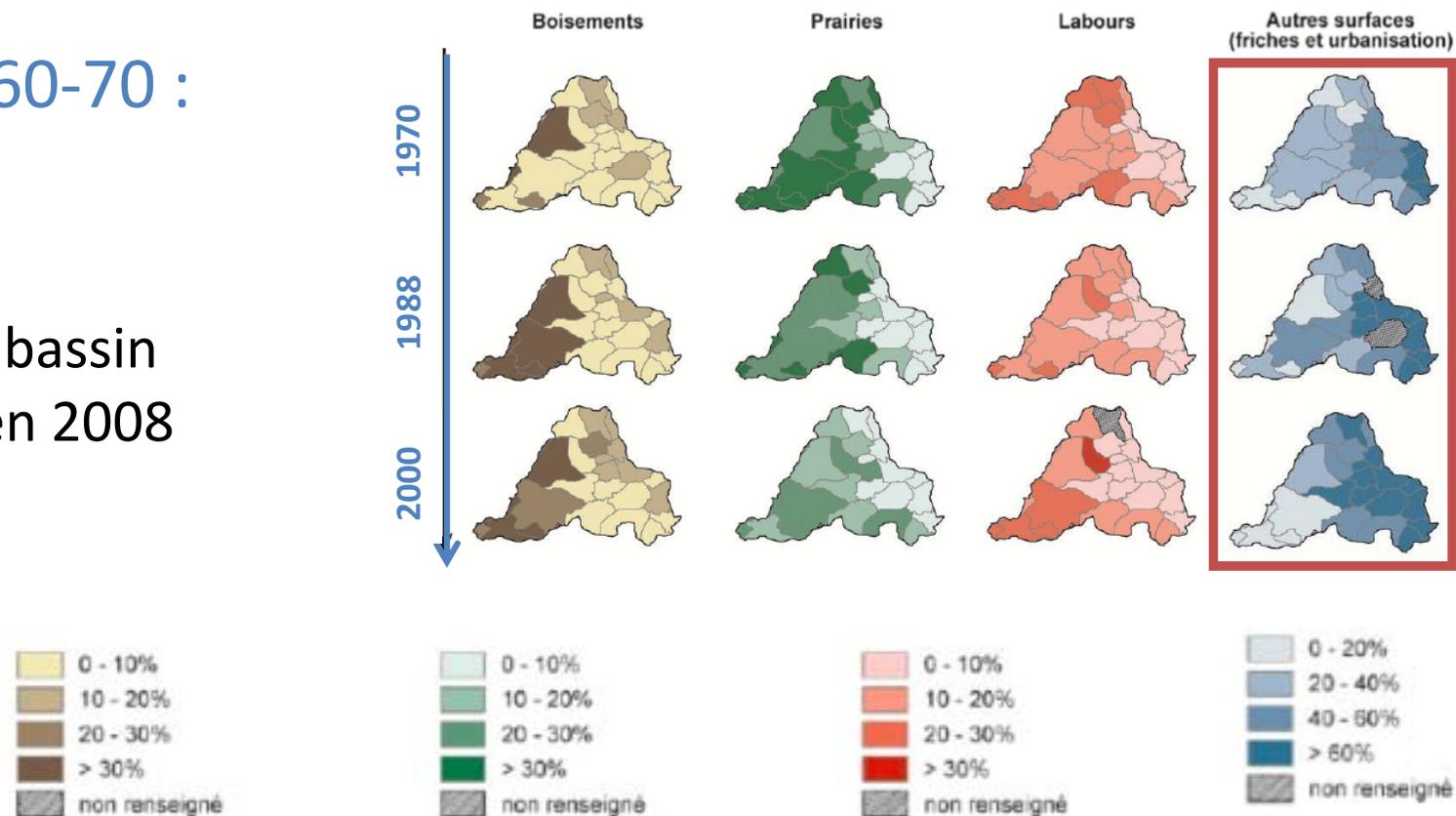


Le bassin du Poirier,
amont de l'Yzeron

Evolution de l'occupation du sol (3)

Depuis les années 60-70 :

- augmentation de la périurbanisation
- surface urbanisée du bassin = 21% en 1970, 36% en 2008



Source : M. Cottet (2010), modifié par L. Grosprêtre (2011)

La périurbanisation

- zones pavillonnaires



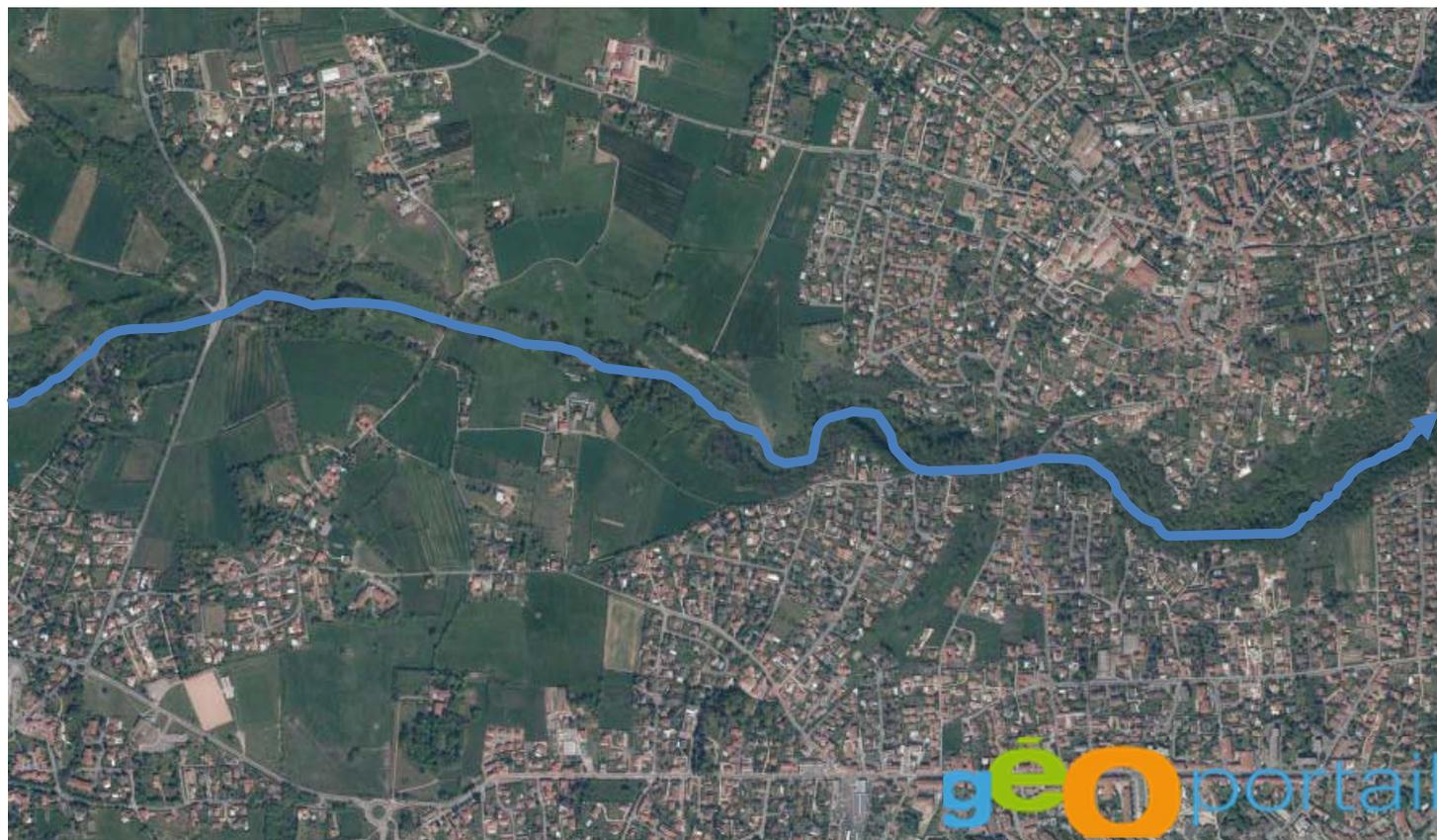
La périurbanisation

- zones pavillonnaires
- commerces,
industries

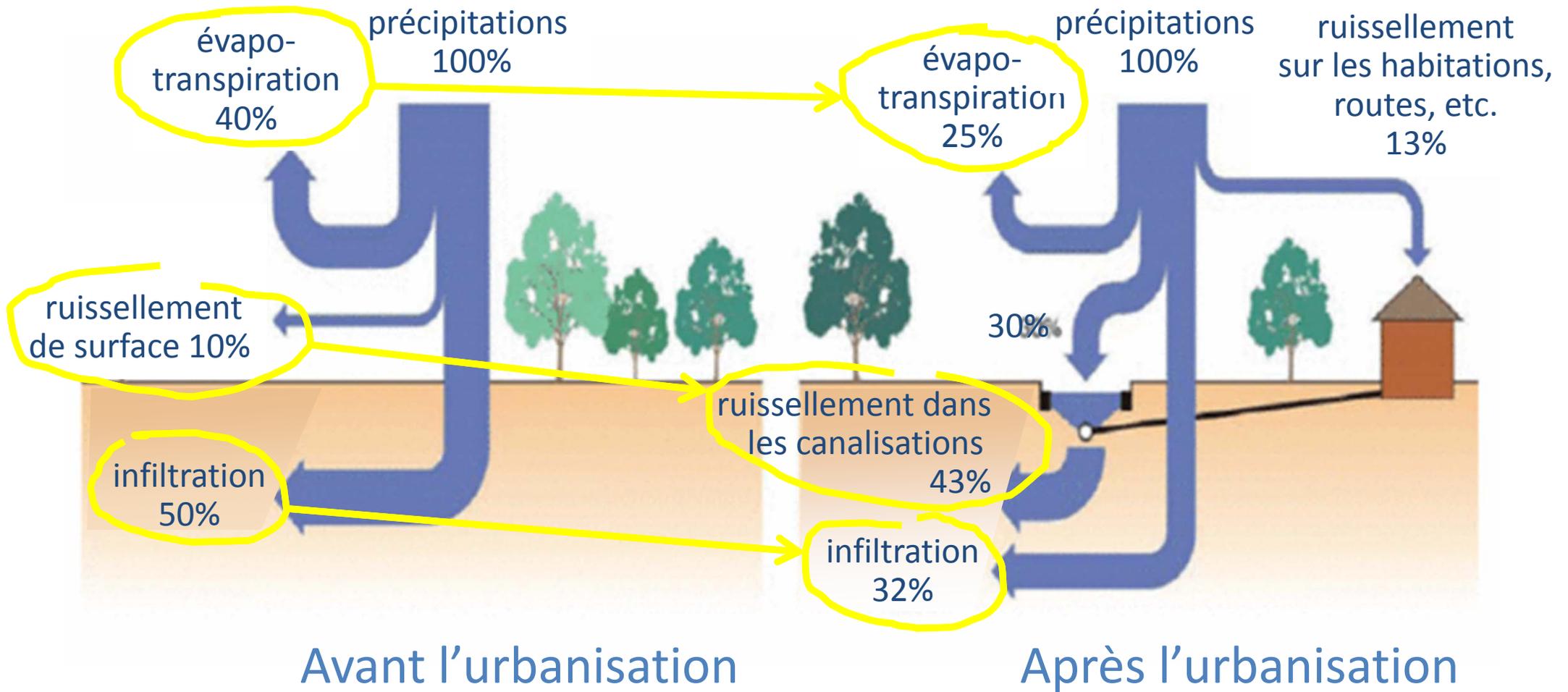


La périurbanisation

- zones pavillonnaires
 - commerces, industries
 - voies de transport
- ➔ imperméabilisation du bassin versant



Le cycle de l'eau urbain



Les rejets d'eaux pluviales dans les cours d'eau



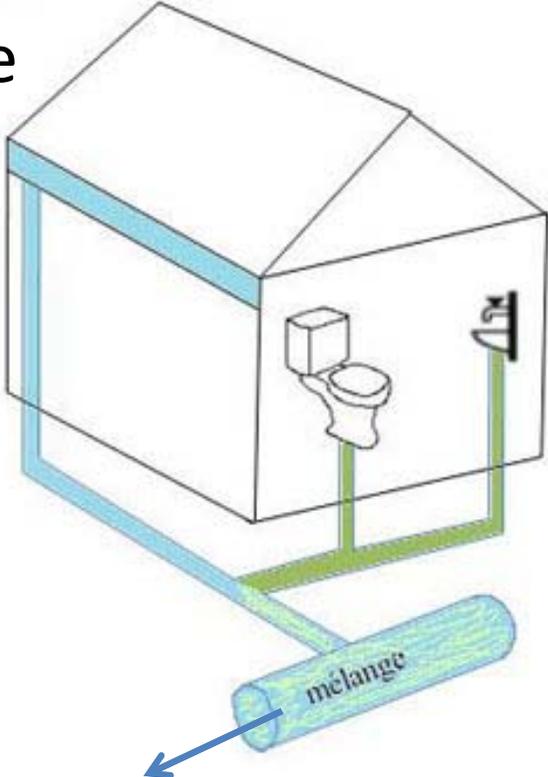
La Réunion, île de La Réunion (France)

Le Charbonnière

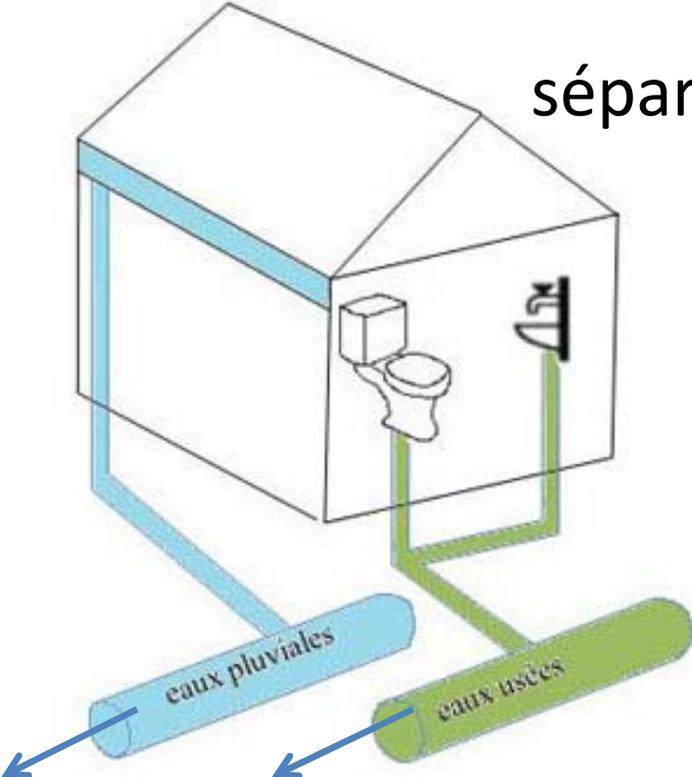


Réseau d'assainissement

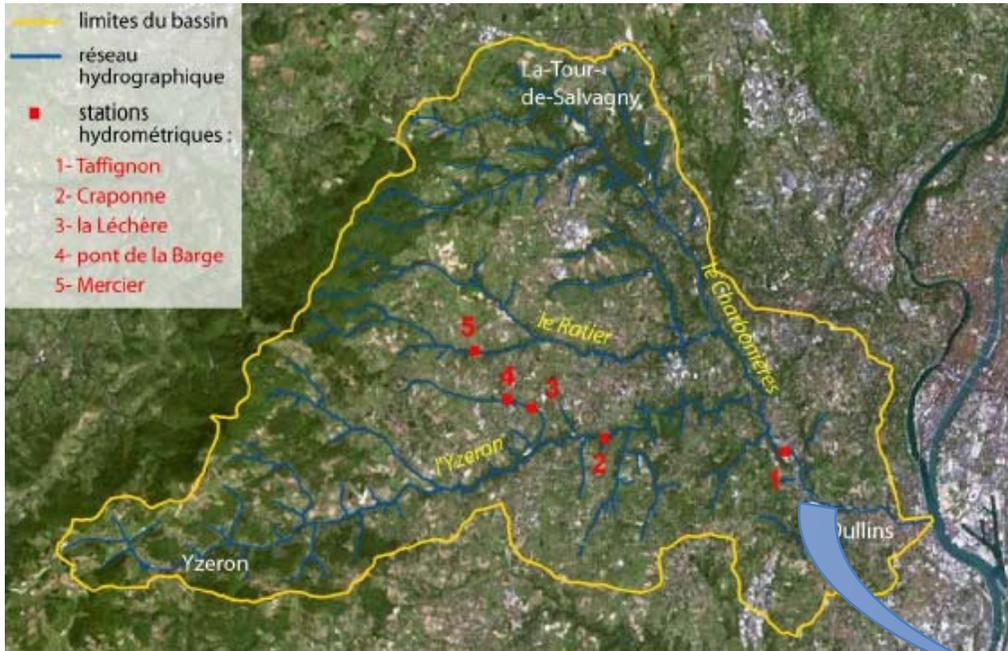
unitaire



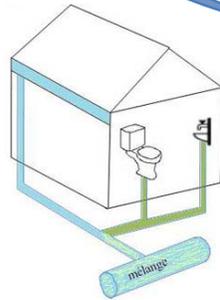
séparatif



Réseau d'assainissement



Par temps de pluie :
eaux pluviales et usées



Réseau d'assainissement saturé par temps de pluie



Volumes d'eau impossibles
à traiter efficacement en STEP

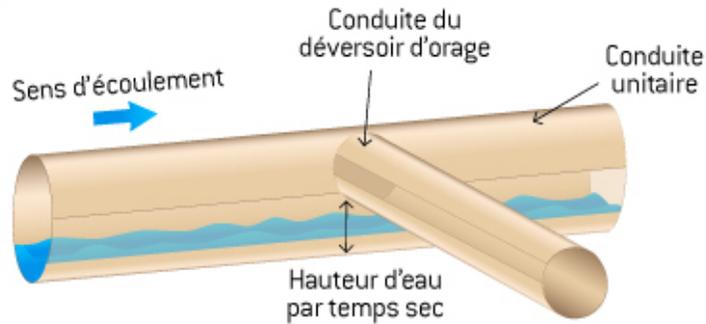
Crue de Nîmes en 2002



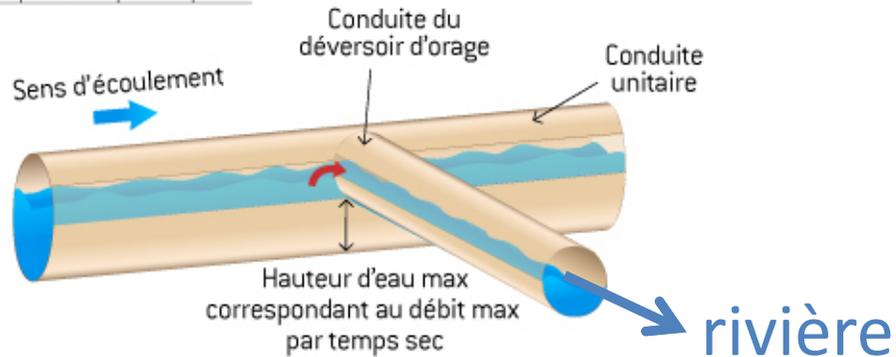
Les déversoirs d'orage (DO)

Des trop-pleins du réseau d'assainissement par temps de pluie

• Cas par temps sec



• Cas par temps de pluie

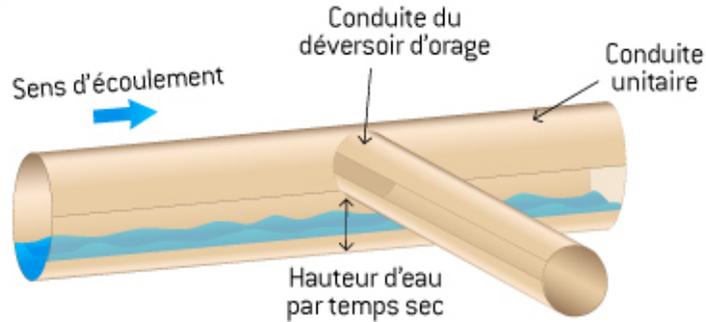


Rejets du DO et de la route dans le cours d'eau de la Chaudanne pendant une petite crue d'été

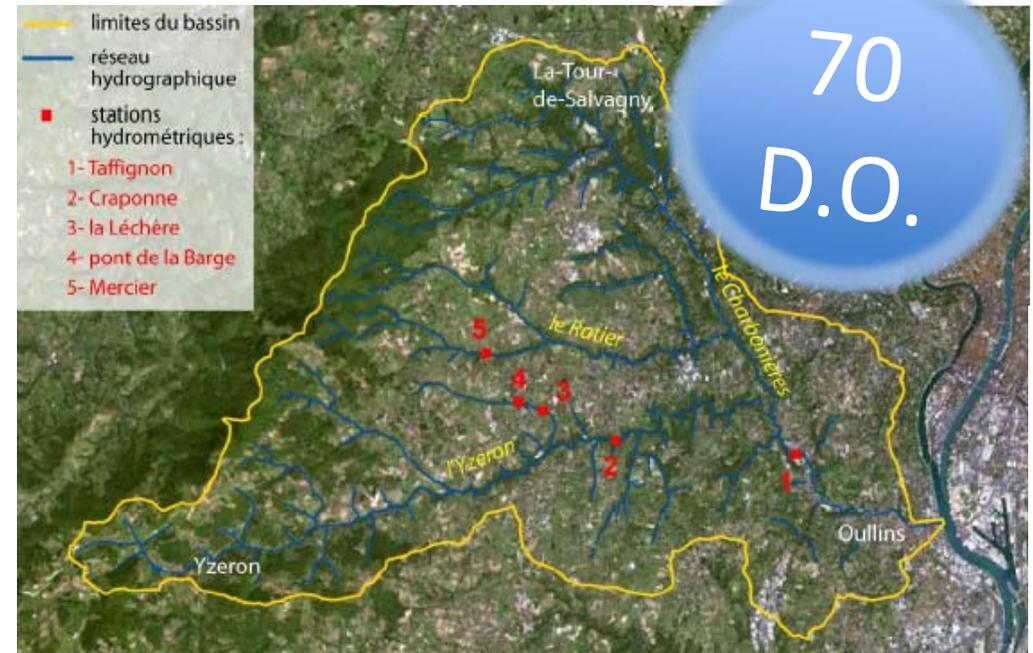
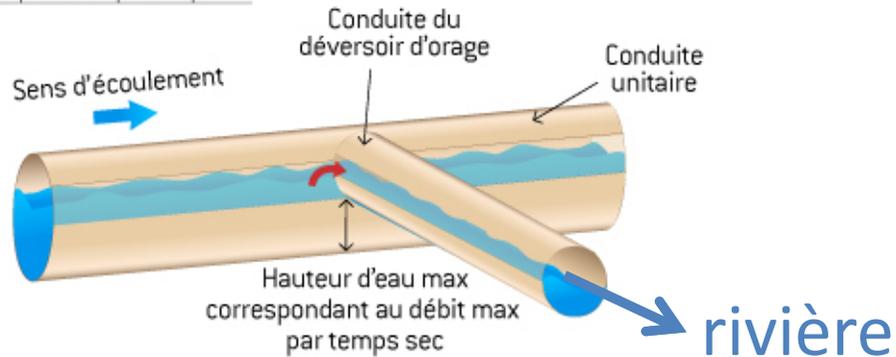
Les déversoirs d'orage (DO)

Des trop-pleins du réseau d'assainissement par temps de pluie

• Cas par temps sec



• Cas par temps de pluie



Impact des déversoirs d'orage sur les milieux



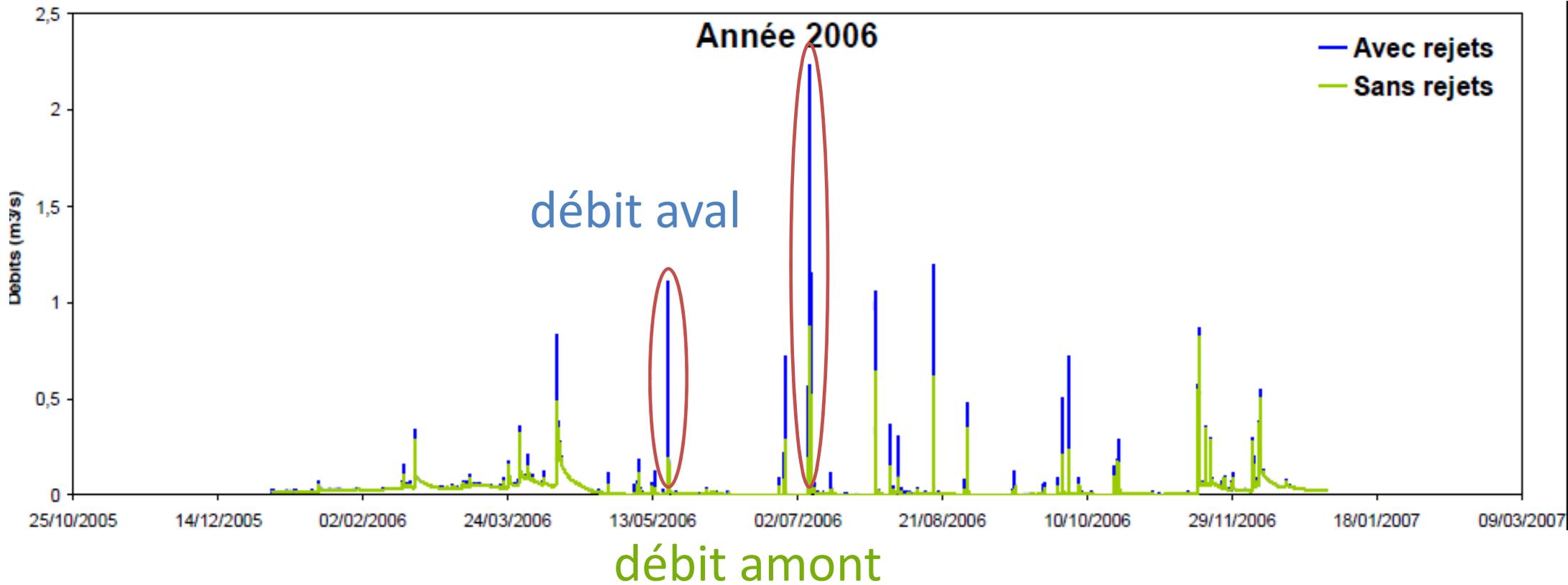
Avant la pluie

Photos prises à l'aval du DO,
la Chaudanne (juillet 2013)

Pendant la crue (+ 30 mn)



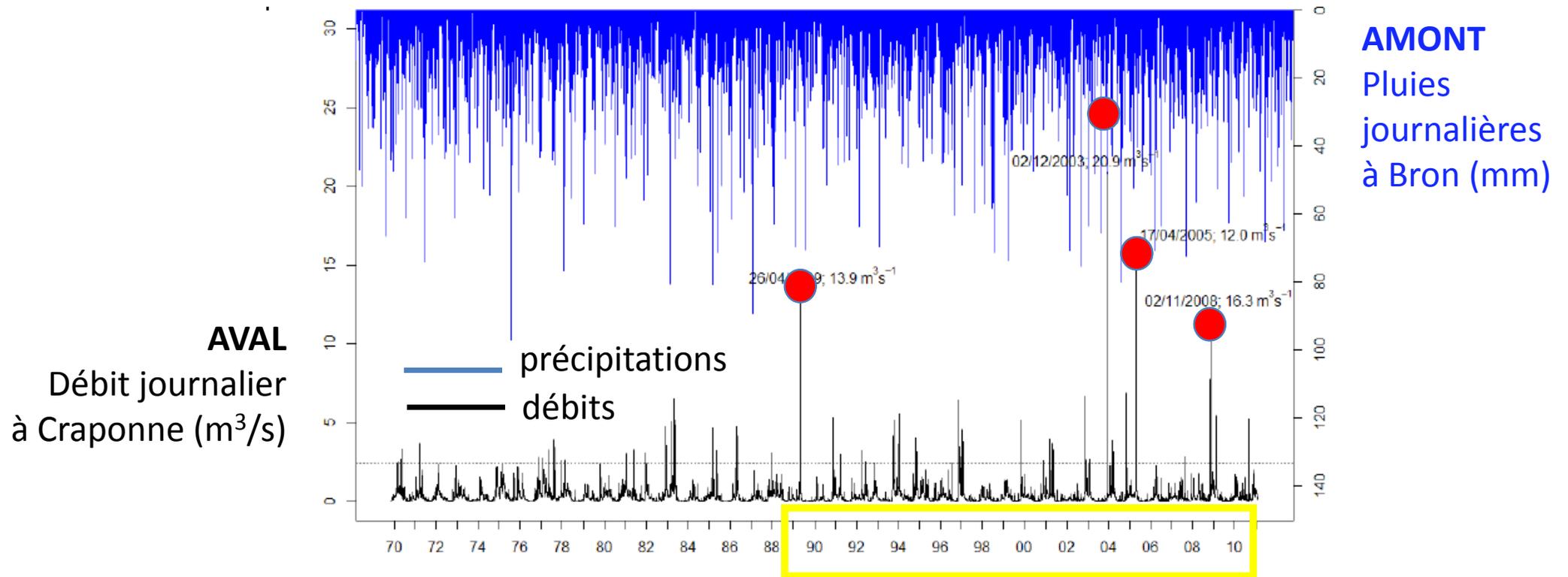
Impact des déversoirs d'orage : sous-bassin de l'Yzeron



Débits à l'amont et aval d'un DO, la Chaudanne. Source : projet AVuPUR P. Breil

Des inondations plus fréquentes à l'aval

Source : S. Kermadi et al., 2012

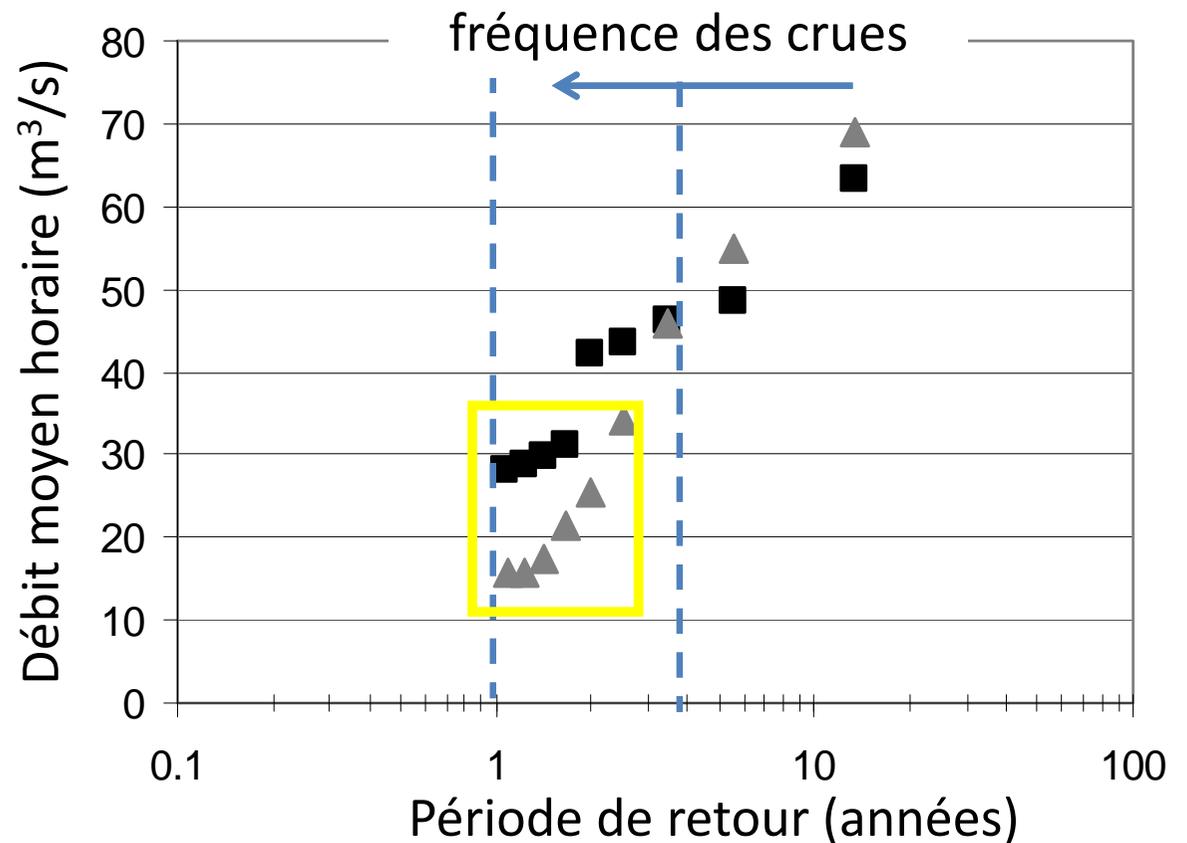


Modification du régime des crues sur l'Yzeron

Etude hydrologique de Radojevic et al. (2010)

Impact de l'imperméabilisation :

- très fort sur les crues fréquentes, lien fort avec le % de surface urbanisée
- impact faible pour les crues rares



Impact des rejets urbains sur la morphologie

Combinaison de deux facteurs :

1. Crues fréquentes très morphogènes

- transportent la plus grande fraction du flux de sédiment
 - ➔ érosion/incision du chenal principal



Impact des rejets urbains sur la morphologie

Combinaison de deux facteurs :

1. Crues fréquentes très morphogènes

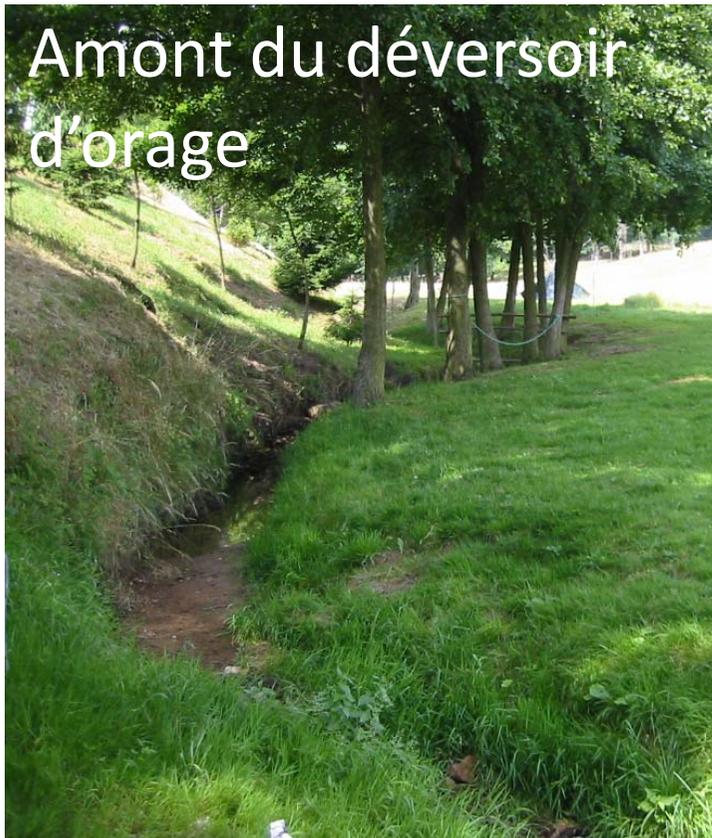
- transportent la plus grande fraction du flux de sédiment
 - ➔ érosion/incision du chenal principal

2. Rejets eaux pluviales

- déficit sédimentaire important



Impact des rejets urbains sur la morphologie



Chaudanne rurale amont DO



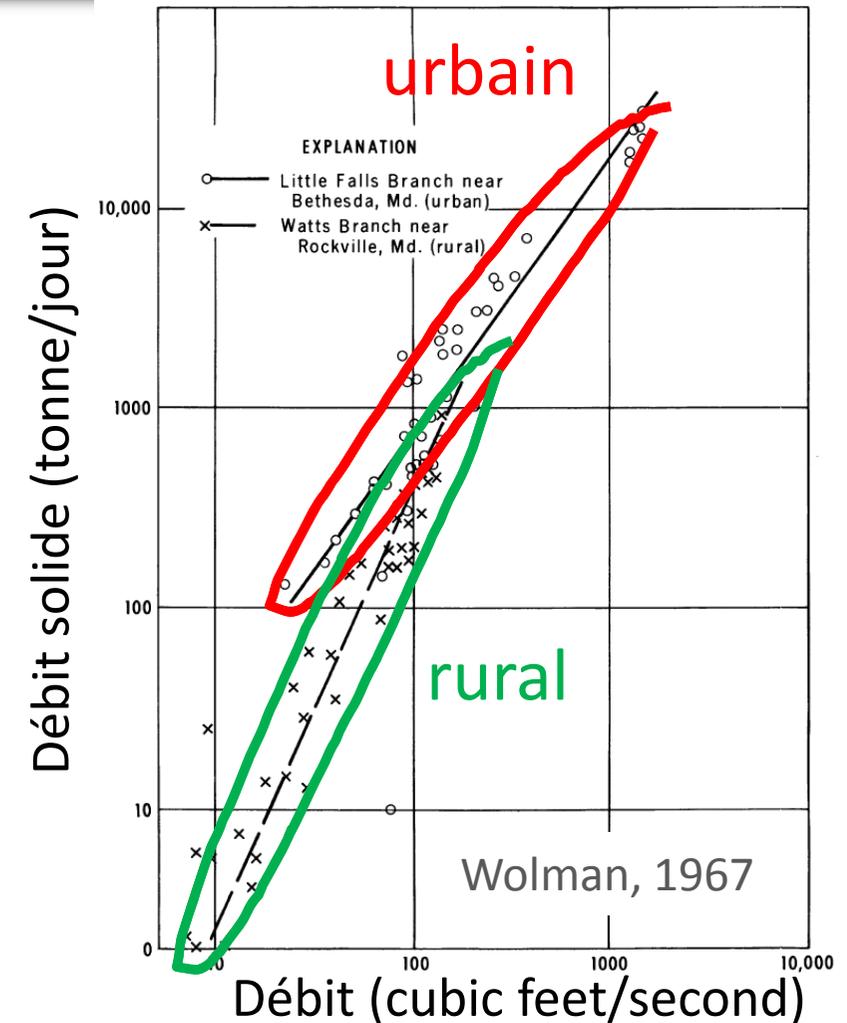
Chaudanne aval DO ; déstabilisation d'enrochement

Méthodes de diagnostic

- comparaison du transport solide urbain / non-urbain

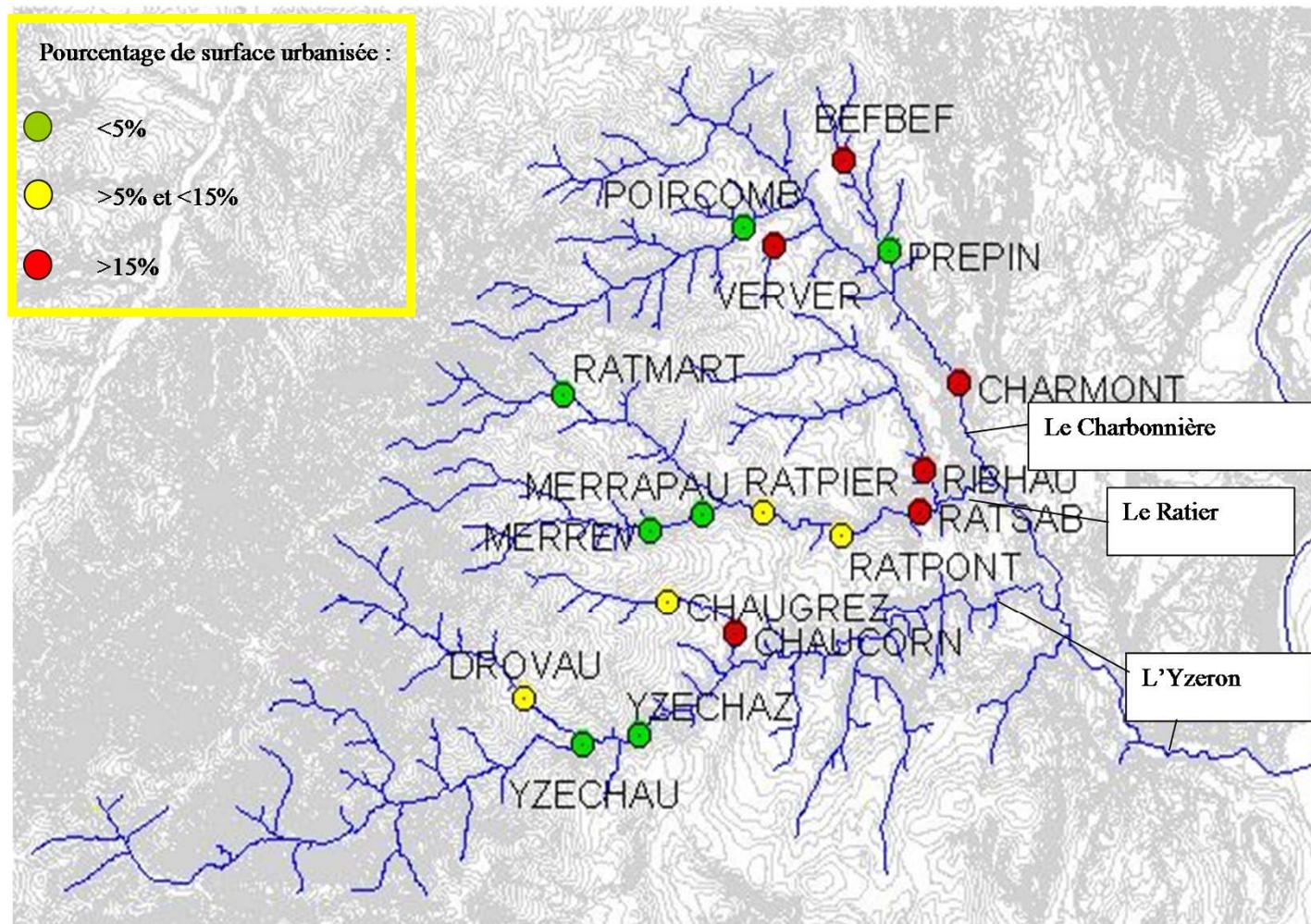
| | Bassin rural, forestier en t/km ² /an | Bassin urbain en construction | Bassin urbain développé | Références |
|-----------------|--|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Papeete, Tahiti | 59 | × 12 | × 2.4 | Wotling et al, 2002 |
| Maryland, US | 4.2 | × 200 | × 5 | Wolman, 1967 |
| Maryland, US | 21.8 | × 16 | × 1.7 | Fow, 1976 |

D'après Chin, 2006

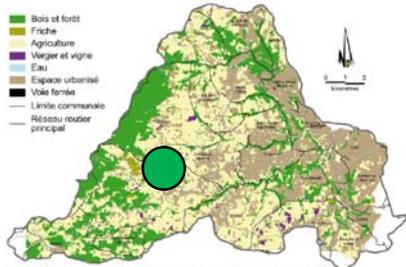


Comparaison de la morphologie rural / urbain

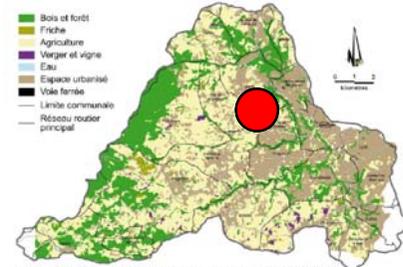
Méthode
appliquée
à notre
site d'étude



Exemple de deux sites : rural et périurbain



Site **rural** : Yzechau
Surface BV : **22 km²**
Urbanisation : **1.1%**



Site **périurbain** : Ratier
Surface BV : **17.4 km²**
Urbanisation : **7%**



Mesures hydro-morphologiques à l'échelle du tronçon

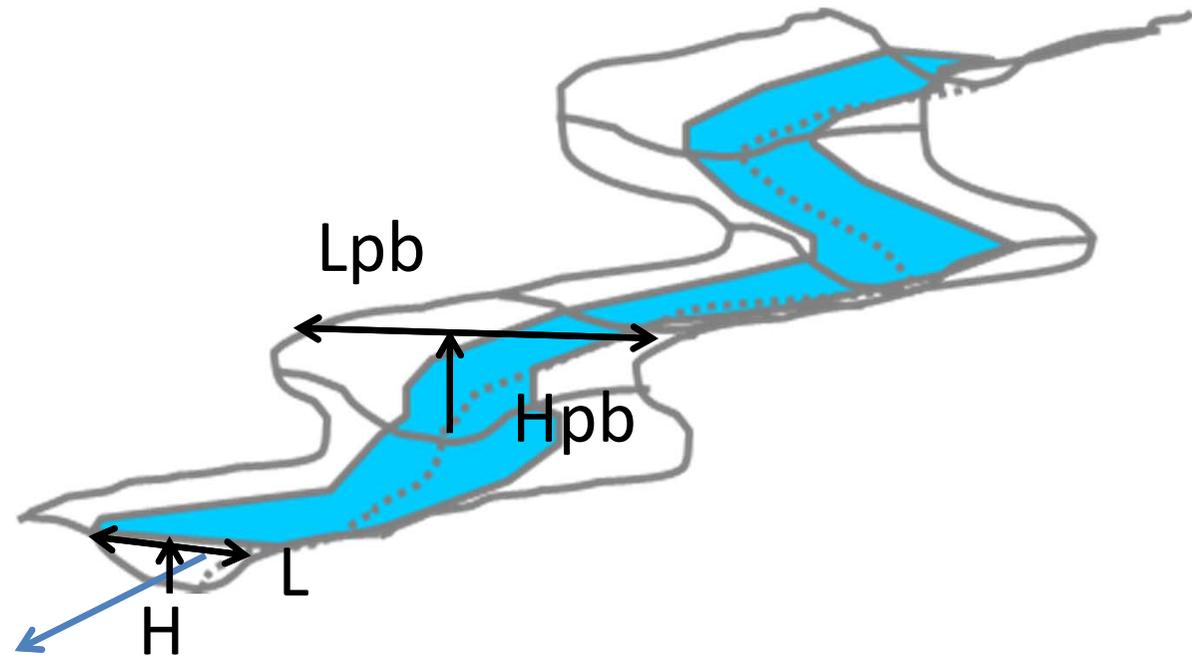
- débit de pleins bords

« La capacité d'écoulement du lit mineur juste avant de déborder dans la plaine d'inondation »
(Wolman et Leopold 1957)

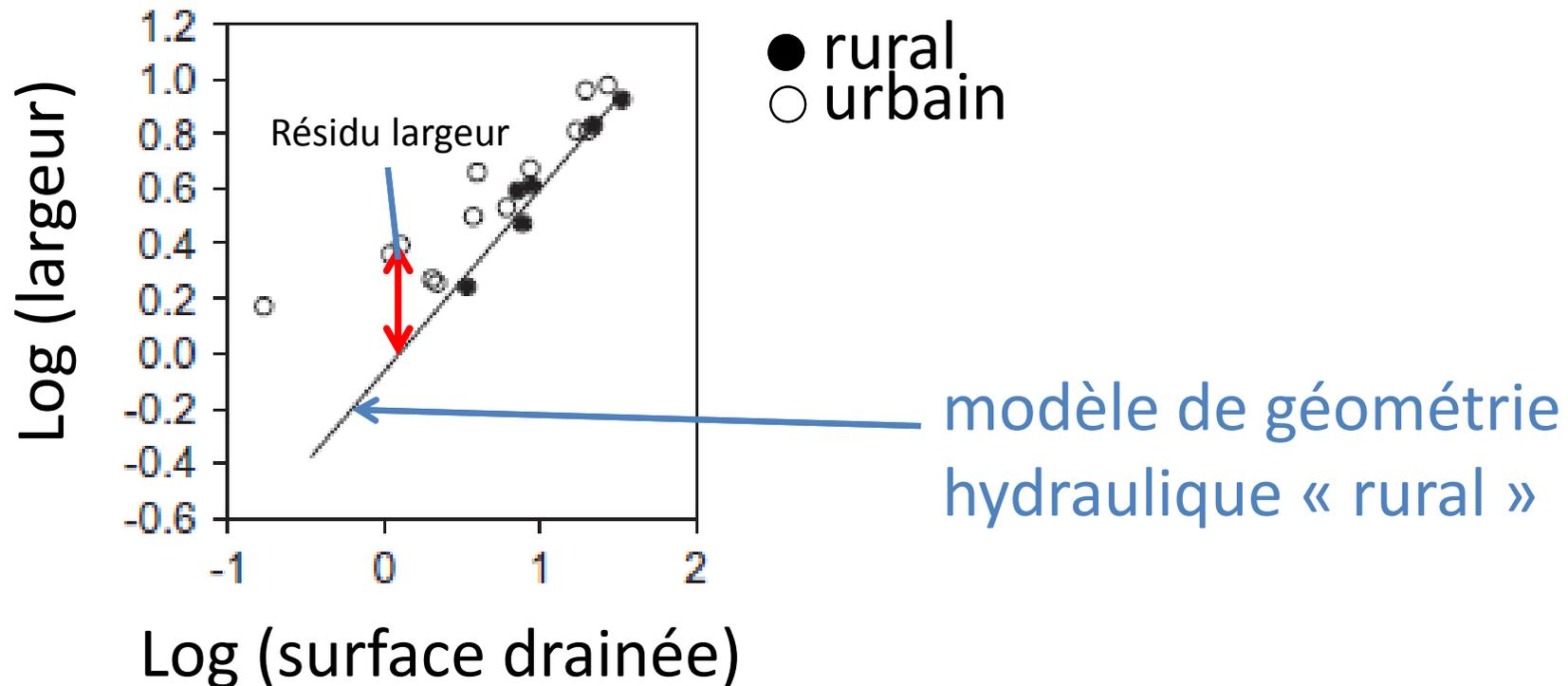


Mesures hydro-morphologiques à l'échelle du tronçon

- débit de pleins bords
- largeur et hauteur d'eau moyenne à pleins bords et en basses eaux
- pente moyenne du fond
- granulométrie



Exemple d'ajustement de modèles (largeur, profondeur)

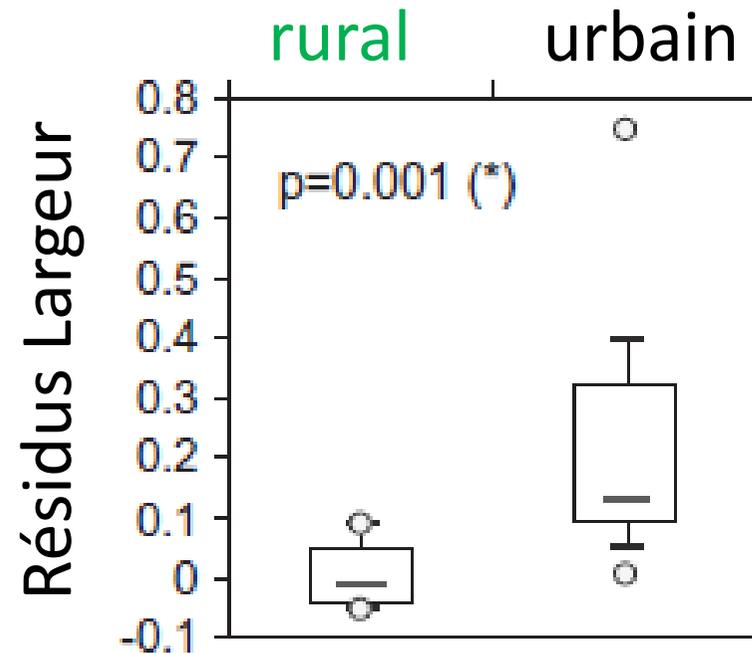


Source : O. Navratil, P. Breil, L. Schmitt, L. Grosprêtre, M.B. Albert (2013)

Exemple d'analyse des résidus pour la largeur

Indicateurs avec différence significative :

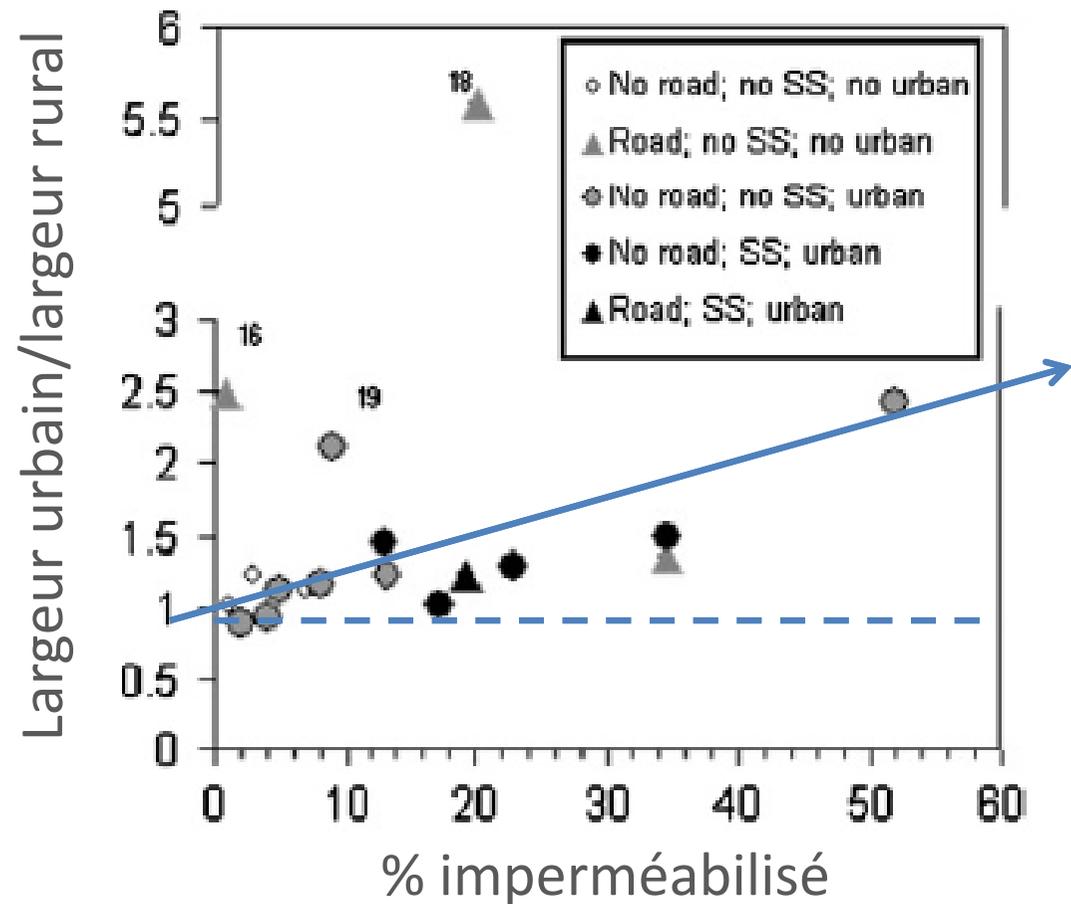
- la largeur et la hauteur à pleins bords : + 30%
- le débit de pleins bords : + 80%
- la surface à pleins bords : + 80%
- la largeur du lit à l'étiage : + 50%



Différence significative
à pleins bords sur la largeur

Intensité des incisions

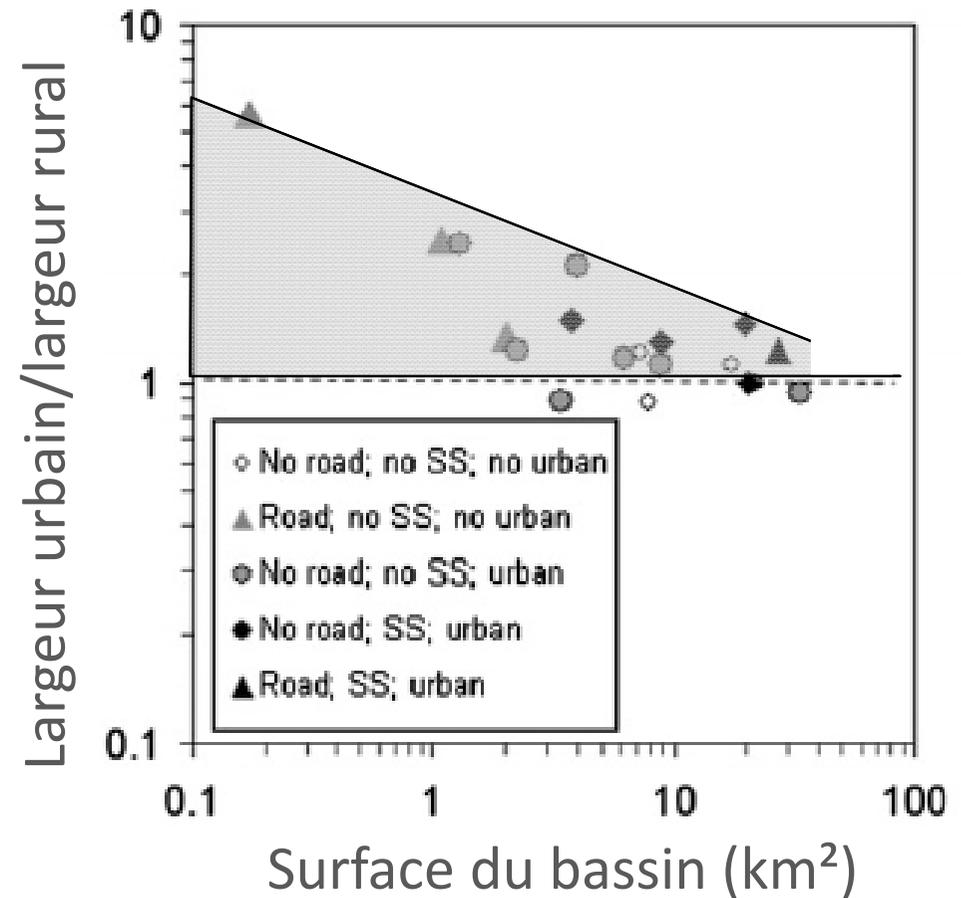
Augmente avec
l'imperméabilisation
du bassin...



Intensité des incisions

... plus marquée pour les petits bassins versants, à l'aval des rejets d'eaux pluviales

→ attention particulière aux petits cours d'eau urbains



Synthèse des notions vues

- urbanisation → imperméabilisation
→ crues (fréquentes) plus intenses
→ incisions (particulièrement petits cours d'eau)
- origine des incisions observées : climatique, lithologique, aménagements locaux, déprise rurale...?
- quantifier ces ajustements = connaissance fine du terrain, histoire du bassin versant



Oldrich NAVRATIL
Université Lyon 2

Urbanisation et
ajustements hydro-
morphologiques

1. Incisions et enjeux
2. Le bassin de l'Yzeron
3. Méthodes
de diagnostic
4. Conclusion

Des rivières et des hommes



Réalisation



Avec le soutien de



Crédits photo (1)

Photos de terrain, bassin de l'Yzeron (Brusallay, Ratier, Poirier, Charbonnière, Chaudanne) : **O. Navratil**

Vue aérienne du centre-ville d'Oullins : **ville d'Oullins** <http://www.ville-oullins.fr/>

Périurbanisation du bassin de l'Yzeron : **Géoportail**

Population of cities 1952, 2001 - Ajustements des cours d'eau : **A. Chin, 2006.**

Urban transformation of river landscapes in a global context, Geomorphology 79, 460-487

Des voitures emportées par une inondation à Figanières, dans le Var, juin 2010 ; source : **BFMTV**

Contamination des eaux en zone péri-urbaine : **Dejoux, Claude**

Chaudanne aval DO, déstabilisation d'enrochement : **L. Grosprêtre/L. Schmitt**

Bassin de l'Yzeron : **L. Grosprêtre (2011). Etude et gestion des impacts hydrogéomorphologiques de la périurbanisation. L'exemple du bassin de l'Yzeron dans l'Ouest lyonnais, Phd, Université Lyon2**

Le quartier du Grand Pré à Tassin-la-Demi Lune, lors de la crue de décembre 2003 : **SAGYRC**

Mise au jour du collecteur d'eau pluviales dans la berge du Ratier : **SAGYRC, avril 2005**

Crédits photo (2)

Incisions coûts indirects : Dréal auvergne

<http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/carrieres-a849.html>

Occupation du sol de 1904 à 2000 : M. Cottet (2010) modifié par L. Grosprêtre (2011).

Preusser, F., Schmitt, L., Delile, D., Grosprêtre, L., 2011.

Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of the sedimentation history of the Yzeron basin (Chaudanne sub-catchment), Rhône Valley, France. Quaternaire 22 (1), 73–83

Amont du bassin de l'Yzeron milieu du XVIIIe siècle - fin XXe : Jean Radix <http://www.yzeron.net/>

La périurbanisation, parking :

<http://www.gizmodo.fr/2010/11/28/ciel-bleu-au-dessus-dun-vendredi-noir.html>

La périurbanisation, voies de transport : <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>

Rejets d'eaux pluviales. La Réunion : site DREAL, Saint Denis

Assainissement unitaire et séparatif : CAUE de Picardie

http://www.caue60.com/environnement_eau_assainissement_epuration.asp

Crue de Nîmes en 2002 : villes de Nîmes et Albi

Crédits photo (3)

- Rejet du DO et de la route dans le cours d'eau de la Chaudanne pendant une crue d'été : **J. Gervais**
Déversoirs d'orage. <http://assainissement.comprendrechoisir.com/comprendre/eaux-pluviales-de-toiture-de-ruissellement>
- Débits à l'amont et aval d'un DO, la Chaudanne : **projet AVuPUR P. Breil**
- S. Kermadi et al., 2012 : Quels liens entre climatologie, occupation des sols et inondations dans le bassin versant de l'Yzeron (ouest lyonnais) ? Apport de l'analyse conjointe de données hydroclimatiques et d'images satellitaires très haute résolution, Climatologie, vol. 9**
- B. Radojevic, P. Breil, B. Chocat, Assessing impact of global change on flood regimes, International Journal of Climate Change Strategies and Management Vol. 2 No. 2, 2010, pp. 167-179**
- O. Navratil, P. Breil, L. Schmitt, L. Grosprêtre, M.B. Albert (2013) Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron River basin, France) Journal of Hydrology 485, 24–36**

Remerciements : Pascal Breil, Irstea Lyon

Réalisation multimédia



PerForm - Grenoble INP

UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2
UNIVERSITÉ DE LYON

Service Usages et Innovations Pédagogiques
Université Lumière Lyon 2 - DSI