

Colloque international
CLIMAT URBAIN ENTRE URBANISATION ET CHANGEMENT / ALEAS CLIMATIQUES
21 - 22 - 23 février 2022

ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES RIVIÈRES PÉRIURBAINES – ETUDE DE CAS : BASSINS VERSANTS DE L'YZERON ET DE LA CHÉZINE

KERMADI Saida**, **BRAUD Isabelle***, **BRANGER FLORA***, **LABBAS Meriem***
JACQUEMINET Christine, **MICHEL Kristell**

saida.kermadi@univ-lyon2.fr

Université de Lyon, UMR CNRS 5600 EVS

Plusieurs chercheurs :

* **Irstea** (Cemagref) : **I. Braud**, F. Branger, P. Breil, J. Dehotin, E. Gonzalez-Sosa, S. Jankowsky, M. Lagouy, E. Leblois, C. Puech, M. Labbas

** **EVS** : C. Jacqueminet, D. Béal, J. Comby, C. Dodane, L. Grosprêtre, A. Honegger, T. Joliveau, S. Kermadi, P.O. Mazagol, N. Molines, K. Michel, F. Renard, L. Schmitt

IRSTV : K. Chancibault, H. Andrieu, E. Bocher, C. Furusho, L. Lettelier, J.Y. Martin, F. Rodriguez

INSAVALOR : G. Lipeme Kouyi, B. Chocat, H. Bouthagane

ISARA : B. Sarrazin

Pourquoi s'intéresser à l'hydrologie des bassins périurbains?

- Situation démographique :
 - Augmentation de la population et concentration dans et autour des grandes villes
 - Pour l'agglomération lyonnaise : péri-urbanisation importante depuis 1970 ;
1.9 Millions d'habitants prévus en 2030, avec une forte croissance des zones péri-urbaines
- Situation réglementaire :
 - Directive cadre sur l'eau : impose l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau pour 2015
 - Directive cadre sur les inondations : cartographier les zones à risque pour 2013
- Complexité de ces milieux d'étude
 - Juxtaposition/imbrication de régions +/- urbanisées et de régions rurales naturelles
 - Forte anthropisation du milieu : augmentation de réseaux routiers, de bâtiments, réseaux d'assainissement...
- Modification du régime hydrologique des cours d'eau :
 - Accélération des écoulements liés à l'artificialisation du milieu
 - Diminution de l'infiltration → baisse potentielle du niveau des nappes et donc du débit de base dans les cours d'eau

Pourquoi s'intéresser à l'hydrologie du bassin versant de l'Yzeron?

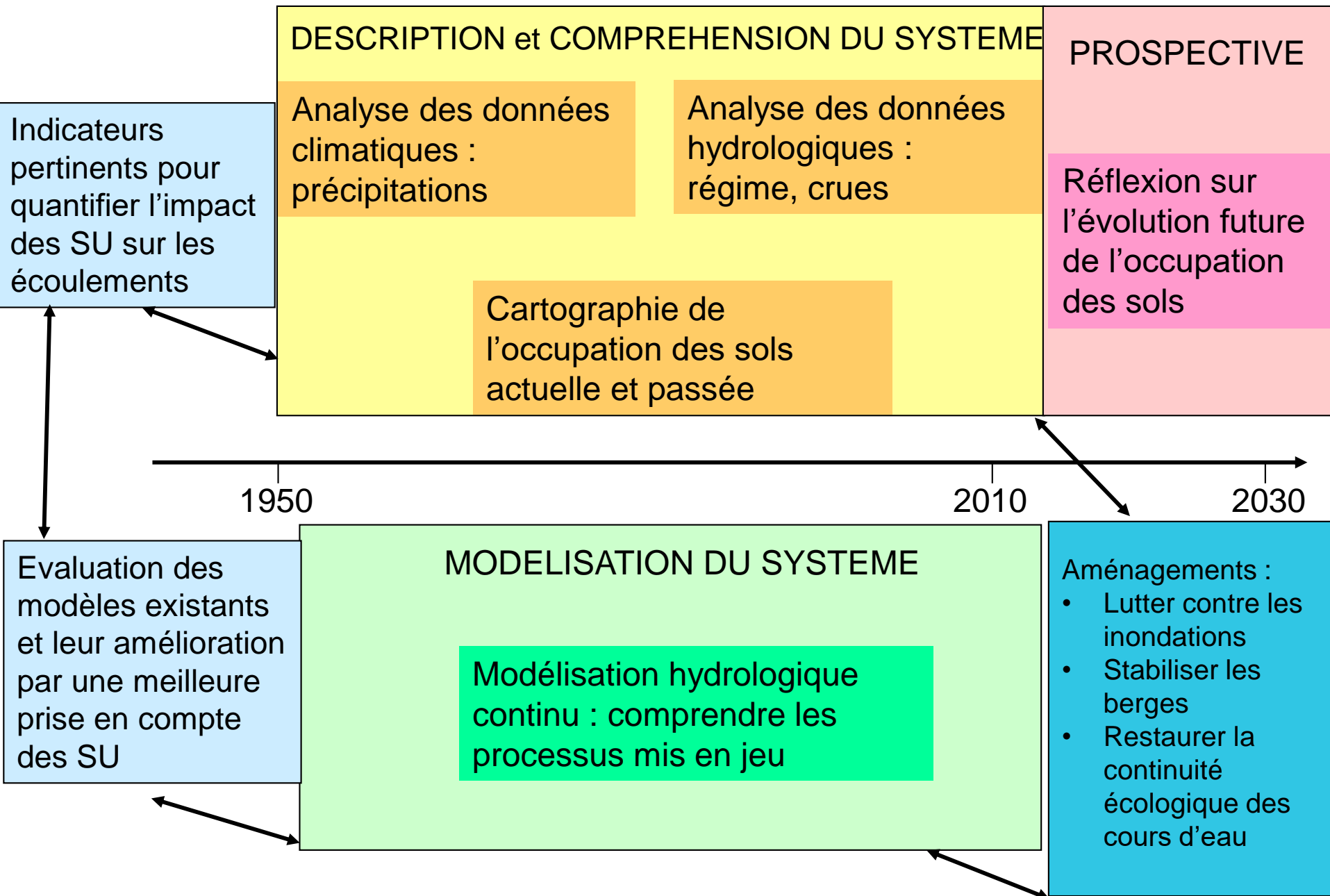
Les problèmes posés dans le bassin de l'Yzeron :

- Dégradation de la qualité de l'eau
- Erosion des berges et incision des lits des rivières
- **Inondations de + en + fréquentes depuis 1990**



- **Principales objectifs de cette étude :**
 - Mettre en place une stratégie d'observation permettant de décrire et de comprendre le cycle hydrologique et les chemins de l'eau dans le BV
 - Proposer des indicateurs pertinents pour quantifier l'impact de l'urbanisation sur les processus hydro-géomorphologiques de ce BV
 - Proposer des outils de modélisation hydrologique continus de ce bassin pour une meilleure compréhension des processus, actuels et passé, et pour faire des simulations dans le futur

Méthodologie





**1. Contexte de l'étude
Données**

**2. Caractéristiques
hydro-climatiques**

**3. Evolution de
l'occupation du sol
et Modèle J2000**

**4. Aménagements contre
les inondations**

Plan de la conférence

- 1. Terrain d'étude et données hydro-climatiques**
- 2. Caractéristiques hydro-climatiques**
- 3. Evolution de l'occupation du sol et son intégration dans le modèle hydrologique J2000**
- 4. Aménagements pour lutter contre les inondations**

Spécificités du Bassin versant de l'Yzeron

- Situation du bassin : W de Lyon
- Dénivelé : 750 m (162 m à 912 m au SW)
- Pentes > 10% pour la moitié du BV
- Sol et sous-sol : faible capacité de stockage
 - Amont : sol peu épais sur socle granitique
 - Aval : forte urbanisation qui augmente l'imperméabilisation
- Précipitations moyennes ~ 830 mm/an
- Occupation du sol à gradient très marqué de l'amont vers l'aval
- Population : 164 000 hab (80% dans les communes de l'aval)



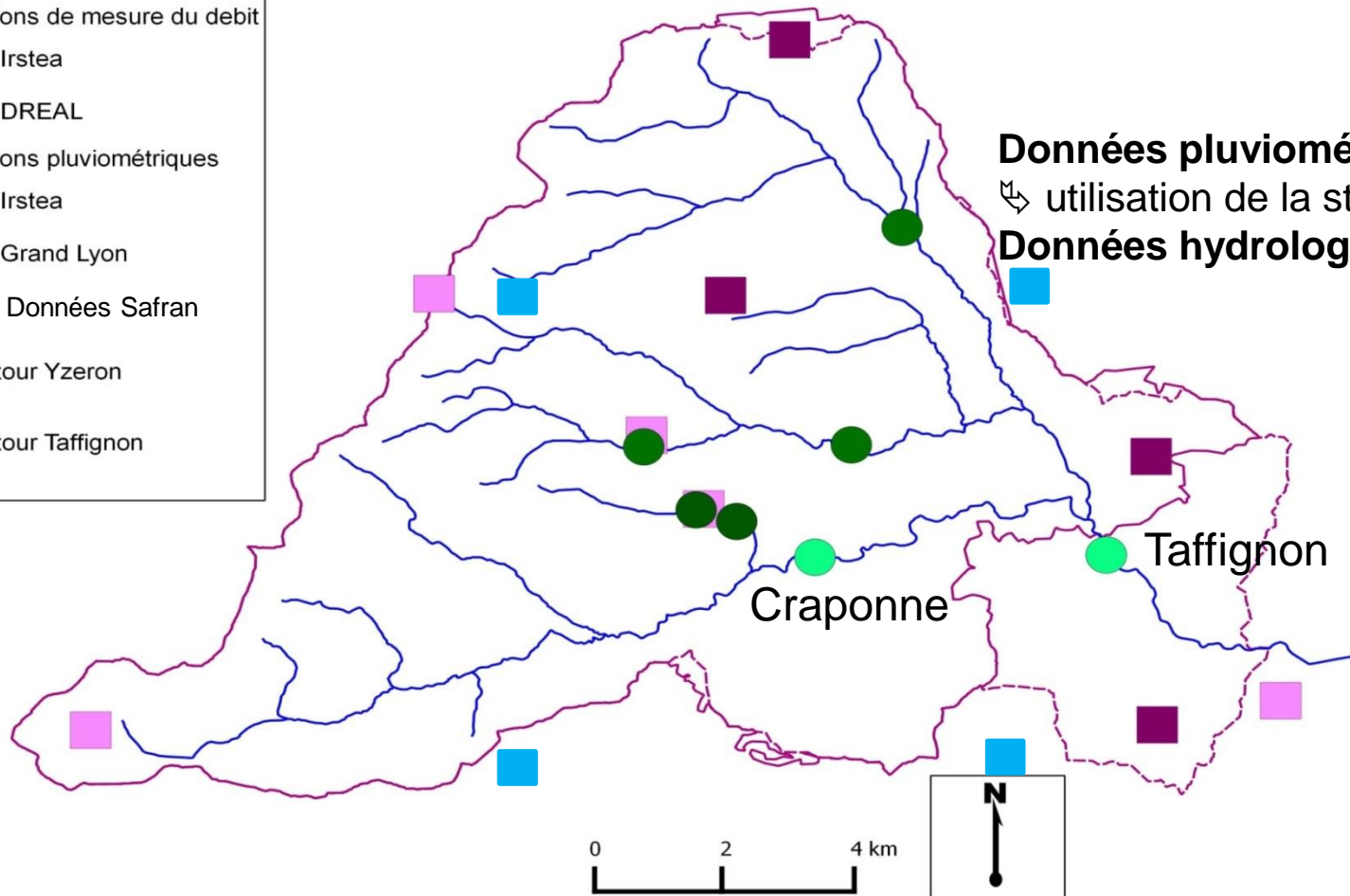
Les monts lyonnais avec forêts et agriculture



A l'aval, un environnement urbanisé (Oullins)
Source : Sagyrc

Données hydro-climatiques

Stations pluviométriques et hydrologiques dans le bassin versant Yzeron



Données pluviométriques : 14 à 27 ans

↪ utilisation de la station : **BRON**

Données hydrologiques : 10 à 50 ans



**1. Contexte de l'étude
Données**

**2. Caractéristiques
hydro-climatiques**

**3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000**

**4. Aménagements contre
les inondations**

1. Contexte de l'étude et Données hydro-climatiques

2. Caractéristiques hydro-climatiques

3. Evolution de l'occupation du sol et son intégration dans le modèle hydrologique J2000

4. Aménagements pour lutter contre les inondations



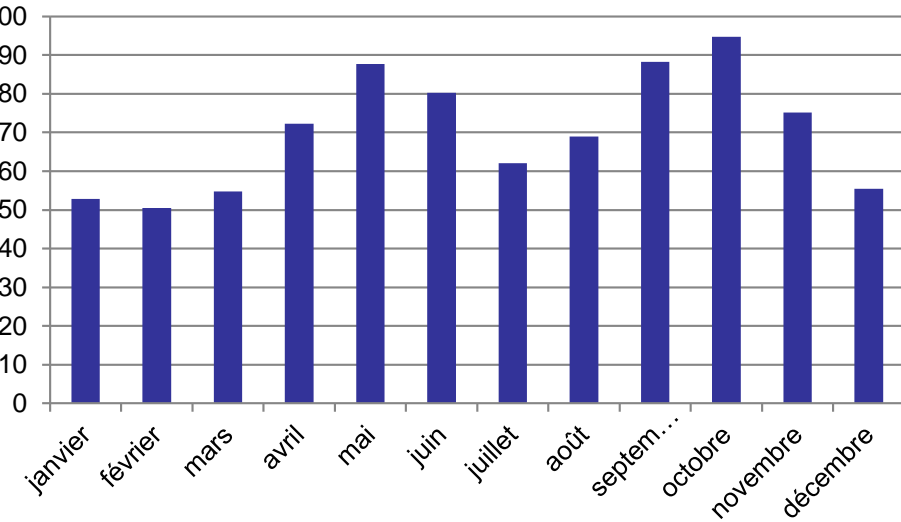
1. Contexte de l'étude Données

2. Caractéristiques hydro-climatiques

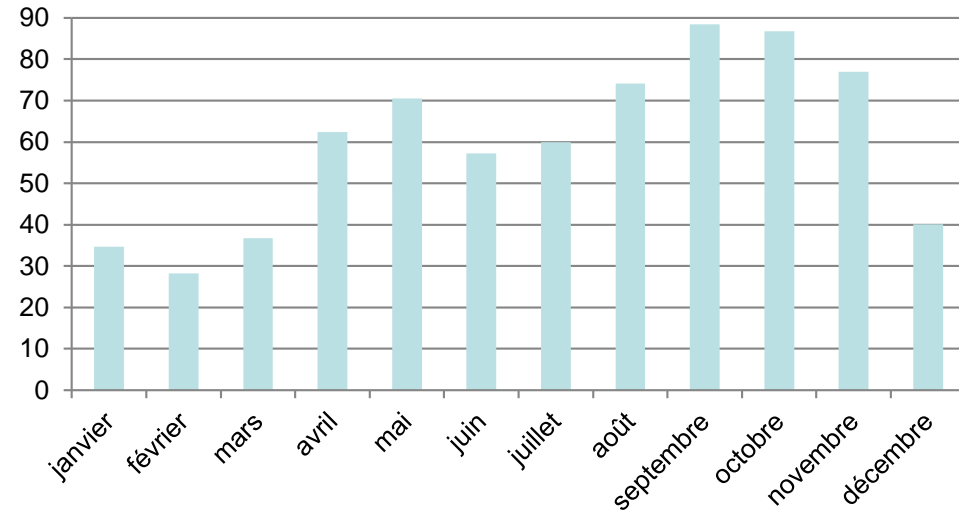
3. Cartographie de l'occupation du sol et Modèle J2000

4. Aménagements contre les inondations

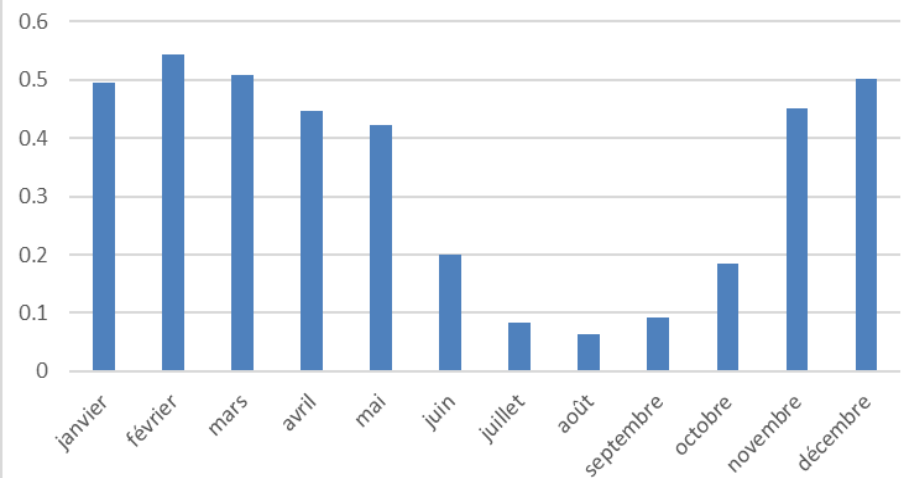
Précipitations moyennes mensuelles à Bron (1970-2010)



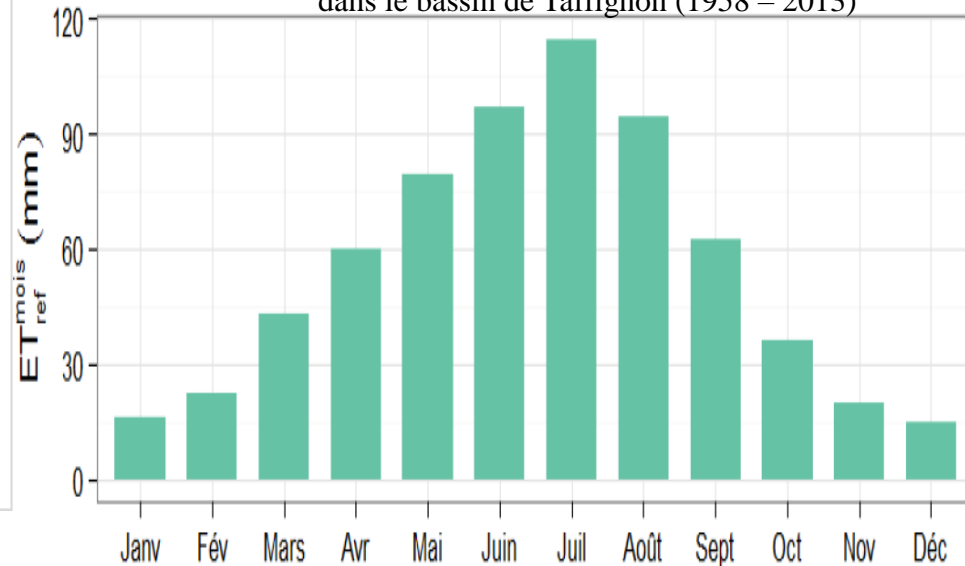
Précipitations moyennes mensuelles à Salvagny



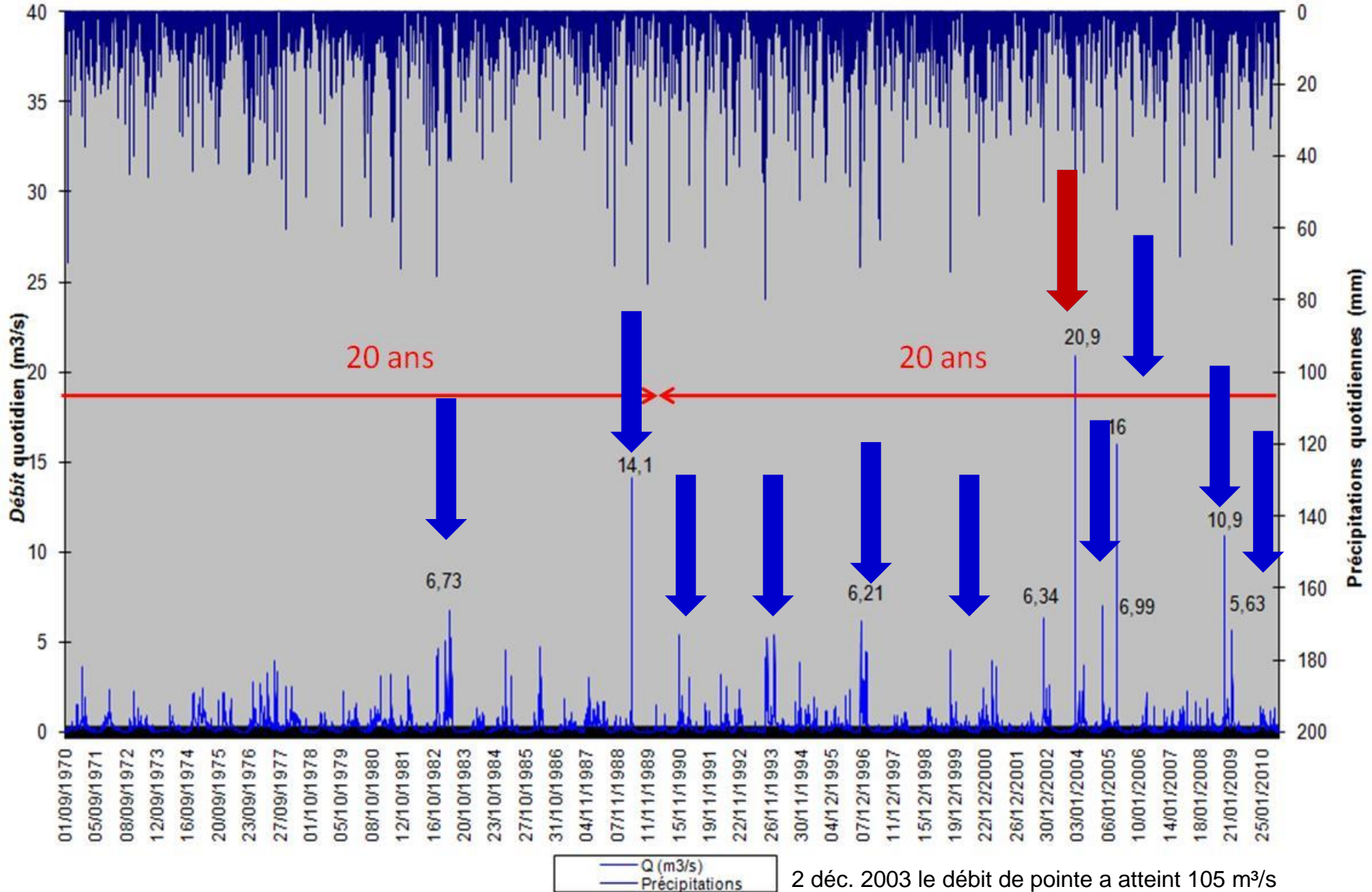
Débit moyen mensuel à Craponne (1970 - 2010)



Moyenne mensuelle de l'évapotranspiration de référence (ET_0) dans le bassin de Taffignon (1958 - 2013)



Précipitations à Bron et débit à Craponne entre 1970 et 2010





1. Contexte de l'étude Données

2. Caractéristiques hydro-climatiques

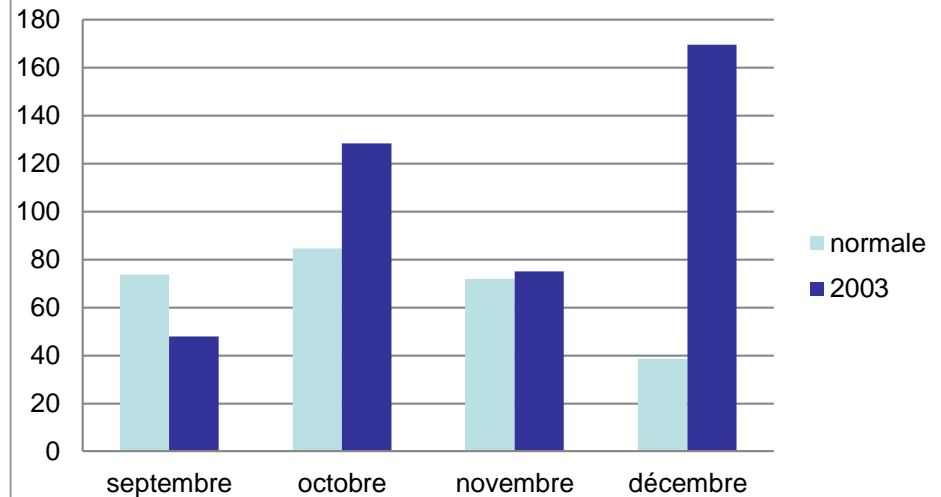
3. Cartographie de l'occupation du sol : récente et passée

4. Développement d'outils pour la modélisation

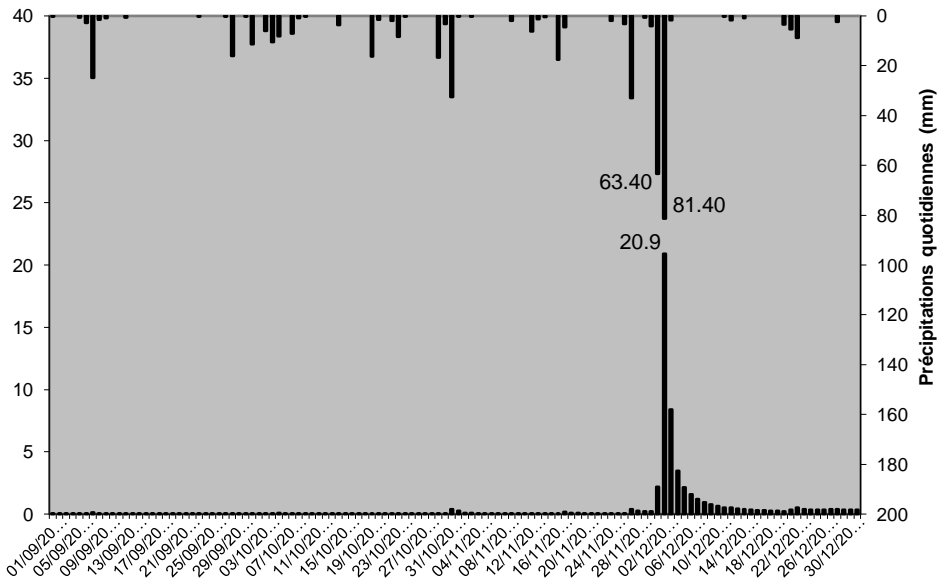
Précipitations moyennes mensuelles à Bron (normale et 2003)



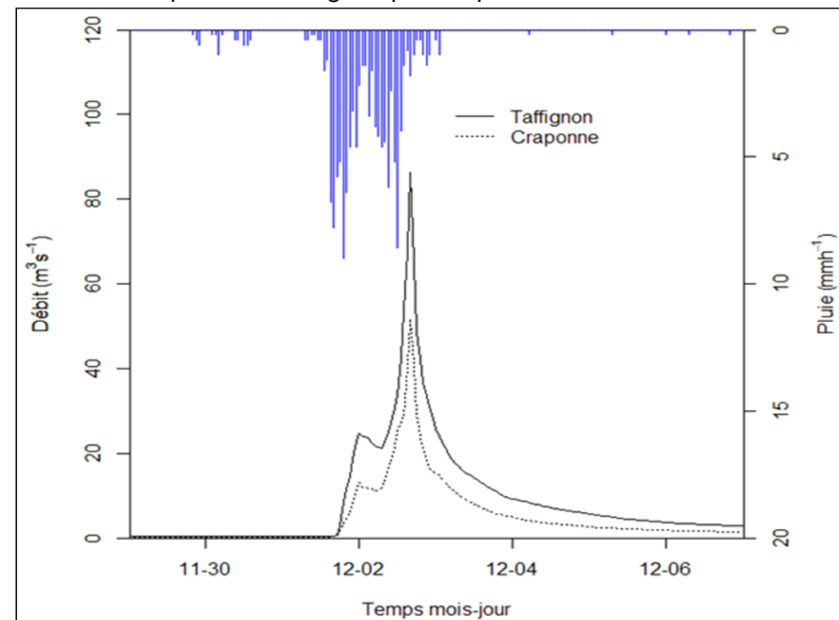
Précipitations moyennes mensuelles à Pressin (normale et 2003)

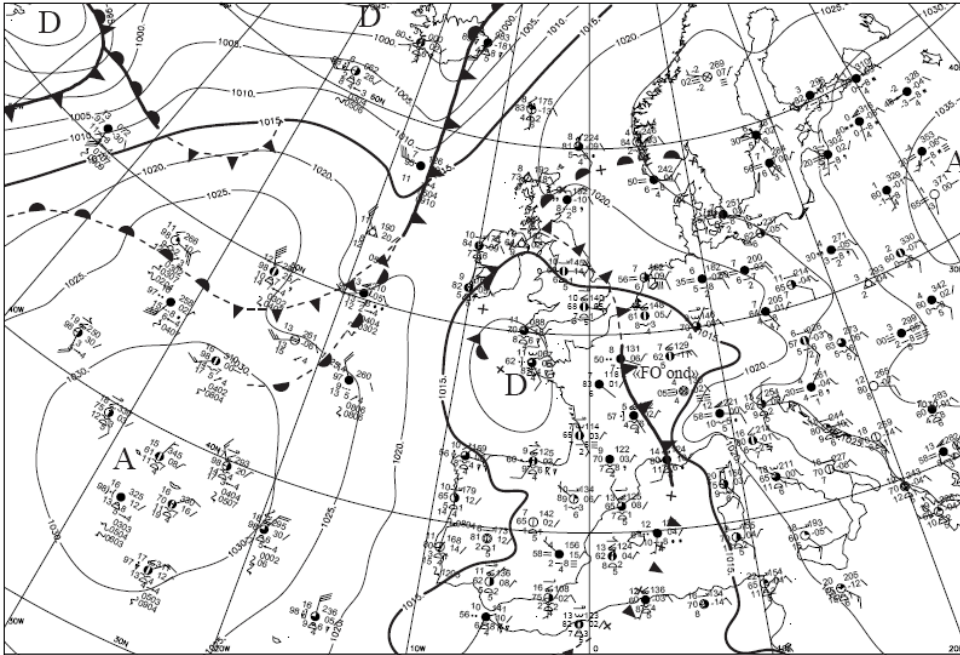


Précipitations de Pressin et Débit de Craponne

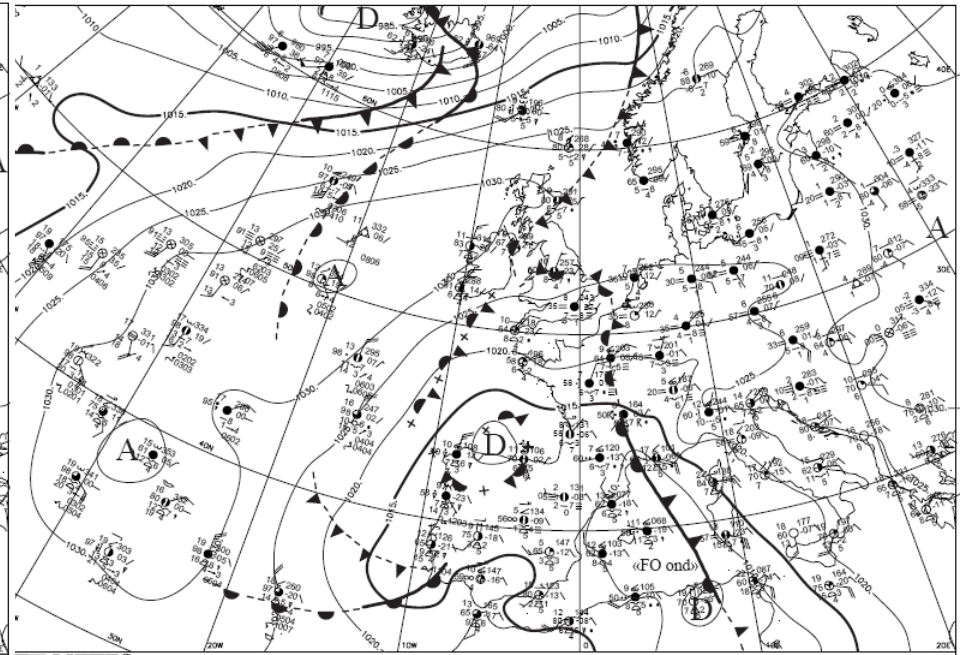


Pluie horaire à la station de Grézieu et débits horaires aux stations de Craponne et Taffignon pour l'épisode du 02/12/2003



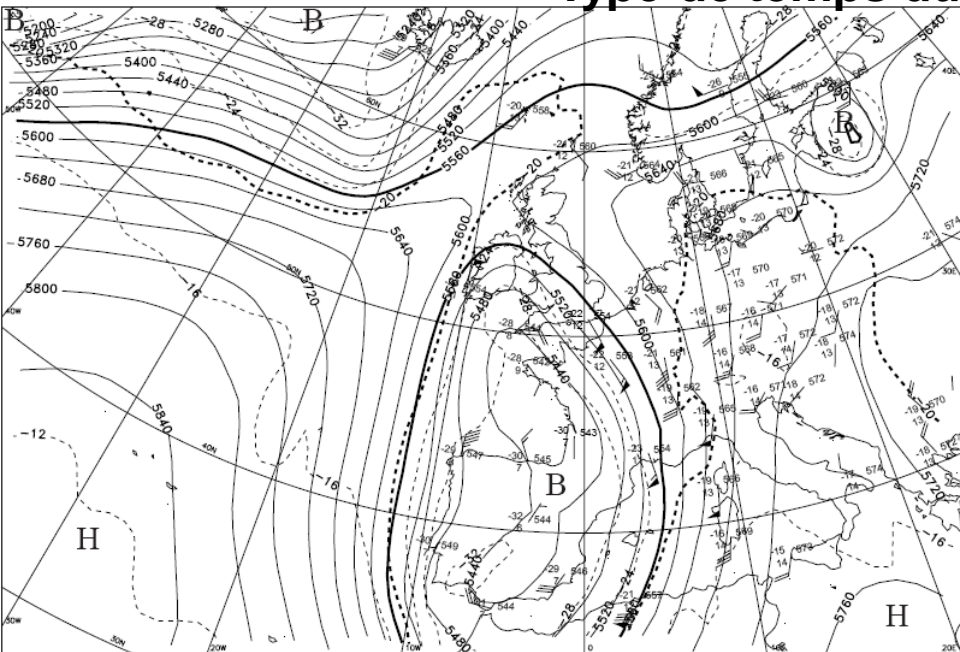


METEO FRANCE ANALYSE EN SURFACE DU MER 02/12/03 12UTC

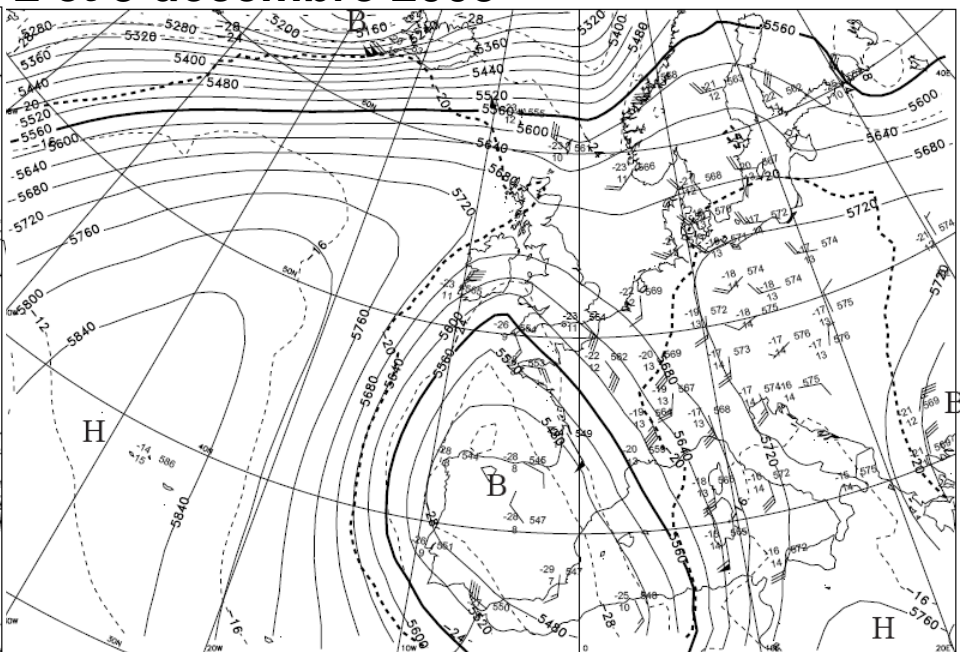


METEO FRANCE ANALYSE EN SURFACE DU MER 03/12/03 12UTC

Type de temps du 2 et 3 décembre 2003



METEO FRANCE ANALYSE A 500 hPa DU MAR 02/12/03 12UTC



METEO FRANCE ANALYSE A 500 hPa DU MER 03/12/03 12UTC



1. Contexte de l'étude
Données

2. Caractéristiques
hydro-climatiques

3. Cartographie de
l'occupation du sol :
récente et passée

4. Développement
d'outils pour la
modélisation

- Etude du régime hydro-climatique montre une forte augmentation des inondations depuis 1990
- Etude des précipitations sur la période 1970-2010 : pas de tendance significative à la hausse des pluies extrêmes sur 1, 3, 5, 10 jours
- Pas de tendance significative sur les pluies horaires
- En conclusion, le facteur pluviométrique seul ne permet pas d'expliquer les évolutions observées sur les débits

❖ Etude des liens entre climatologie et inondations
(Kermadi, S. et al, 2012, Revue *Climatologie*)





**1. Contexte de l'étude
Données**

**2. Caractéristiques
hydro-climatiques**

**3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000**

**4. Aménagements contre
les inondations**

1. Contexte de l'étude et Données hydro-climatiques

2. Caractéristiques hydro-climatiques

3. Evolution de l'occupation du sol et son intégration dans le modèle hydrologique J2000

4. Aménagements pour lutter contre les inondations



1. Contexte de l'étude
Données

2. Caractéristiques
hydro-climatiques

3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000

4. Aménagements contre
les inondations

Données pour la cartographie de l'occupation du sol

	L.	Méthodes de traitement d'images	R.
BDortho IGN mai 2008	Visible	Approche orientée objet (Matlab)	0.50 m
Image Quickbird août 2008	Vis + PIR	Approche orientée objet : masques paramètres spatiaux et spectraux : forme, taille couleur, indices IV, IT	2.44 m
Image Spot5 septembre 2008 Images Spot 4 : 1990 et 1999 Programme ISIS	Vis + PIR	Approche pixellaire (ENVI) : classification supervisée par maximum de vraisemblance : nouvelles images ACP, IB, IV, IT ...	2.50 m 10 à 20m

❖ Jacqueminet, Kermadi et al., 2013 : Comparaison de l'apport des différentes données, revue *Journal of Hydrology* 2013



1. Contexte de l'étude
Données

2. Caractéristiques
hydro-climatiques

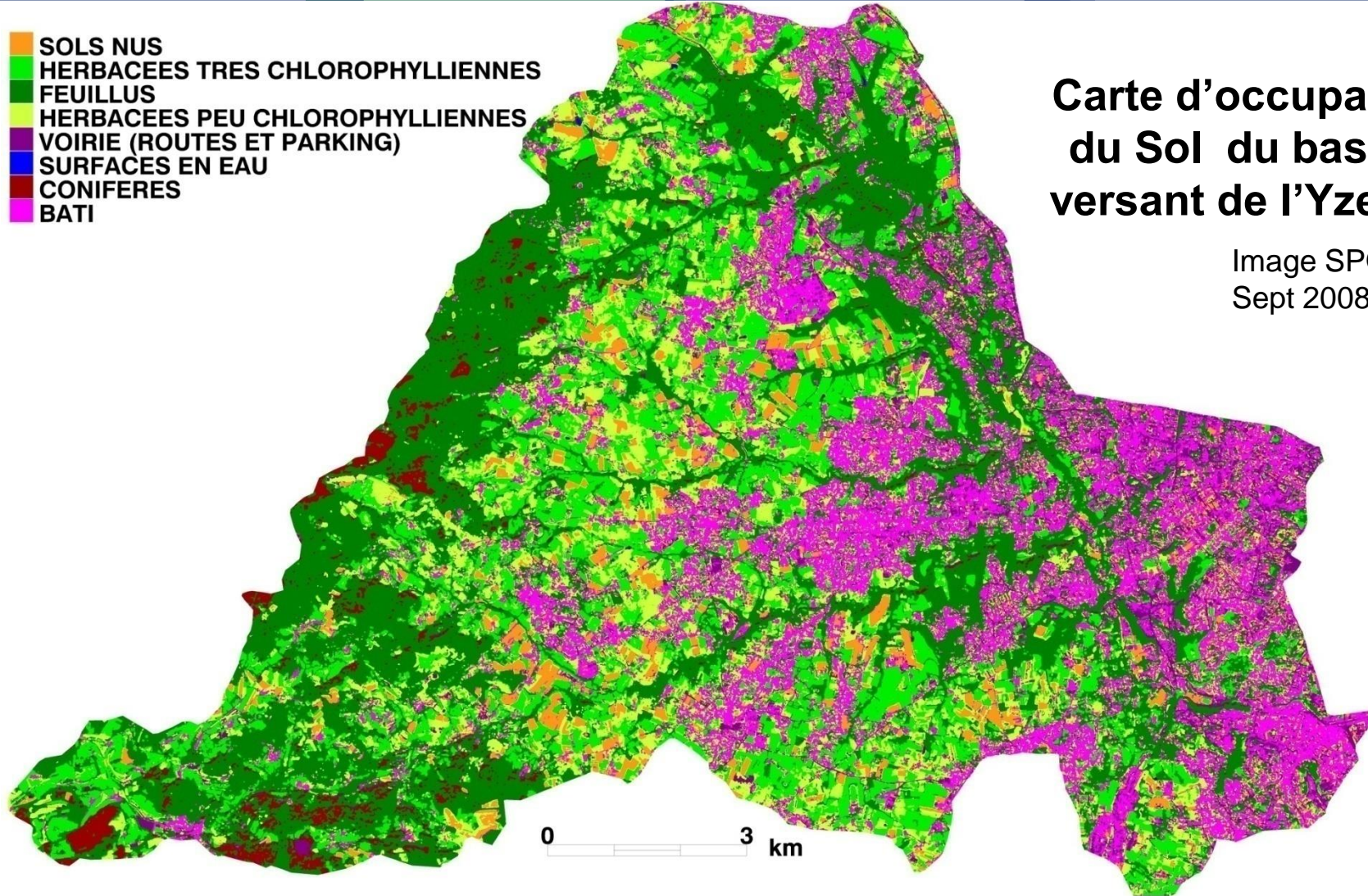
3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000

4. Aménagements contre
les inondations

- SOLS NUS
- HERBACEES TRES CHLOROPHYLLIENNES
- FEUILLUS
- HERBACEES PEU CHLOROPHYLLIENNES
- VOIRIE (ROUTES ET PARKING)
- SURFACES EN EAU
- CONIFERES
- BATI

Carte d'occupation du Sol du bassin versant de l'Yzeron

Image SPOT
Sept 2008



	SOLS A NU	HERBACEES TRES CHLOROPHYLLIENNES	FEUILLUS	HERBACEES PEU CHLOROPHYLLIENNES	SURFACES EN EAU	VOIRIE (ROUTES ET PARKING)	CONIFERES	BATI	TOTAL
SURFACE EN Km ²	8,55	29,96	48,79	24,44	0,02	8,21	3,16	25,22	148,34
SURFACE EN %	5,8%	20,2%	32,9%	16,5%	0,0%	5,5%	2,1%	17,0%	100%



1. Contexte de l'étude
Données

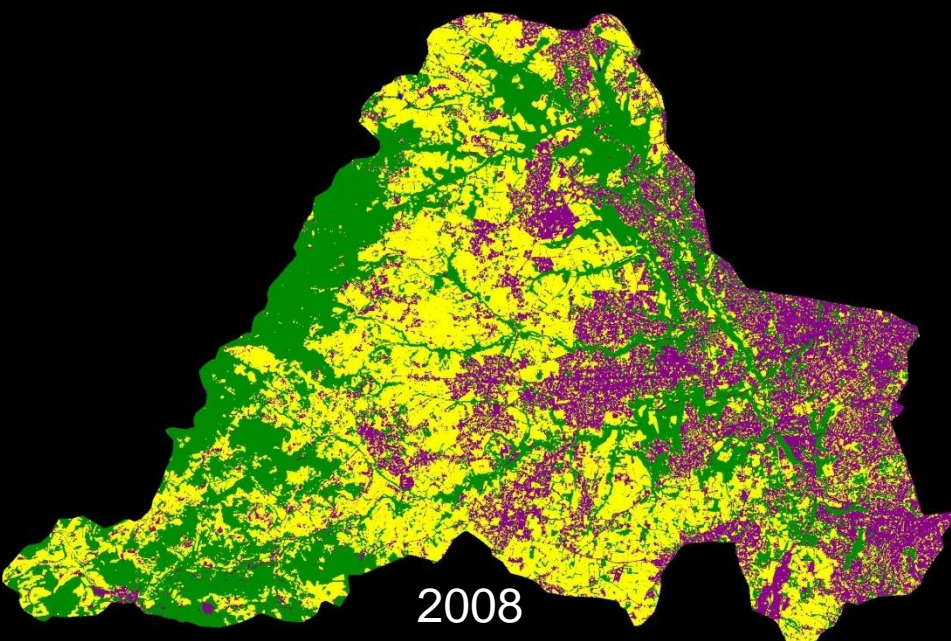
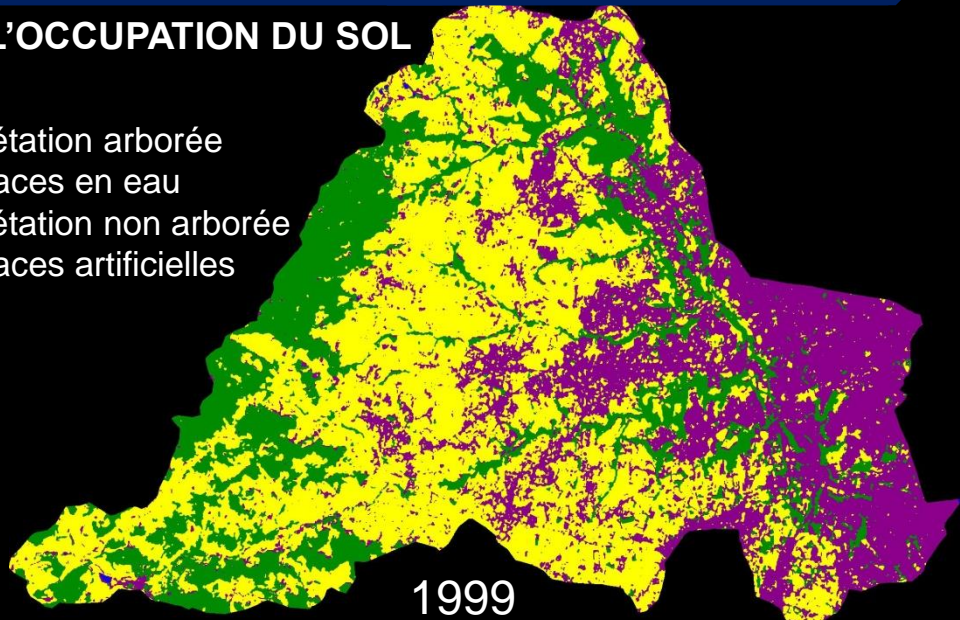
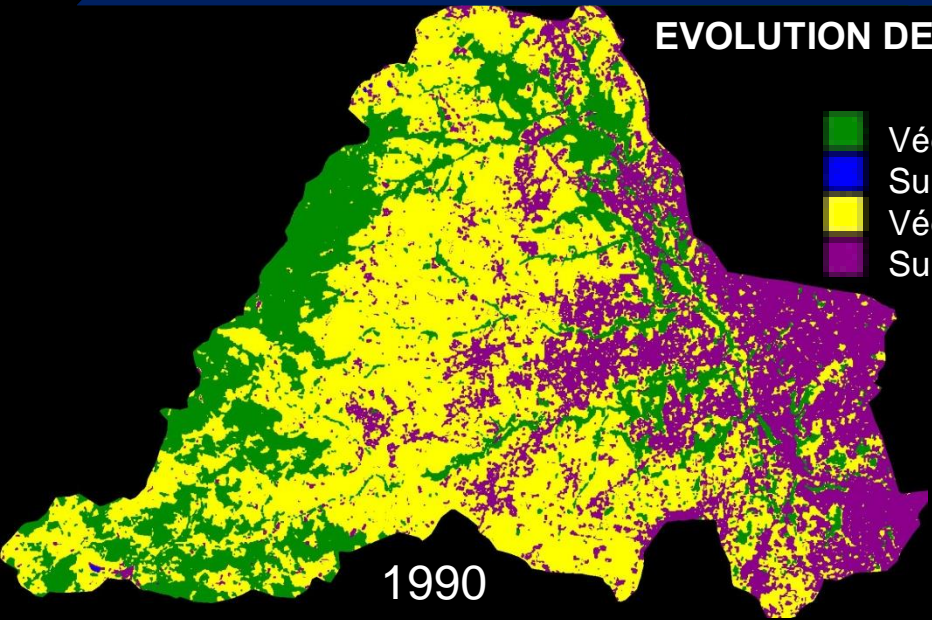
2. Caractéristiques
hydro-climatiques

3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000

4. Aménagements contre
les inondations

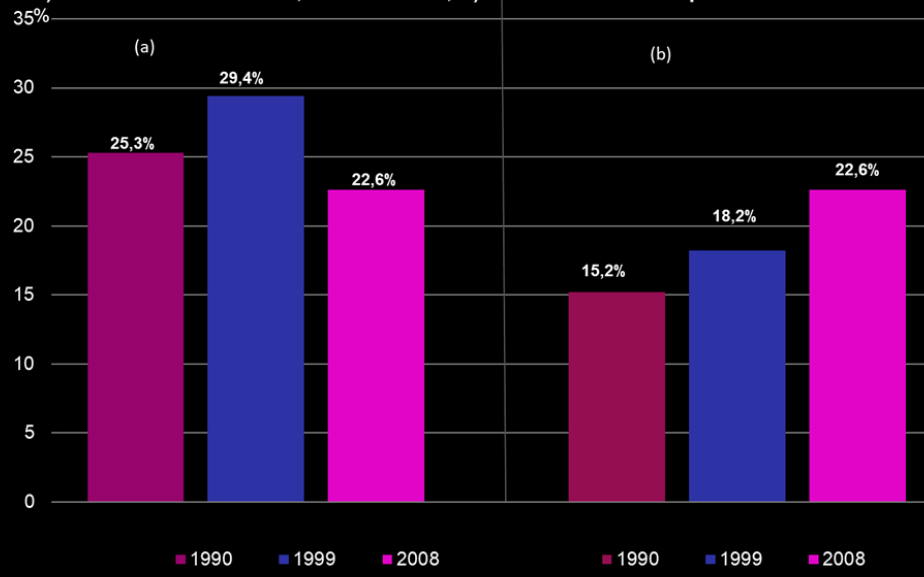
EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

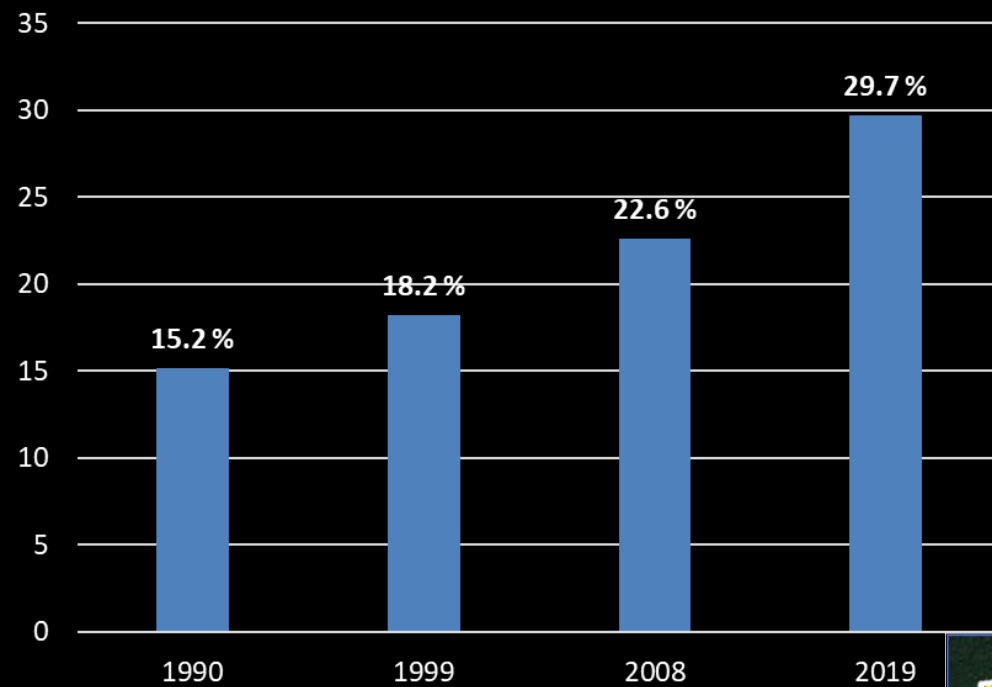
- Végétation arborée
- Surfaces en eau
- Végétation non arborée
- Surfaces artificielles



Superficie des surfaces artificielles :

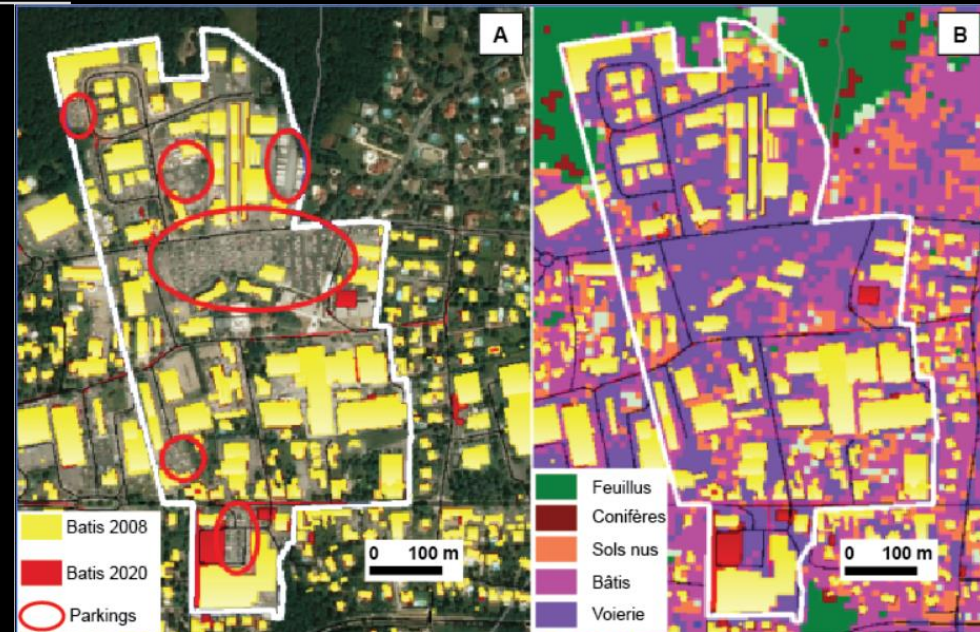
a) valeurs brutes en 1990, 1999 et 2008 ; b) valeurs reclassées par arbre décisionnel





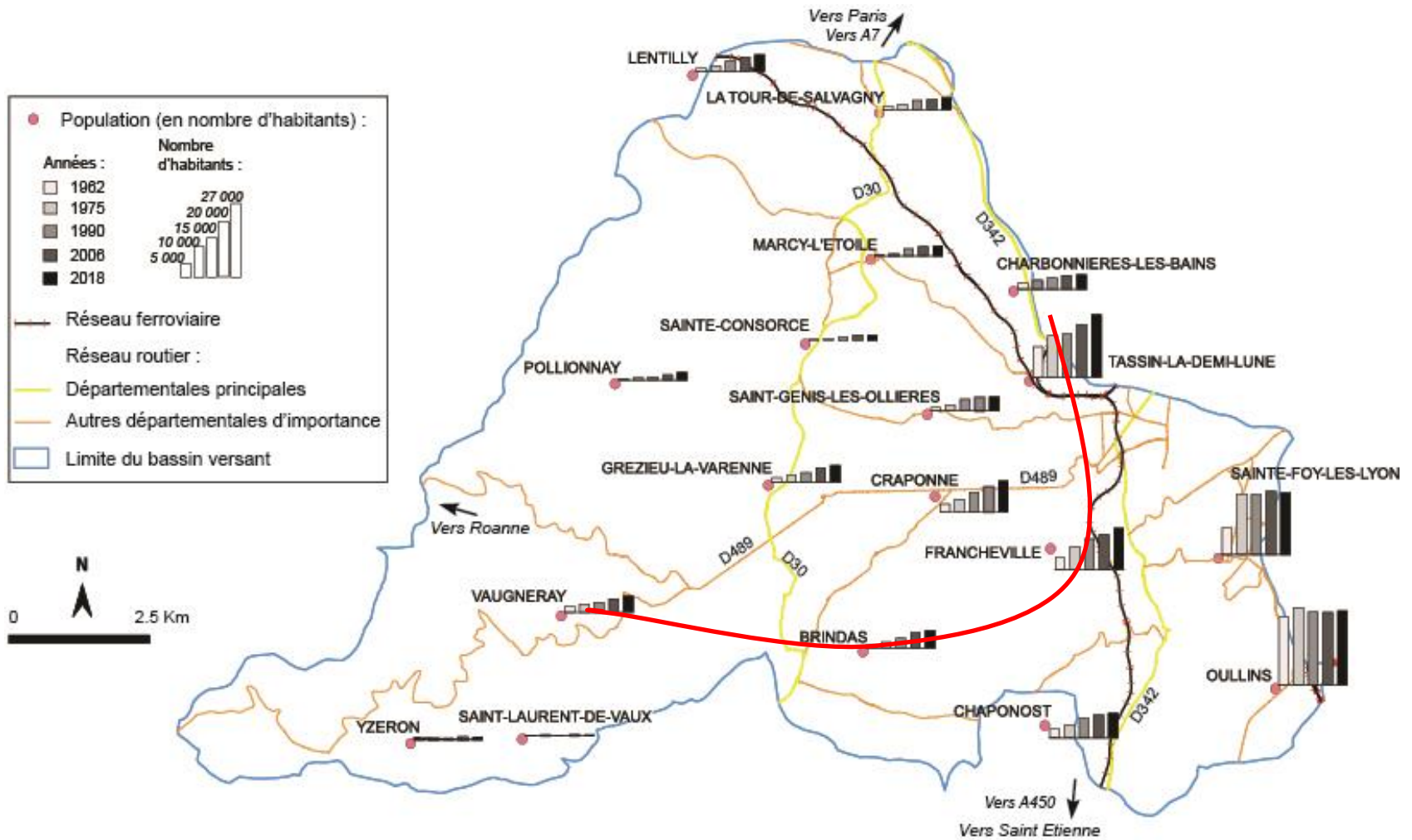
Évolution des surfaces artificielles du bassin de l'Yzeron entre 1990 et 2019

Occupation du sol dans le Site Biomérieux - Craponne :
A - BD TOPO (R :0.5 m) ; B - Image Sentinel 2A (R : 10 m)



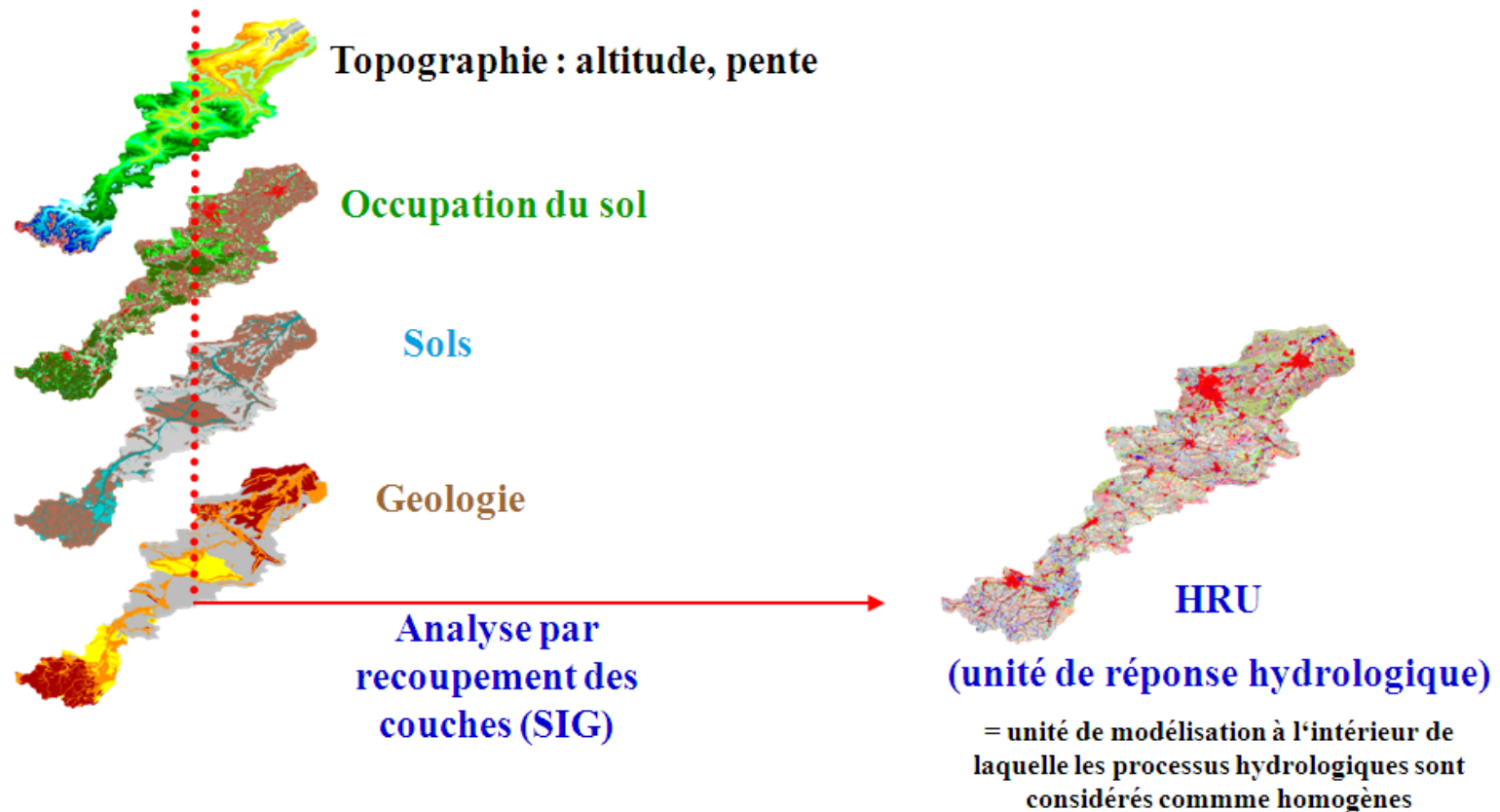
La mise à jour de la carte d'occupation des sols de 2019 est présentée dans les Actes de ce colloque. Acte réalisé en collaboration d'Hervé Parmentier (UMR 5600 EVS) et de Thibault Hours (SAGYRC)

Évolution de la population du bassin de l'Yzeron entre 1962 et 2018



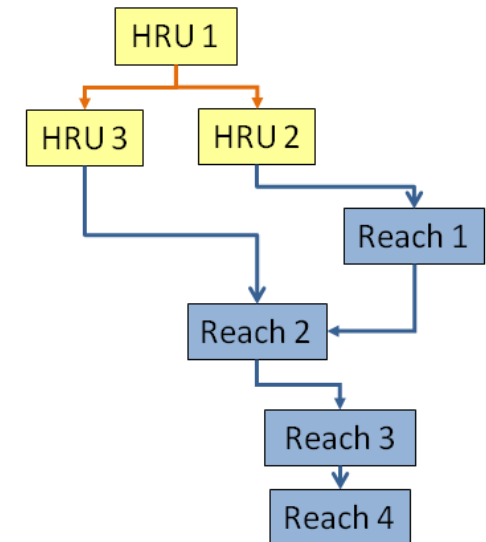
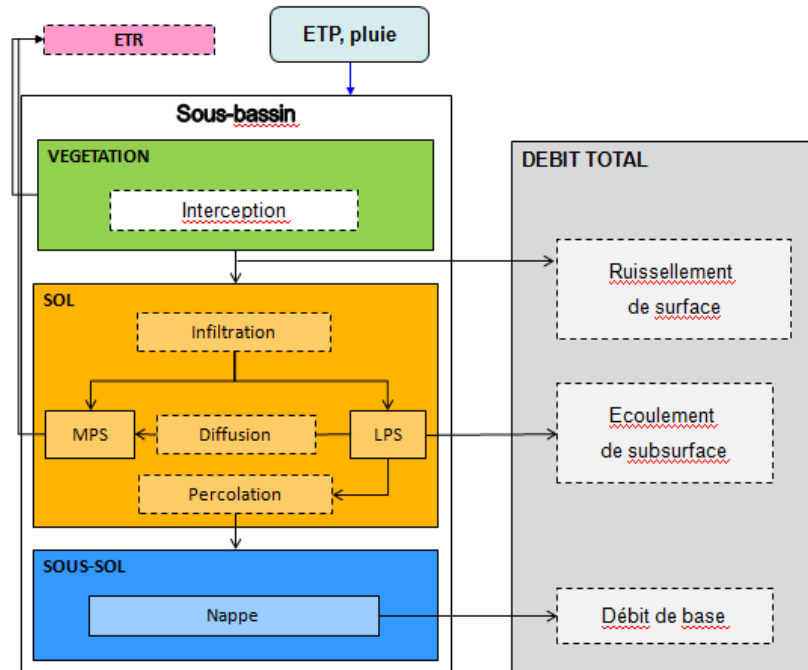
Source : Données INSEE, "evolution of the population in the catchment cities" (1962-2006), and census 2008 et 2018 ; Mise à jour : H.Parmentier, UMR 5600 EVS, ENS de Lyon, le 08/02/2021.

- **Le modèle J2000** (Krause et al., 2006 Univ de Jena, Allemagne)
 - Modèle hydrologique conçu à l'origine pour des grands bassins ruraux
 - Modèle distribué en HRU (Flügel, 1995)



Le modèle J2000 (Krause et al., 2006 Univ de Jena, Allemagne)

- Modèle hydrologique conçu à l'origine pour des grands bassins ruraux
- Modèle distribué en HRU (unité hydrologiquement homogène) (Flügel, 1995)
- Modèle à réservoirs, basé sur une approche physique pour simuler les processus hydrologique
- Dans chaque HRU, les paramètres sont définis en fonction de l'interception de la végétation, de l'infiltration en fonction de la porosité du sol et de l'écoulement dans la nappe



→ Ecoulements produits sont routés de HRU en HRU puis dans le réseau hydrographique pour rejoindre l'exutoire

● Application de J2000 sur le bassin versant de l'Yzeron

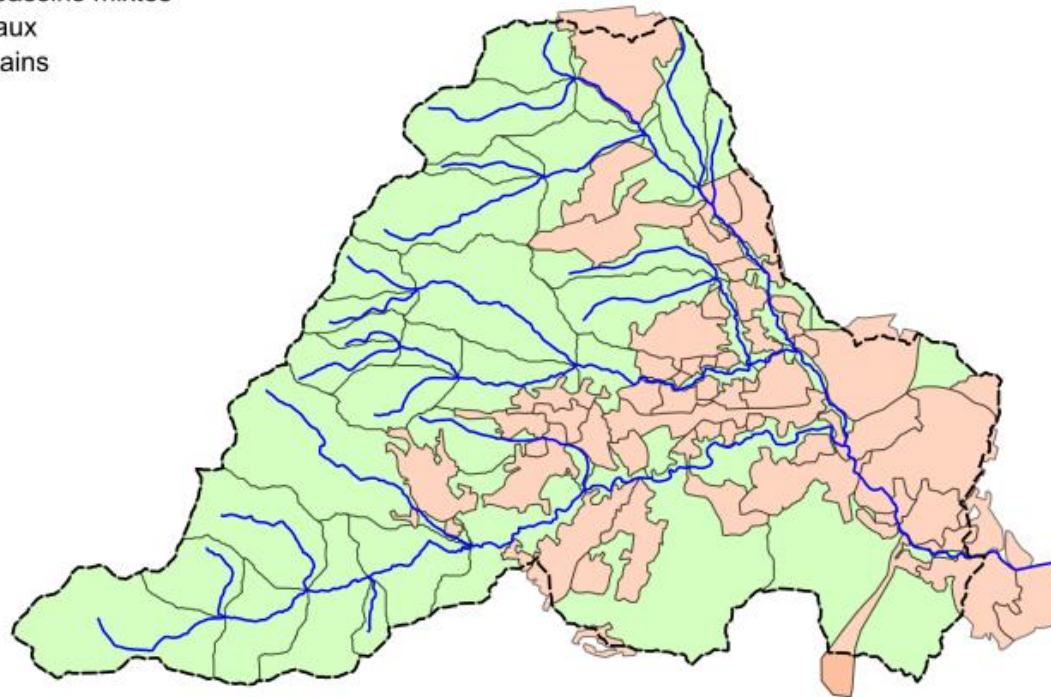
- Découpage en HRU (sous bassins versants) en se basant sur :
 - BD Carthage : SS BV ruraux
 - Réseau d'assainissement : SS BV urbains
- ➔ 103 ss bv (63 urbains)

— réseau hydrographique

Sous-bassins mixtes

■ ruraux

■ urbains



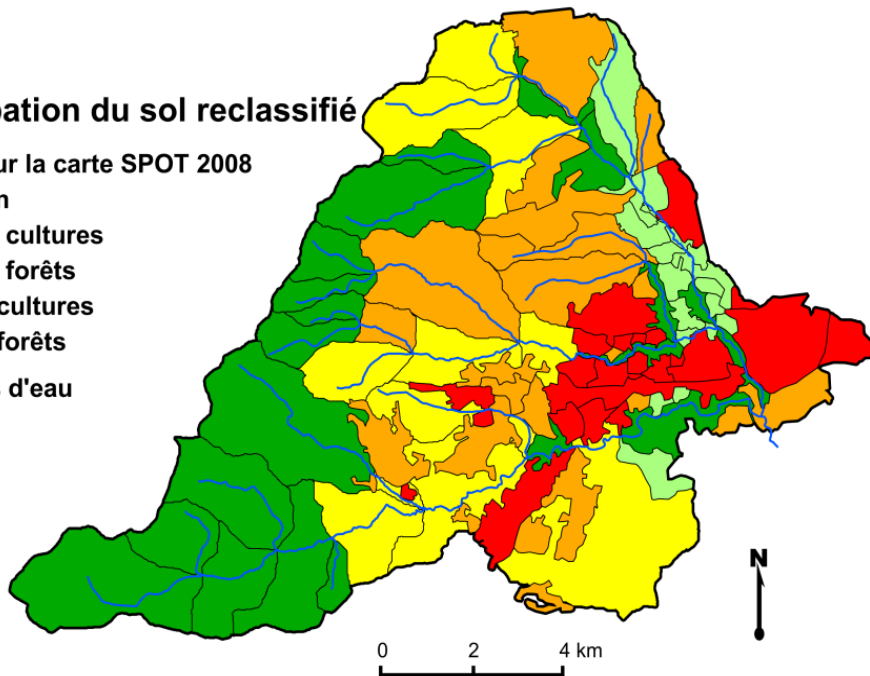
● Application de J2000 sur le bassin versant de l'Yzeron

- Découpage en HRU (sous bassins versants) en se basant sur :
- Paramétrisation de l'occupation du sol de 2008 : 5 classes en fonction
 - Taux des surfaces imperméables
 - Dominance du couvert végétal (culture ou forêt)

Occupation du sol reclassifié

basée sur la carte SPOT 2008

- urbain
- mixte cultures
- mixte forêts
- rural cultures
- rural forêts
- cours d'eau



C 1 urbain : urbain \geq 50% \Leftrightarrow **zone imperméable**

C 2 mixte-rural : $10 \leq$ urbain $<$ 50% + maj cult \Leftrightarrow **moyennement perméable**

C 3 mixte-forêt : $10 \leq$ urbain $<$ 50% + maj forêt \Leftrightarrow **moyennement perméable**

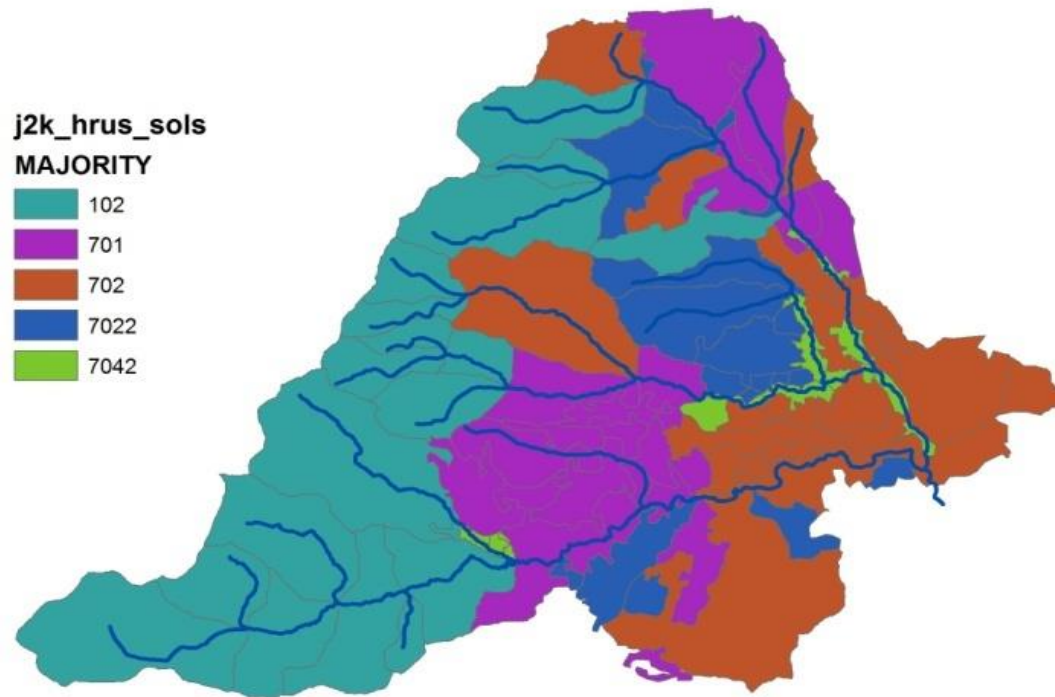
C 4 rural-culture : urbain $<$ 10% + maj cult \Leftrightarrow **zone perméable**

C 5 rural-forêt : urbain $<$ 10% + maj forêt \Leftrightarrow **zone perméable**

- **Application de J2000 sur le bassin versant de l'Yzeron**

- Découpage en HRU en se basant sur la topographie et le réseau d'assainissement
- Paramétrisation de l'occupation du sol

- Paramétrisation du sol en 5 classes (basée sur la BD DONESOL)



Carte de sol simplifiée pour J2000



1. Contexte de l'étude
Données

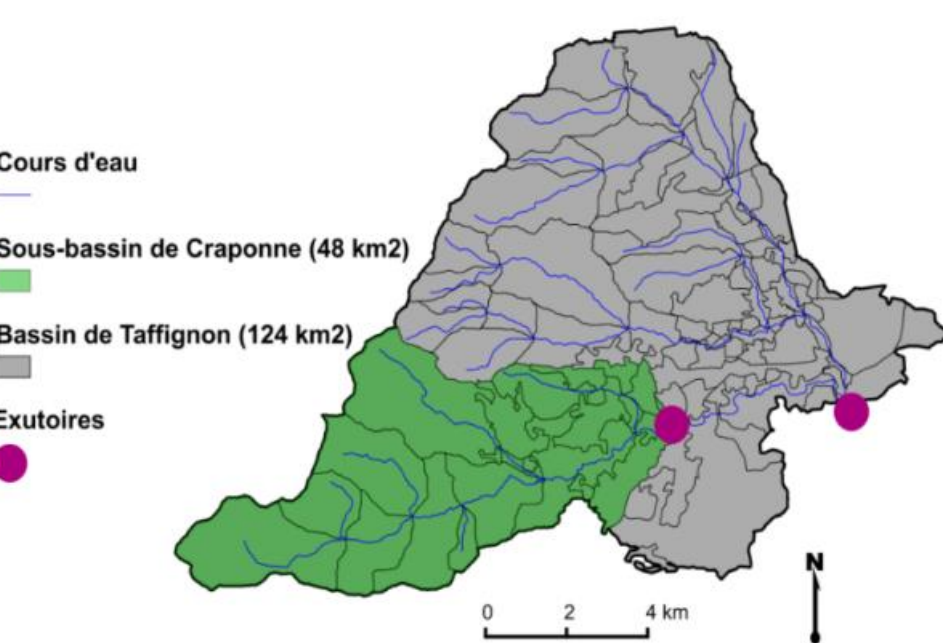
2. Caractéristiques
hydro-climatiques

3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000

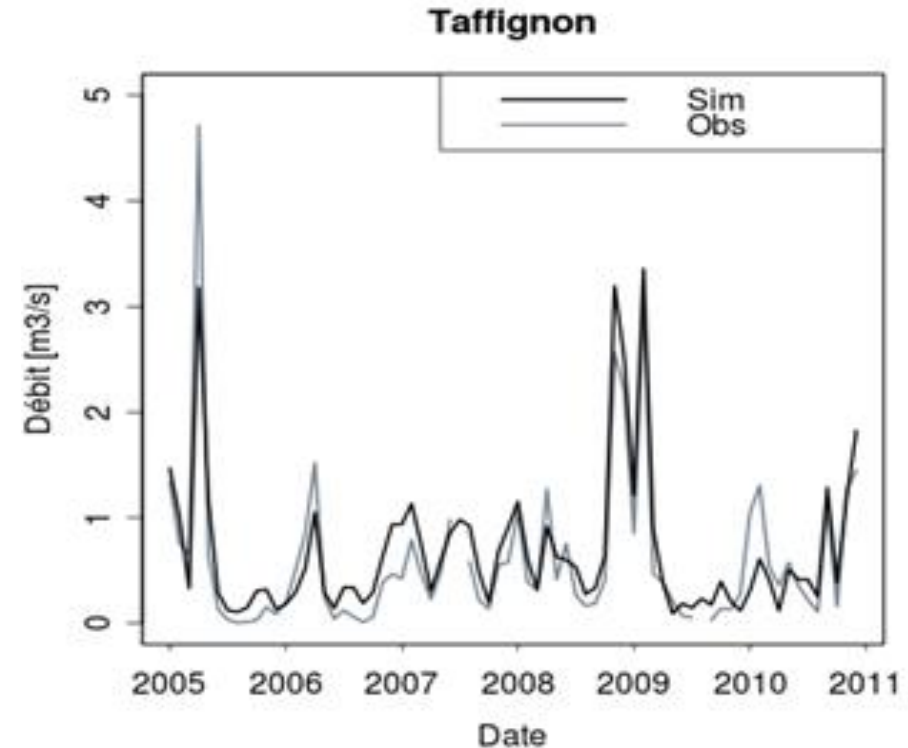
4. Aménagements contre
les inondations

- **Application de J2000 sur le bassin versant de l'Yzeron**
 - Découpage en HRU en se basant sur la topographie et le réseau d'assainissement
 - Paramétrisation de l'occupation du sol
 - Paramétrisation du sol
 - Données climatiques : ETP et pluie journalière de 1997 à 2010

1ers Résultats des simulations dans le sous-bassin versant de Taffignon : Image de 2008



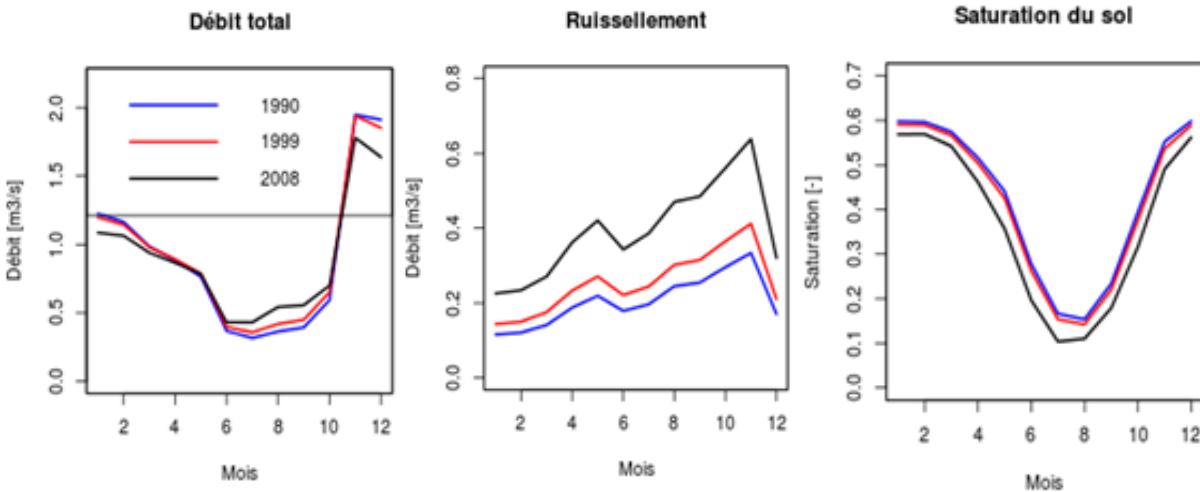
Débits moyens mensuels observés et simulés avec le modèle J2000





2èmes Résultats des simulations en fonction :

- Evolution de l'occupation du sol 1990, 1999 et 2008
- Précipitations et ETP : moyenne mensuelle de 1997 à 2010



- Débit total : scénario des 3 courbes est relativement semblable
 - Ruissellement important en 2008 (saison chaude)
 - Saturation faible en 2008
- ↪ Le ruissellement important de 2008 => pluies intenses

Conclusion :

L'augmentation des crues dans le bassin versant ne peut pas s'expliquer, seulement, par les précipitations intenses mais également par une augmentation des SA => augmentation des ruissellement

❖ Kermadi S., Labbas M., Branger F., Braud I., 2015, Apports de la modélisation distribuée horaire dans la compréhension du cycle hydrologique du bassin versant périurbain : Yzeron – ouest lyonnais, Actes de colloque de AIC

❖ Meriem Labbas 2014, Thèse, Modélisation hydrologique de bassins versants périurbains et influence de l'occupation du sol et de la gestion des eaux pluviales : Application au bassin de l'Yzeron (130 km²) »



EVS
Évaluation des
Vulnérabilités
Sociétales

**1. Contexte de l'étude
Données**

**2. Caractéristiques
hydro-climatiques**

**3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000**

**4. Aménagements contre
les inondations**

1. Contexte de l'étude et Données hydro-climatiques

2. Caractéristiques hydro-climatiques

3. Evolution de l'occupation du sol et son intégration dans le modèle hydrologique J2000

4. Aménagements hydrauliques pour lutter contre les inondations



1. Contexte de l'étude
Données

2. Caractéristiques
hydro-climatiques

3. Cartographie de
l'occupation du sol
et Modèle J2000

4. Aménagements contre
les inondations

Aménagements hydrauliques à plusieurs niveaux et à plusieurs échelles => SAGYRC :

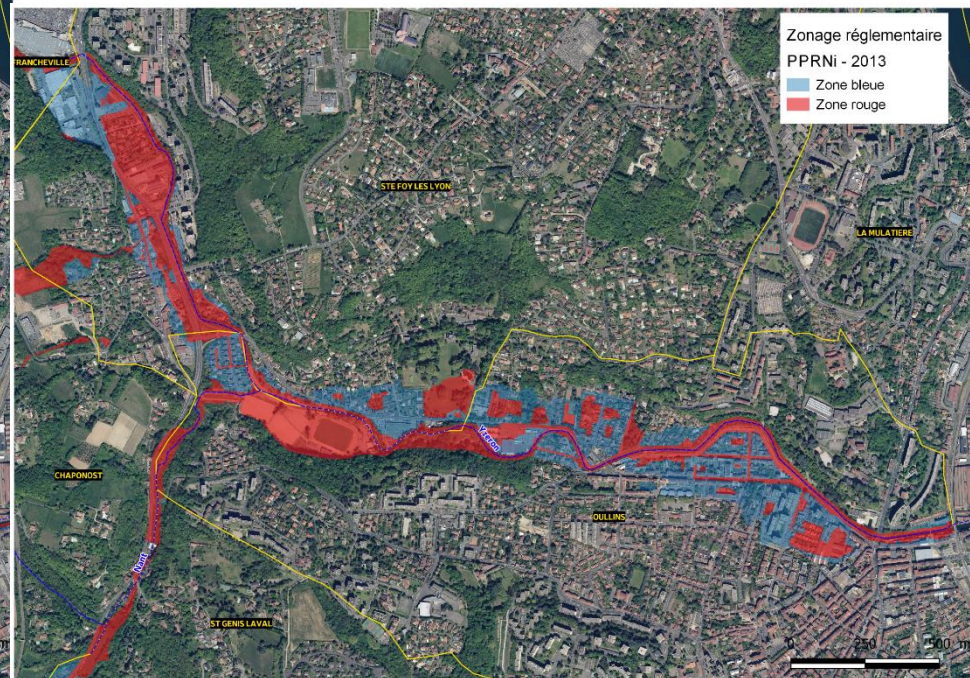
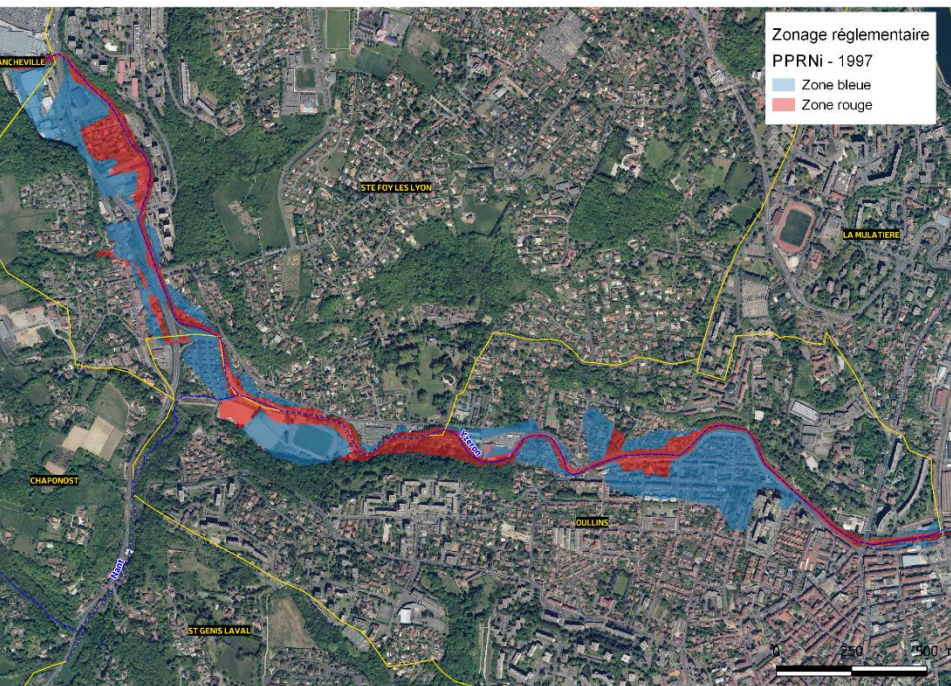
1. Mise à jour de la cartographie des zones inondables

2. Aménagements à l'échelle local

3. Aménagements de grandes envergures dans le bassin :




La partie Aménagements proposés dans ce colloque a été réalisée en collaboration de Thibault Hours (SAGYRC) et d'Hervé Parmentier (UMR 5600 – EVS)

1. Mise à jour de la cartographie des zones inondables en 2013 en se basant sur les inondations récentes : 2003, 2005, 2008
2. Aménagements à l'échelle local



3. Aménagements de grandes envergures dans le bassin :

Les aménagements prévus à l'échelle du bassin versant

-  Des élargissements de lit pour écouler sans débordements une crue trentennale (niveau de la crue de 2003) en aval de la confluence Yzeron/Charbonnières et une crue centennale en amont de la confluence
-  La création de deux retenues sèches (appelées aussi barrages écrêteurs) à Tassin et Francheville pour stocker momentanément les eaux d'une crue trentennale jusqu'à une crue centennale
-  Des bassins rétention des eaux pluviales et des eaux usées

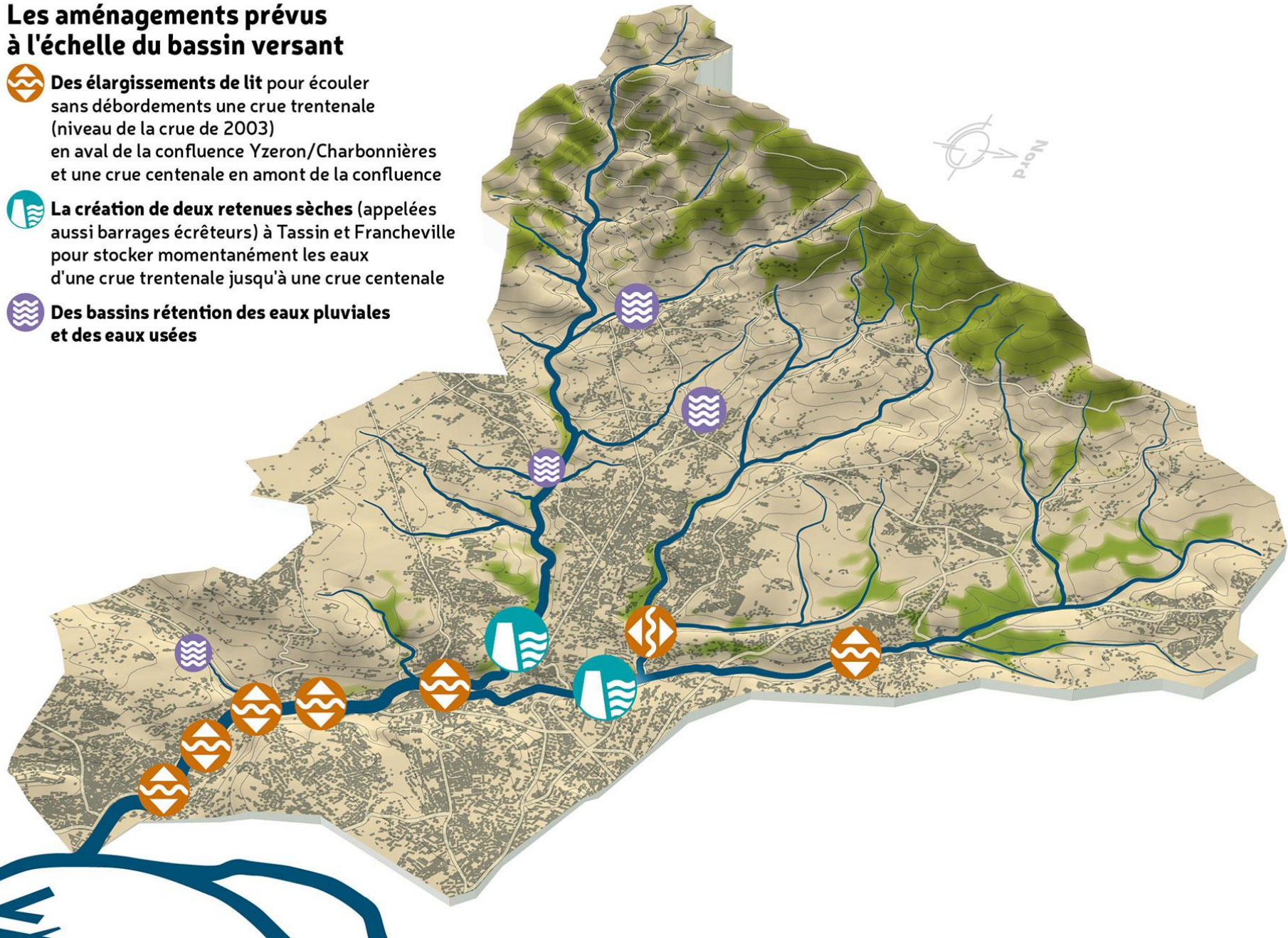
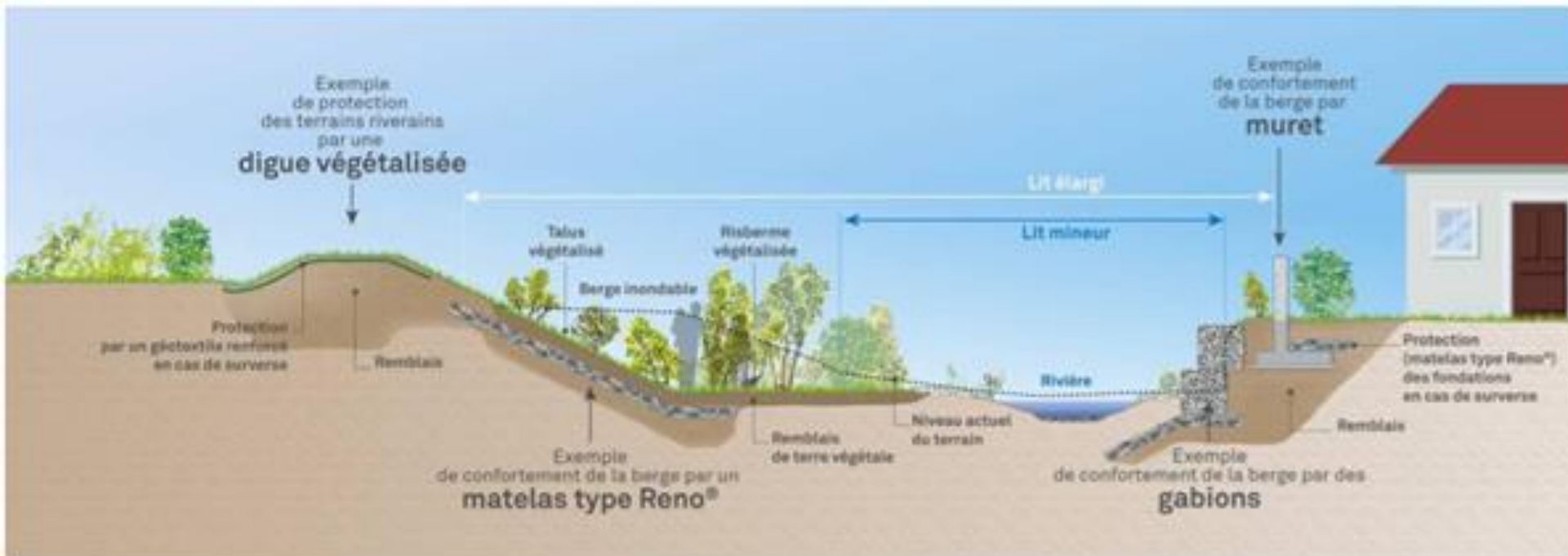


Illustration de quelques exemples d'aménagement : élargissement des lits des cours d'eau

Coupe type des principes d'aménagements et de protections des cours d'eau

Source : SAGYRC – ACB PAPI Yzeron – 2012



Élargissement des lits des cours d'eau + végétalisation des berges => restauration des milieux aquatiques dans l'Yzeron et ses affluents



Source : SAGYRC

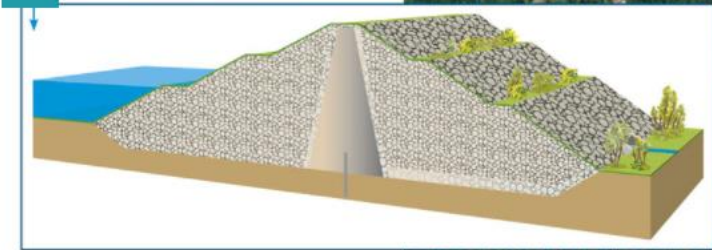
© SAGYRC 2017

Illustration de quelques exemples d'aménagement

Retenues sèches

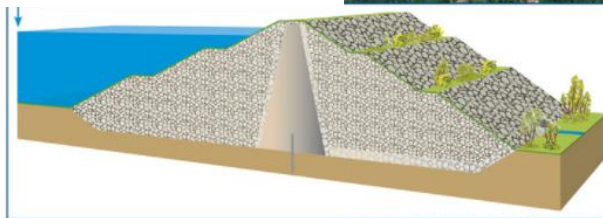
CRUE DÉCENNALE

Hauteur d'eau : 9 m



CRUE CENTENNALE

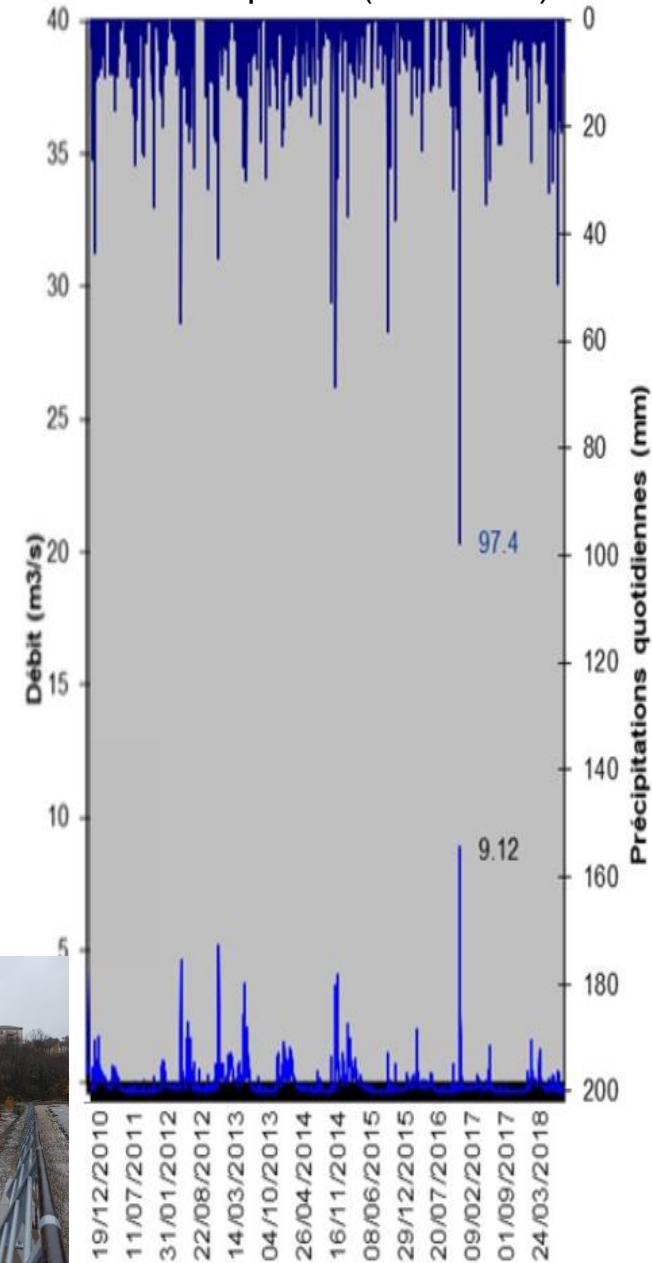
Hauteur d'eau : 19 m



Conclusion

- Meilleure connaissance géographique et hydrologique de ce bassin périurbain
- Résultats encourageants de la modélisation
 - Accord satisfaisant entre débits simulés et observés
 - Mise en évidence des changements des écoulements en lien avec l'évolution de l'urbanisation
- Aménagements cohérents pour l'intégralité du BV
- 1ère partie d'aménagement => efficacité face à la crue de novembre 2016
- 2ème partie d'aménagement => crues centennales

Précipitations à Pollionnay et débit à Craponne (2010 – 18)



Boulevard de l'Yzeron à Oullins
Avant, après les aménagements et pendant la crue de novembre 2016
Source : SAGYRC



Merci pour votre attention

Saida.kermadi@univ-lyon.fr