

# Forêt et recharge sédimentaire des rivières torrentielles



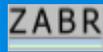
## Le bassin versant de l'Ouvèze et la problématique sédimentaire



Norbert Landon (1) et Félicien Charrier (2)

(1) Université de Lyon, UMR5600 du CNRS

(2) Syndicat Ouvèze Vive



Journée technique, d'information et d'échanges  
du 16 novembre 2010 à Luc en Diois



# Le bassin versant de l'Ouvèze

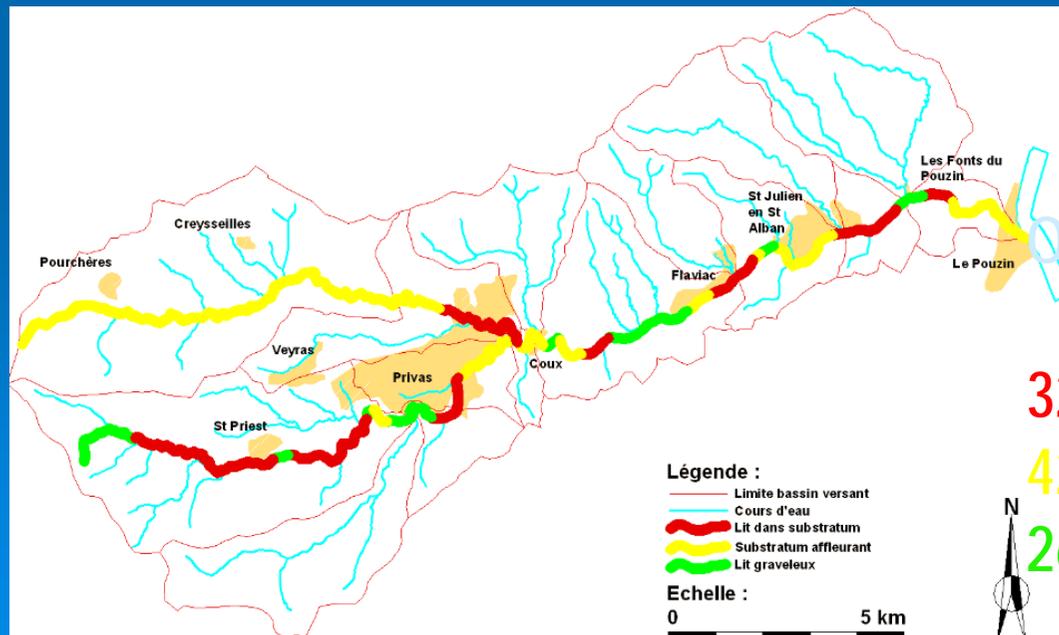


- Un bassin versant de 125 km<sup>2</sup>
- 16 communes dont 11 adhérentes au Syndicat Ouvèze Vive
- ≈ 20 000 habitants
- Contexte climatique à dominance méditerranéen  
→ Régime des cours d'eau pluvial type « cévenol »

# Un déficit sédimentaire marqué...

## LE CONSTAT :

- Apparition du substratum dans la plaine alluviale sur des linéaires importants (plusieurs kilomètres) ;
- Un enfoncement du lit parfois supérieur à 1,50 mètres
- Déchaussement des ouvrages (ponts, digues, épis).



ouvèze aval

32 % lit en substratum  
 42 % substratum affleurant  
 26 % lit alluvionnaire

Source : Hydrétudes 2005

## LES CAUSES :

**Le déficit en matériaux de la rivière Ouvèze est la résultante d'une multitude de causes, humaines et naturelles.**

**Sans pouvoir fixer la part de responsabilité de chacun, nous pouvons citer :**

- Les extractions de matériaux dans le lit ;
- Les endiguements, qui augmentent la vitesse et le pouvoir érosif ;
- Les carences d'apports de matériaux dus à la reconquête végétale des versants ;
- La destruction de certains seuils (augmentation des pentes et de la vitesse des écoulements) ;
- La reconquête végétale des bords de rivière, (ayant permis la fixation des bancs de cailloux).

# Les marques du déficit...



Écoulements sur les bancs marno-calcaires sur la Basse vallée de l'Ouzège



Déchaussement d'ouvrages

Déconnexion des affluents



# Les conséquences...



**Ce déficit en matériaux se traduit par une incision généralisée du lit de l'Ouvèze.**

**Ce phénomène pose d'importants problèmes pour :**

- Les fonctionnalités écologiques du milieu ;
- La stabilité des ouvrages : digues, ponts, seuils ;
- La ressource en eau du point de vue qualitatif et quantitatif;
- La vie halieutique (moins de zones favorables à la reproduction des poissons) ;
- L'attrait paysager de la rivière dans son ensemble.

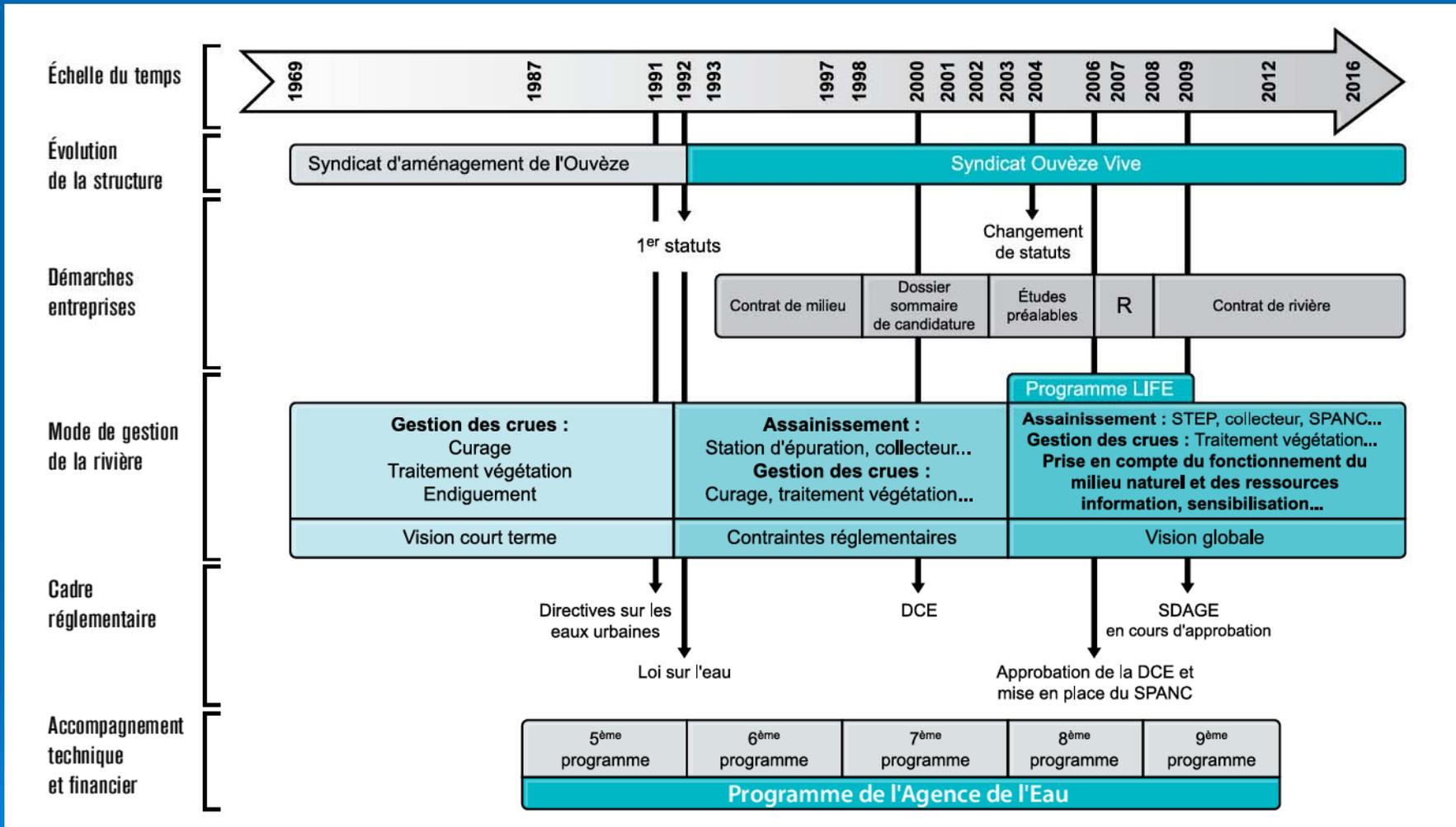


Déconnexion de la végétation rivulaire

# Une prise de conscience longue...

- 1967 : Crue centennale sur l'Ouvèze 2 morts
- 1967- 1992 : Création d'un syndicat d'aménagement (politique de curage et de d'endiguement)
- 1992 : Création du Syndicat Ouvèze Vive (préoccupation principale, la mise en conformité du territoire vis-à-vis de la directive ERU et la protection des biens et des personnes)...
- 2003 : Participation au Life Eau et Forêts dont les objectifs initiaux étaient :
  - Analyser l'influence du couvert forestier sur les transferts d'eau et de sédiments dans le bassin versant de l'Ouvèze
  - Initier le suivi d'actions sur les versants, **favorables à la diminution de la production de recharge sédimentaire de l'Ouvèze !**
- 2005 : Dernier curage réalisé par le syndicat ( $\approx 13\ 000\ m^3$ )
- Fin 2005 : Rendu des études hydrauliques et géomorphologiques menées par le cabinet d'étude HYDRETUDES et le CNRS dans le cadre du LIFE  
« **Mise en évidence d'un déficit sédimentaire sur l'Ouvèze** »
- 2006 : Rendu des études préalables confortant ce déficit sédimentaire
- 2007-2008 : Elaboration du Contrat de Rivière en tenant compte des préconisations du programme de mesures du SDAGE + action de poursuite des suivis

# Evolution des mentalités...



# Contrat de Rivière Ouvèze et SDAGE

| Problème à traiter                    | Mesures   | Action concrète du Contrat de Rivière   |
|---------------------------------------|---|---|
| Substance dangereuses hors pesticides | 5A04: Rechercher les sources de pollution par les substances dangereuses  | Etude de faisabilité sur les actions potentielles de réduction des impacts des mines de Flaviac   |
| <b>Dégradation morphologique</b>      | <b>3C43 : Etablir un plan de restauration et de gestion physique du cours d'eau</b>   | <b>Action de renaturation de l'Ouvèze à Rompon (≈ 1km)</b>  |
| <b>Transport sédimentaire</b>         | <b>3C32 : Réaliser un programme de recherche sédimentaire</b>   | <b>Observatoire de la recharge sédimentaire</b><br><b>Etude sur les espaces de mobilité</b>   |
| Déséquilibre quantitatif              | 3A11 : Etablir et adopter des protocoles de partage de l'eau<br><br>3A15 : Créer un ouvrage de substitution<br><br>3C01 : Adapter les prélèvements dans la ressource aux objectifs de débit | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouvernance de l'eau formalisée par un accord cadre</li> <li>• Interconnexion et recherche d'une nouvelle ressource</li> <li>• Etudes des volumes maximum prélevables</li> </ul> |

# Apports des programmes scientifiques (3 phases)



→ Phase 1 : Programme LIFE « Eau et forêt »



**Objectifs :**

- 1/ Envisager des actions sur le couvert végétal et forestier à l'échelle du bassin versant, dans le but était d'initier le suivi d'actions sur les versants, favorables à la diminution de la production de recharge sédimentaire de l'Ouvèze et de ses affluents.
- 2/ Réaliser une étude globale complémentaire, portant sur le lien entre fonctionnement hydro-géomorphologique et occupation du sol.

→ Phase 2 : Programme « Gestion forestière et recharge sédimentaire de rivières torrentielles »



**Objectifs :** poursuivre, optimiser et compléter le suivi des sites expérimentaux sur une période de 2 ans.

→ Phase 3 : Observatoire de la recharge sédimentaire et de la dynamique fluviale dans le bassin versant de l'Ouvèze (Action du Contrat de Rivière)



**Objectifs :** La charge produite est-elle intéressante pour la restauration du profil en long incisé de l'Ouvèze aval ? Préalable important avant d'envisager d'éventuelles actions pro-recharge comme par exemple le déboisement.

→ suivi de la charge en transit et caractérisation.

# → Expérimentations et suivis :

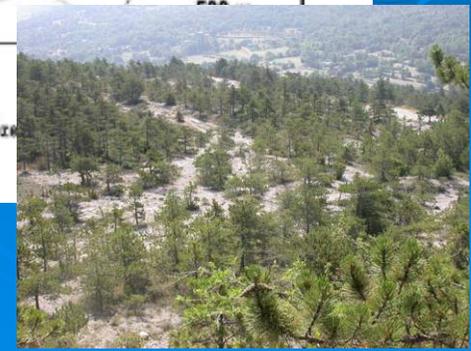
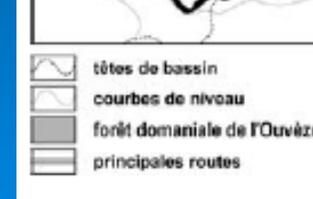
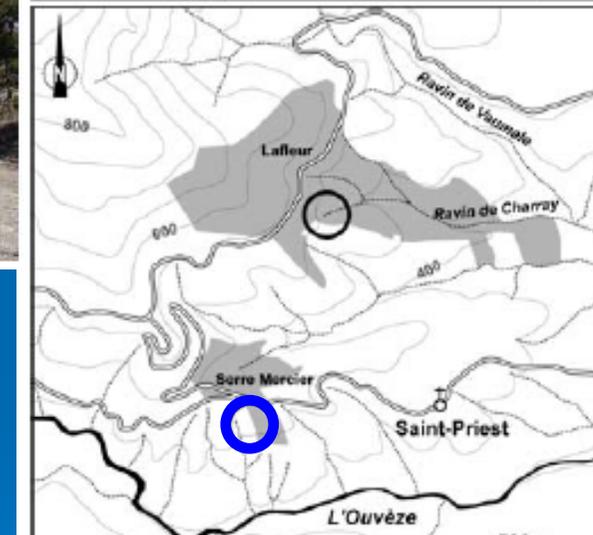
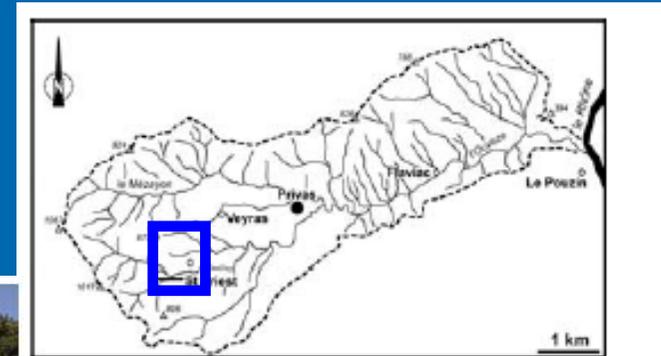
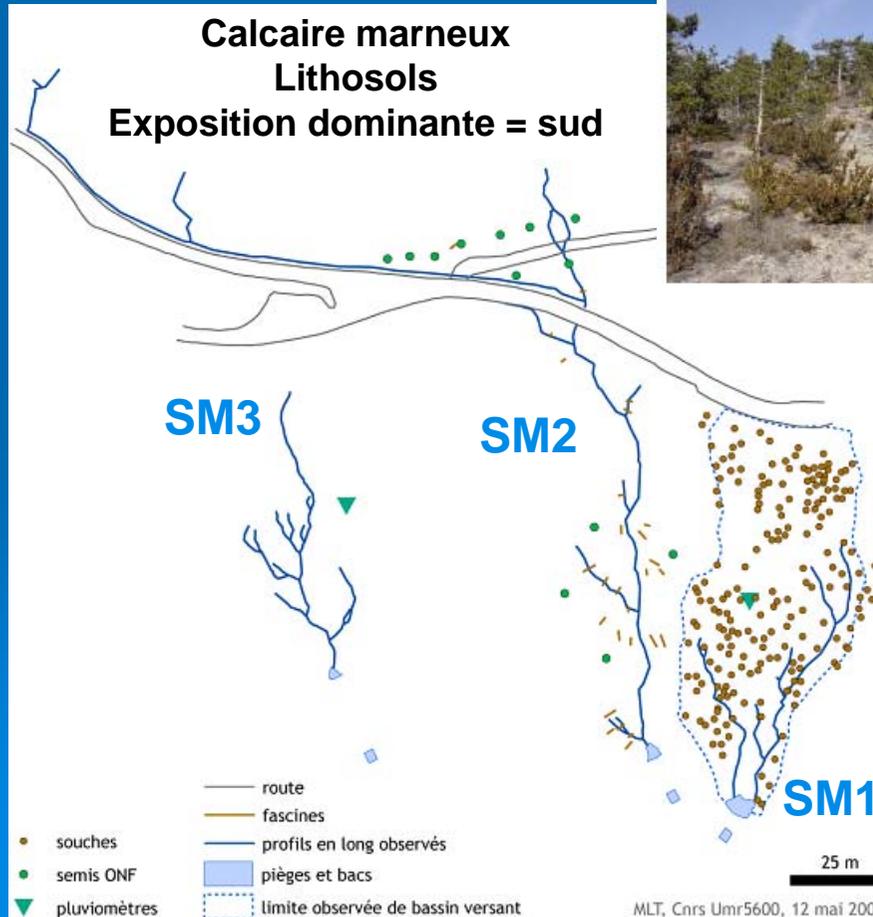
## Site de Serre Mercier

→ 3 ravines expérimentales :

SM1 – déboisée + dévégétalisation annuelle

SM2 – fascines de versant

SM3 – ravine témoin



## SM2

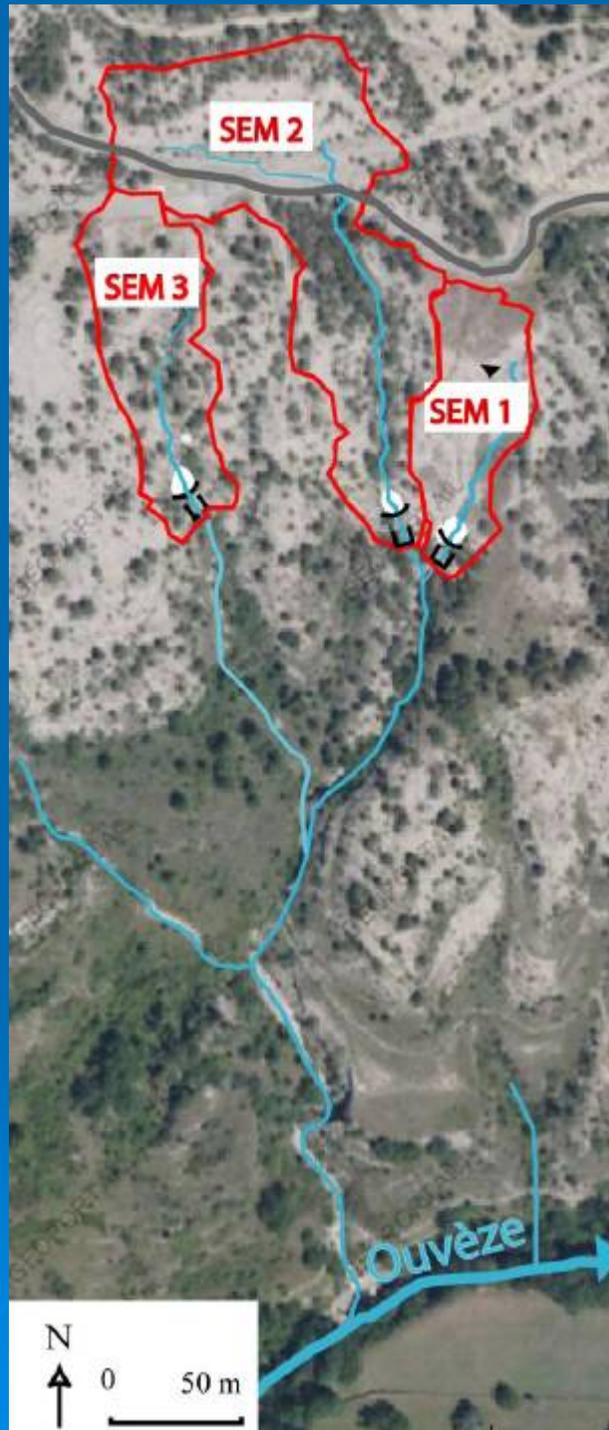


30 fascines



13 placettes de semis

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Surface du bv (ha) | 1,0671 |
| Périmètre (m)      | 616    |
| Alti min           | 452    |
| Alti max           | 492    |
| Dist min-max       | 226    |
| Relief Ratio       | 0,18   |
| Boisement en %     | 34,85  |



## SM1



Coupe à blanc  
(195 U –  $\varnothing_{\text{moy}}$  19,5 cm)  
et arasement annuel  
des strates inférieures

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Surface du bv (ha)        | 0,3533 |
| Périmètre (m)             | 291    |
| Alti min                  | 451    |
| Alti max                  | 476    |
| Dist min-max              | 104    |
| Relief Ratio              | 0,24   |
| Boisement en % (av. trvx) | 38,55  |
| Boisement en % (ap. trvx) | 0      |

## → Dispositif de suivi :

Pluviographe à auget basculeur  
(modèle Rainlogger Rainwise)

→ Ex. Serre Mercier (SEM1)



Seuil auto-jaugeur



Signalétique

Piège à sédiments



# Site de Lafleur



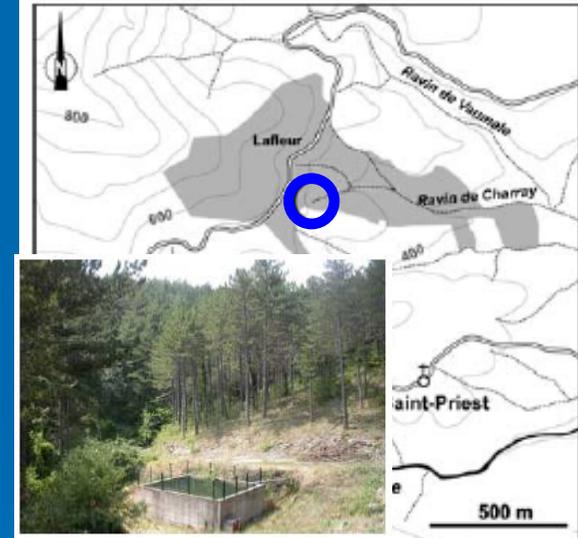
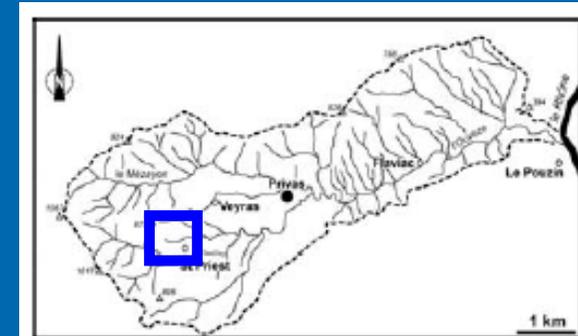
→ 1 ravine expérimentale en zone déjà boisée avec x strates de végétation.

## Période 1 (LIFE)



|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Surface du bv (ha)        | 0,1947 |
| Périmètre (m)             | 227    |
| Alti min                  | 484    |
| Alti max                  | 522    |
| Dist min-max              | 83     |
| Relief Ratio              | 0,46   |
| Boisement en % (av. trvx) | 100    |

## Période 2 (2007-2009)



- têtes de bassin
- courbes de niveau
- forêt domaniale de l'Ouvèze
- principales routes

→ Apports de cette approche locale :

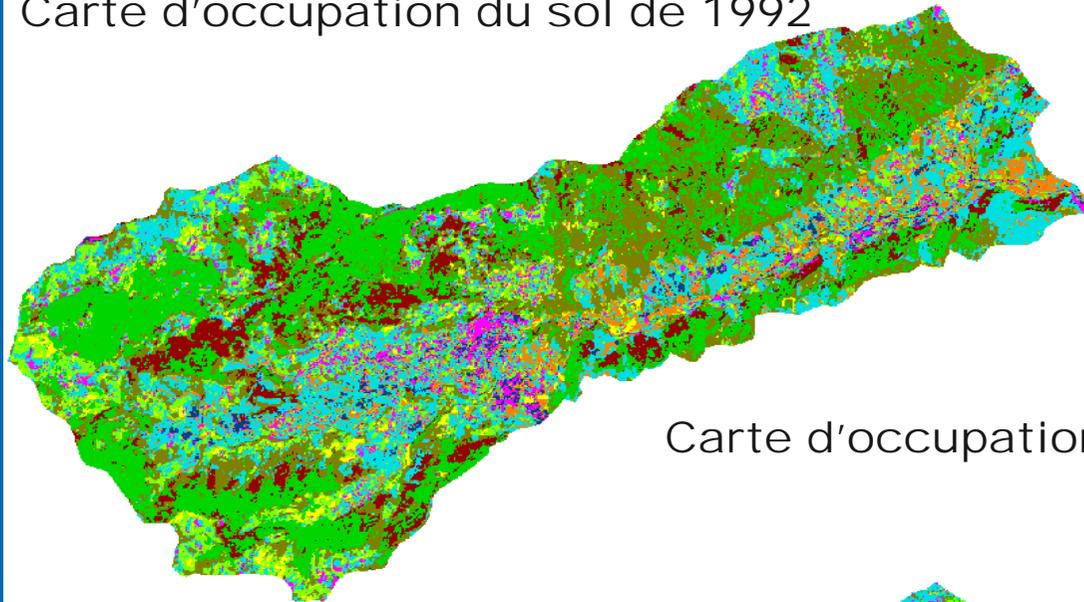
Résultats intégrés à la phase 2

# Lien entre fonctionnement hydro-géomorphologique et occupation du sol.

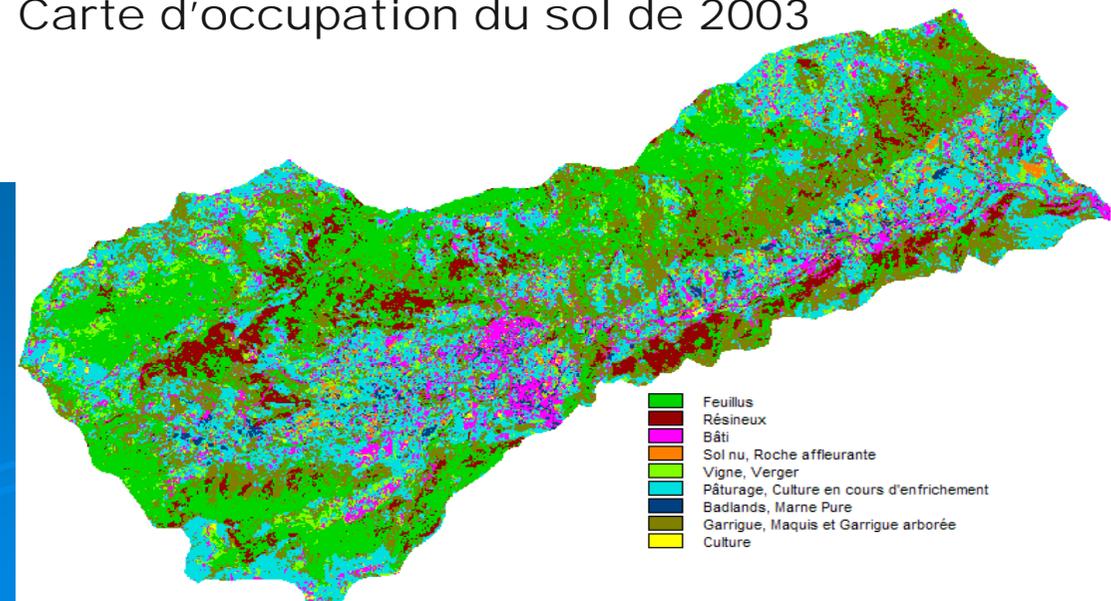


Evolution de l'usage du sol entre 1992 et 2003

Carte d'occupation du sol de 1992



Carte d'occupation du sol de 2003



# Analyse

| Classe | Superficie | Pourcentage |
|--------|------------|-------------|
| 1      | 31,41      | 25,17       |
| 2      | 8,90       | 7,13        |
| 3      | 5,08       | 4,07        |
| 4      | 7,61       | 6,10        |
| 5      | 13,99      | 11,22       |
| 6      | 25,92      | 20,77       |
| 7      | 1,99       | 1,60        |
| 8      | 27,43      | 21,99       |
| 9      | 2,42       | 1,94        |

| Classe | Superficie | Pourcentage |
|--------|------------|-------------|
| 1      | 34,14      | 27,36       |
| 2      | 8,30       | 6,65        |
| 3      | 9,70       | 7,77        |
| 4      | 2,15       | 1,72        |
| 5      | 8,59       | 6,89        |
| 6      | 31,24      | 25,04       |
| 7      | 1,80       | 1,44        |
| 8      | 28,37      | 22,74       |
| 9      | 0,47       | 0,38        |

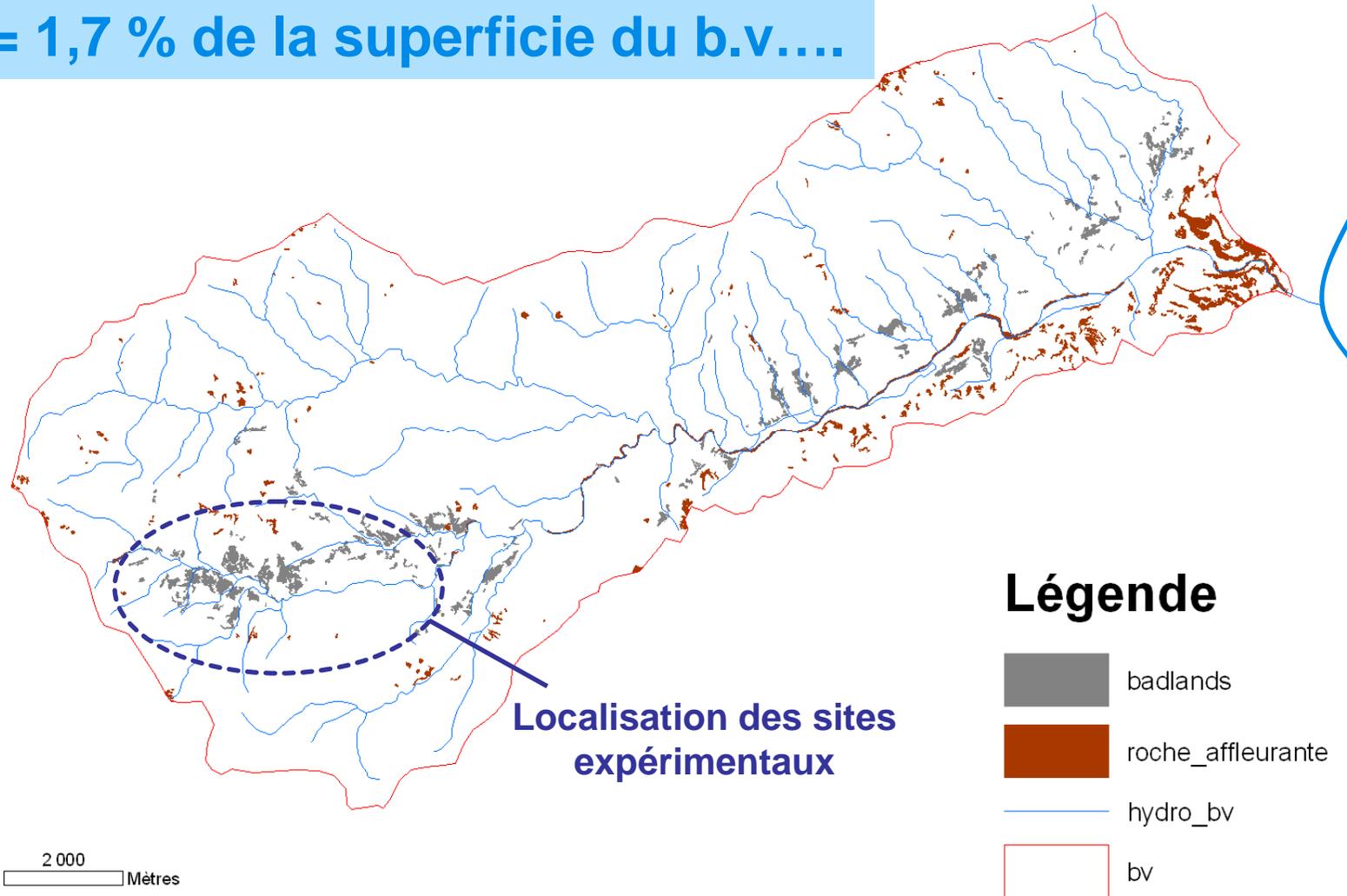
| Classe | Classe                                      |
|--------|---|
| 1      | Feuillus                                    |
| 2      | Résineux                                    |
| 3      | Bâti  |
| 4      | Sol nu, roche affleurante                   |
| 5      | Vigne, Verger                               |
| 6      | Pâturage, culture en cours d'enrichissement |
| 7      | Badlands, marne pure                        |
| 8      | Garrigue, maquis, garrigue arborée          |
| 9      | Culture                                     |

Forêt = stabilité des surf.  
 34 % de la surf. du b.v.  
 + 23 % de garrigue - maquis

Urbanisation = augm. des surf.  
 7,7 % de la surf. (+ 3,7 %)

Sol nu - badlands - roche =  
 diminution des surf.  
 3,2 % de la surf. (- 3,9 %)

**Badlands et roches affleurantes  
= 1,7 % de la superficie du b.v.....**



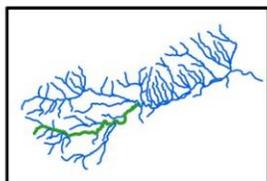
**... mais une grande partie déconnectée !**

# Localisation des accumulations et analyses granulométriques



Répartition des volumes de sédiments accumulés par tronçons de 1000m sur le secteur 1 de l'Ouvège

**Globalement les volumes sont faibles...**



Ouvège secteur 1

**Localisation des sites expérimentaux**



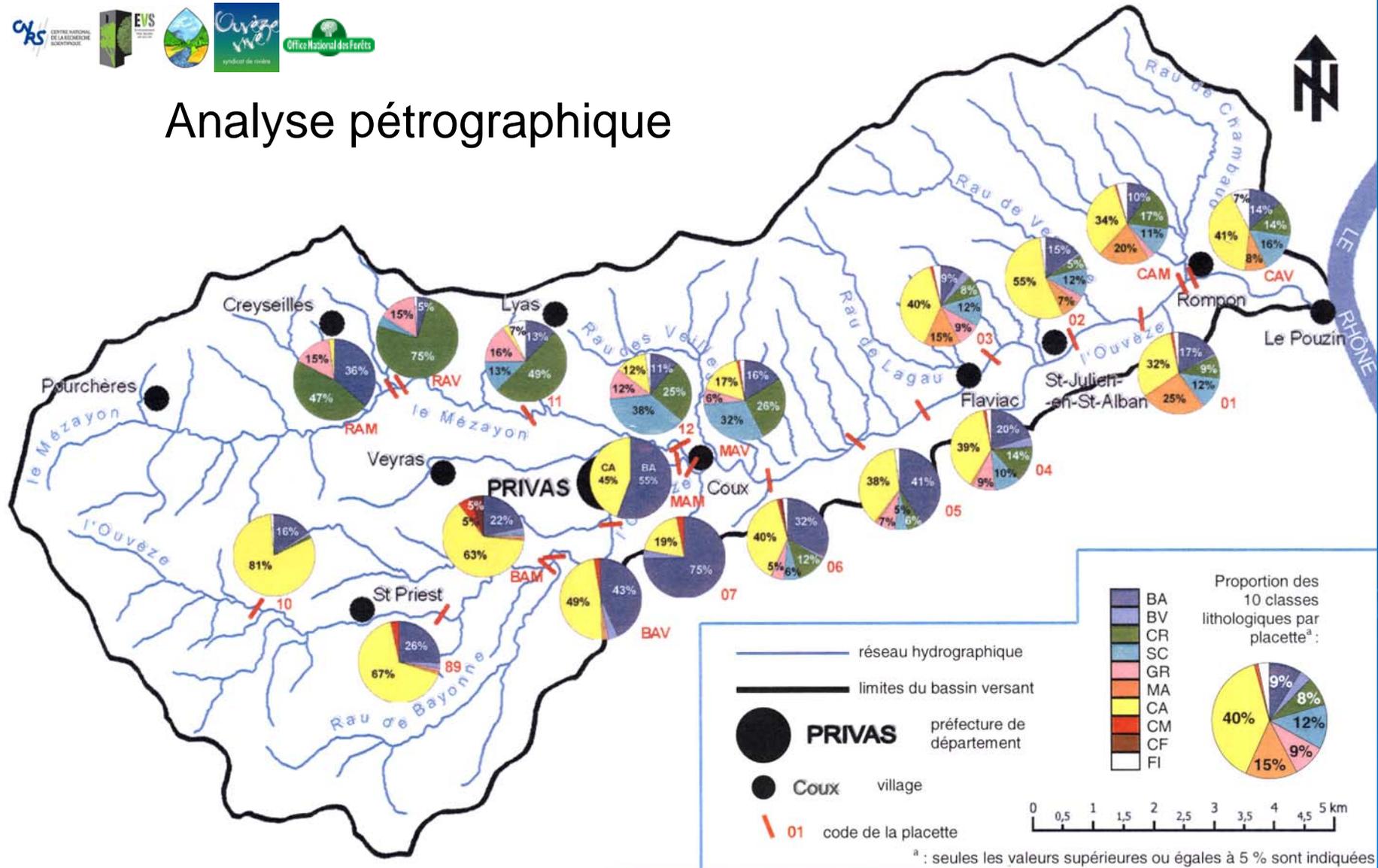
**... traduction du tarissement des stocks et de la diminution de la recharge...**

(en %)

|         | Basaltes | Basaltes vacuolaires | Roches cristallines | Schistes | Grès | Marnes | Calcaires | Calcaires marneux | Calcaires ferreux | Filonien |
|---------|----------|----------------------|---------------------|----------|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|----------|
| Mézayon | 15,9     | 0,0                  | 49,1                | 13,6     | 14,6 | 0,0    | 4,2       | 0,0               | 0,0               | 2,6      |
| Ouvèze  | 27,3     | 1,5                  | 7,8                 | 8,0      | 3,2  | 5,5    | 43,1      | 1,3               | 0,4               | 1,9      |



## Analyse pétrographique

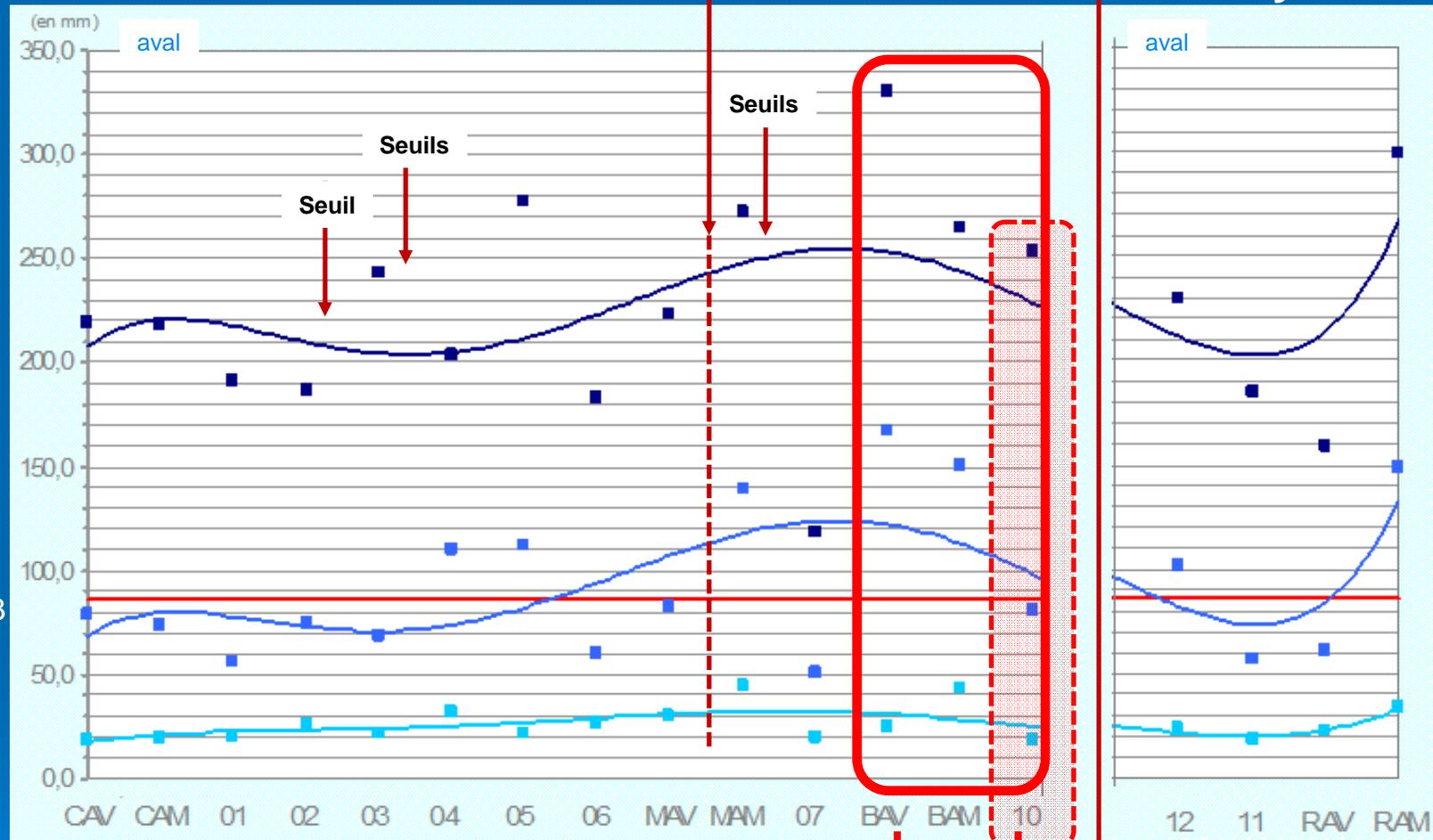


# Analyse du cortège granulométrique



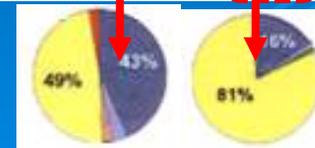
## Ouvèze

## Mézayon



\* D50 :  
Ouvèze = 86  
Mézayon = 84,3

Tronçon plus ou moins incisé en fonction des seuils ; parfois apparition du substratum rocheux



Incision et pavage

Placette 10 = aval des sites expérimentaux

# Phase 1 - Résultats fonctionnement bv



## → Occupation du sol (1992-2003) :

Garrigue – maquis – forêt = 57 % (stable avec passage garrigue → forêt)

Urbanisation = augmentation des surf. à 7,7 % (lien avec le ruissellement)

Sol nu – badlands - roche = diminution des surf. à 3,2 %

## → Lithologie, production sédimentaire et bilan :

4 formations dominantes ; socle cristallin, roches volcaniques, roches sédimentaires, formations remaniées

Zones d'érosion active en contact avec le réseau peu abondantes, intéressent les formations sédimentaires de versants et alluvions (max. 1 000 m<sup>3</sup>/an)

Le cours d'eau vit sur le stock en place peu ou pas renouvelé d'où incision.

## → Apport significatif de cette approche globale :

le bassin n'est pas en excès de production mais au contraire en déficit !

## → Phase 2 (Programme « Gestion forestière et recharge sédimentaire des rivières torrentielles » )

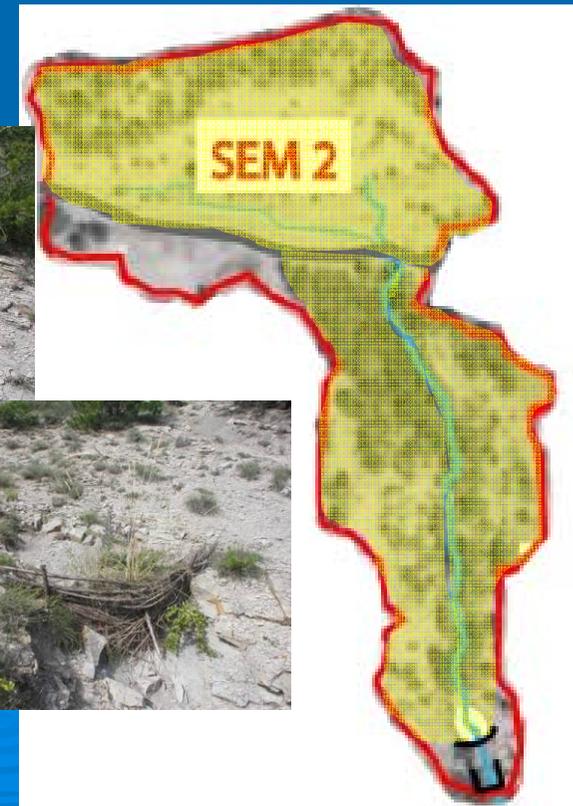
**Objectifs** : poursuivre, optimiser et compléter le suivi des sites expérimentaux sur une période de 2 ans.

### Phases 1 & 2 - Résultats approche par site

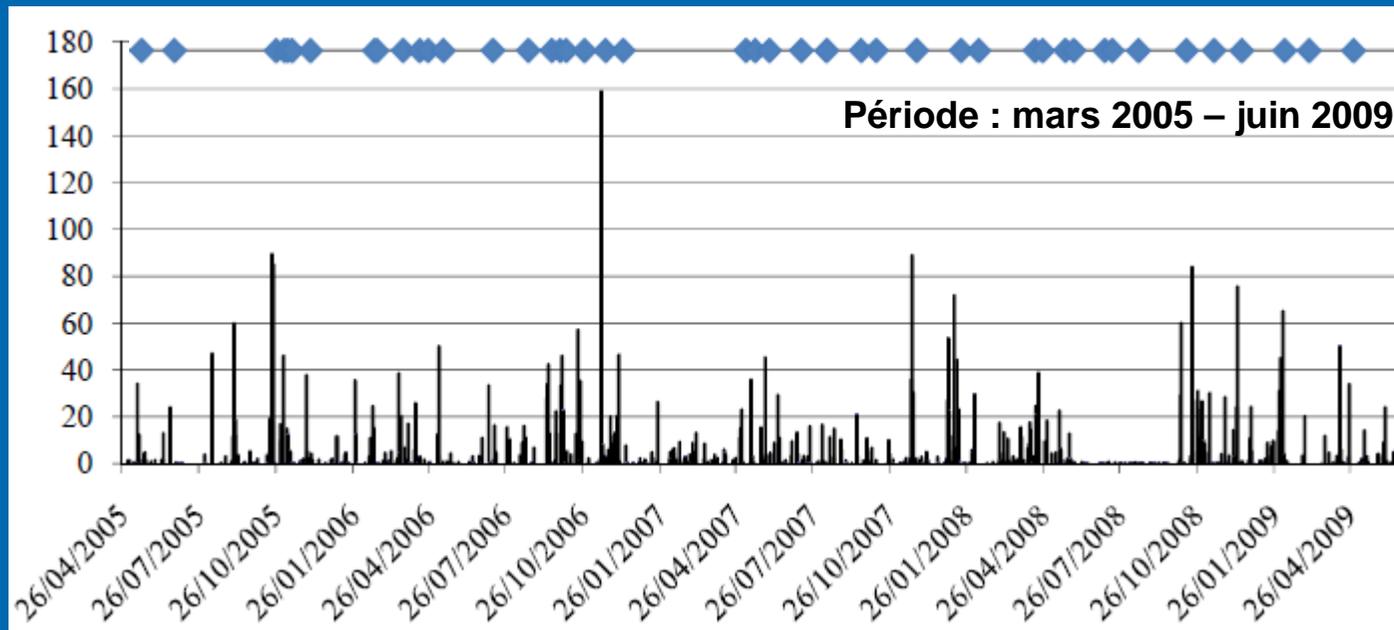
#### → Travaux de stabilisation

- Fascines sèches (parfois déstabilisées),
- Effet de barrage différencié :
  - amont = 100 % + végétation
  - aval RG = faible remplissage
  - aval RD = 1/3 à 100 %
- le reste entre 10 et 50 %
- + 50 % en cours de végétalisation

- 13 placettes de semis réalisés en février 2006, seule *Anthyllis Vulner* résiste encore sur 2 sites en novembre 2006...



## → Suivis des sites expérimentaux : production de sédiments



44 réponses  
Qs

58 évènements hydro  
> 20 mm cumulés  
dont 11 > 100 mm  
+ 4 évènements  
de 10 à 20 mm ayant  
entraîné une faible  
production  
(90 à 100 % de fins)

### Site de Lafleur (Forêt)

Seuls 13 évènements ont généré la mise en eau du canal auto-jaugeur dont 9 déversants et la production est négligeable

- 1 kg de fines en mai 2008
- 0,1 kg le 17 juin 2008
- 4 kg, dont 3 de fines, le 14 déc. 2008 mais aucune trace d'écoulement (?)

**Confirmation : le boisement sur sol avec forte densité et stratification = efficacité en rétention de Qs et en diminution de l'effet érosif des averses +/- intenses**

## Site de Serre Mercier (quelques observations)

### Production charge grossière (>8 mn en T/ha/an)

|                  |             |             |              |               |
|------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| - avant travaux  | SM1 = 0,59  | SM2 = 0,32  | SM3 = 0,06   | (obs. 1 an)   |
| - après travaux  | SM1 = 0,49  | SM2 = 0,27  | SM3 = 0,05   | (obs. 3,5 an) |
| Evolution (en %) | SM1 = -15,6 | SM2 = -15,1 | SM3 = -16,25 |               |

### % de grossiers dans la charge produite

|                 |             |             |             |               |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| - avant travaux | SM1 = 16,29 | SM2 = 19,27 | SM3 = 40,48 | (obs. 1 an)   |
| - après travaux | SM1 = 13,73 | SM2 = 23,40 | SM3 = 36,41 | (obs. 3,5 an) |

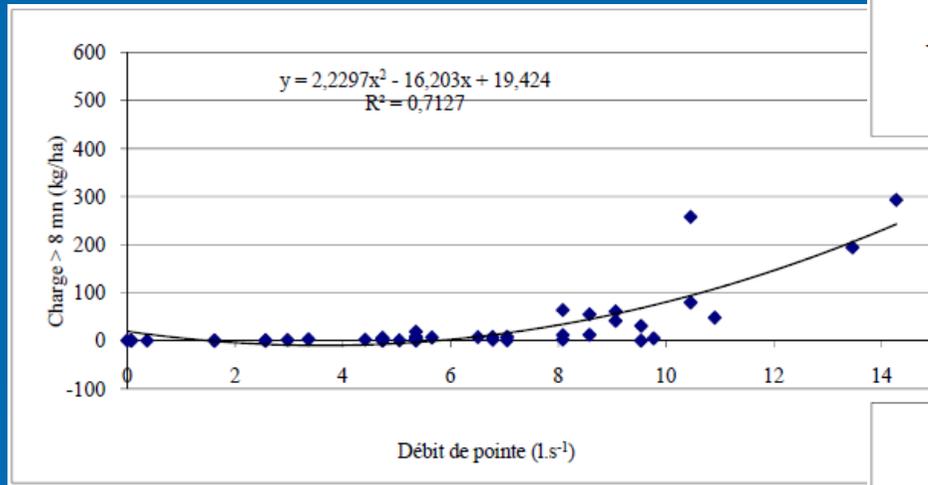
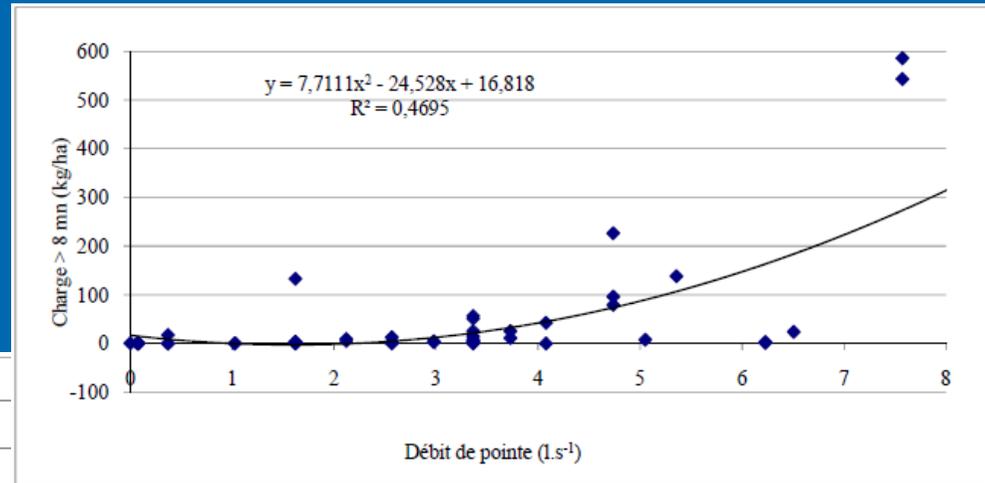
→ En SM1 la production reste soutenue, l'effet travaux s'est néanmoins « amorti », On note une progression de la part du plus fin. Déblaiement du lithosol en cours.

→ En SM2 la production reste soutenue, effet d'impact de la route. On note une progression de la part du grossier ; les fascines semblent jouer leur rôle.

→ En SM3 on note un confirmation de la part importante du grossier par incision dans le substratum rocheux ; mais pour une production globalement faible.

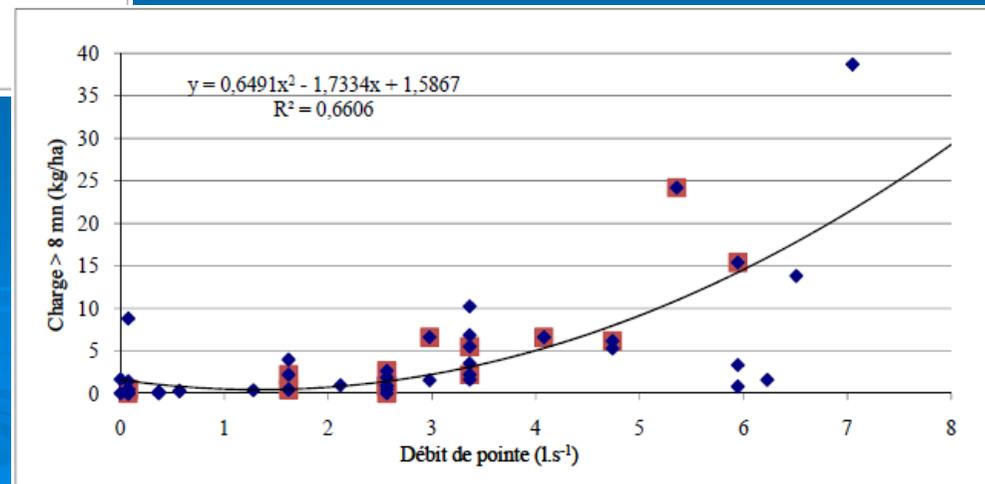
# → Relation charge produite - écoulements

**SM1** : relation non négligeable mais d'autres paramètres vont pouvoir expliquer la production ;  
**concordance P intense et stock disponible (printemps - gel) ou pluie d'humectation (début d'automne)**



**SM2** : bonne relation sans doute explicable par l'effet déversoir lié à la route (écoulement rapide – incision)

**SM3** : bonne relation également (système incisé à fortes pentes)



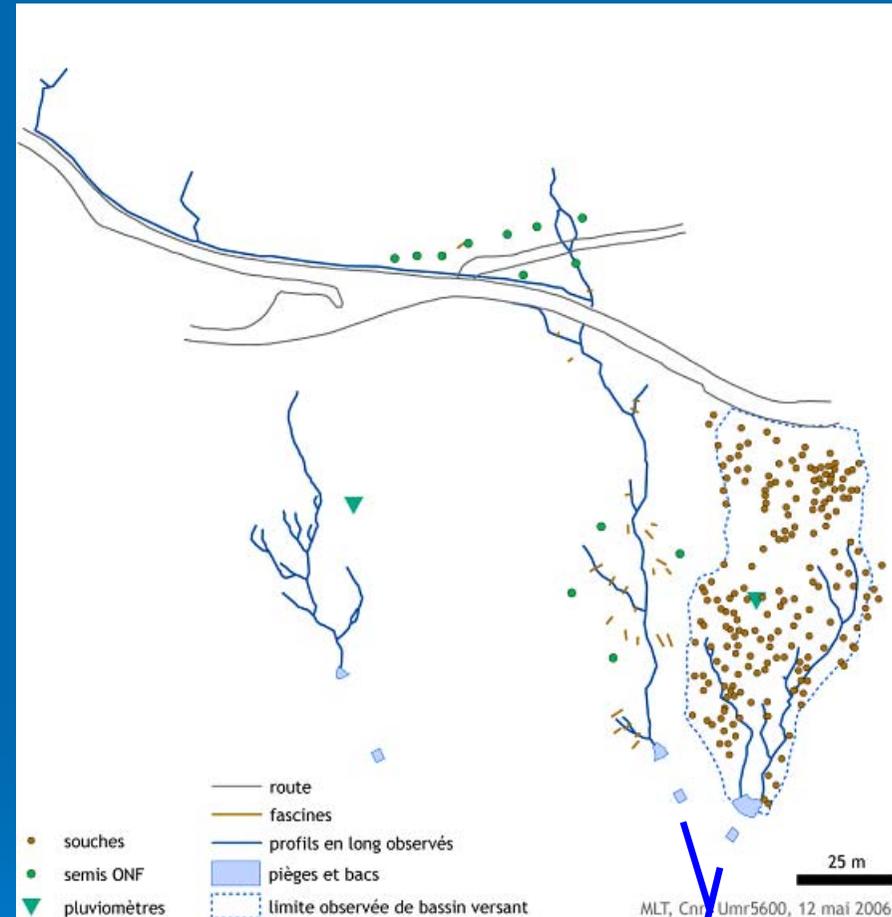
## → Phase 3 : Observatoire de la recharge sédimentaire... (Action du contrat de rivière)



Enjeu : apporter de la charge solide à l'Ouvèze incisée, nécessitant des aménagements lourds (seuils – restauration d'ouvrages)

La charge des zones marno-calcaires peut-elle jouer un rôle durable dans le renouvellement de la charge de fond et sur quelle distance ?

Peut-on envisager à terme de favoriser la reconnexion et la productivité de ces zones ?  
Où et comment ?



Que se passe-t-il ?

# Phase 3 - Objectifs et actions



## Objectifs :

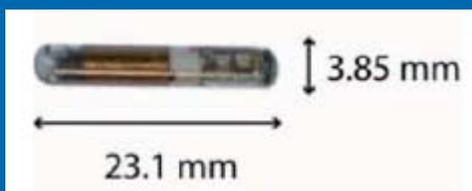
- Continuer l'élargissement de la gamme des sollicitations climatiques et hydrologiques prises en compte dans l'analyse des réponses sédimentaires ;
- Continuer à caractériser le temps de réaction des ravines au déboisement, qui pourrait être contrôlé par la vitesse de décomposition des racines ;
- Connaître les modalités de transmission versant - cours d'eau de la charge grossière produite et susceptible de devenir la charge de fond de l'Ouvèze ;
- Connaître l'évolution morphométrique de la charge produite afin d'évaluer sa capacité à constituer une recharge « efficace » pour le maintien ou la restauration du profil en long dans les secteurs les plus incisés des parties médianes et aval du réseau hydrographique.

## Actions développées sur 3 ans (2010-2012) :



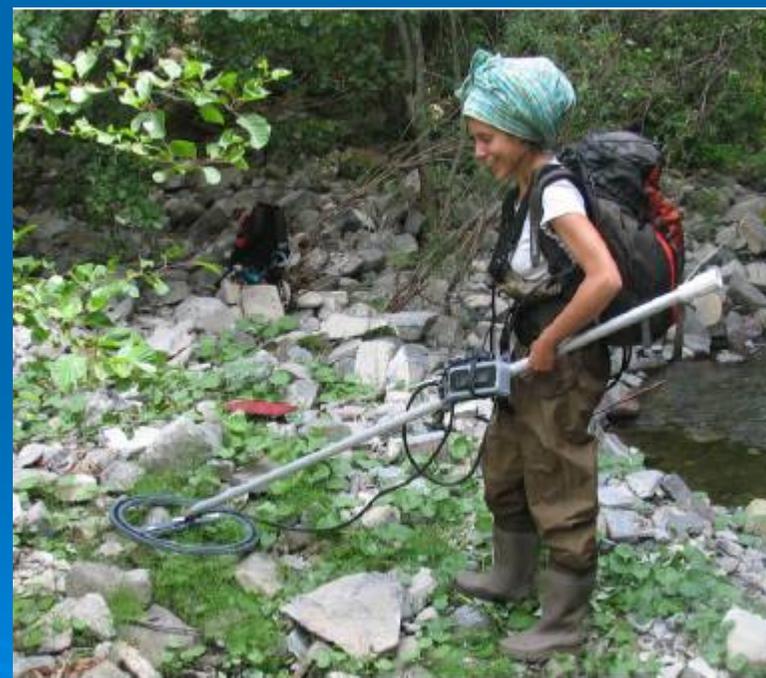
Outre la poursuite du suivi (maintenance et suivi des dispositifs de mesure ; traitement et analyse des données), nous avons proposé un suivi des particules produites (vitesses de déplacement, évolution de la morphométrie). Deux suivis :

- 1/ Dans la ravine, à l'aval des parcelles expérimentales existantes,
- 2/ A l'aval de la confluence des ravines et de l'Ouvèze.



Transpondeur

Mise en place

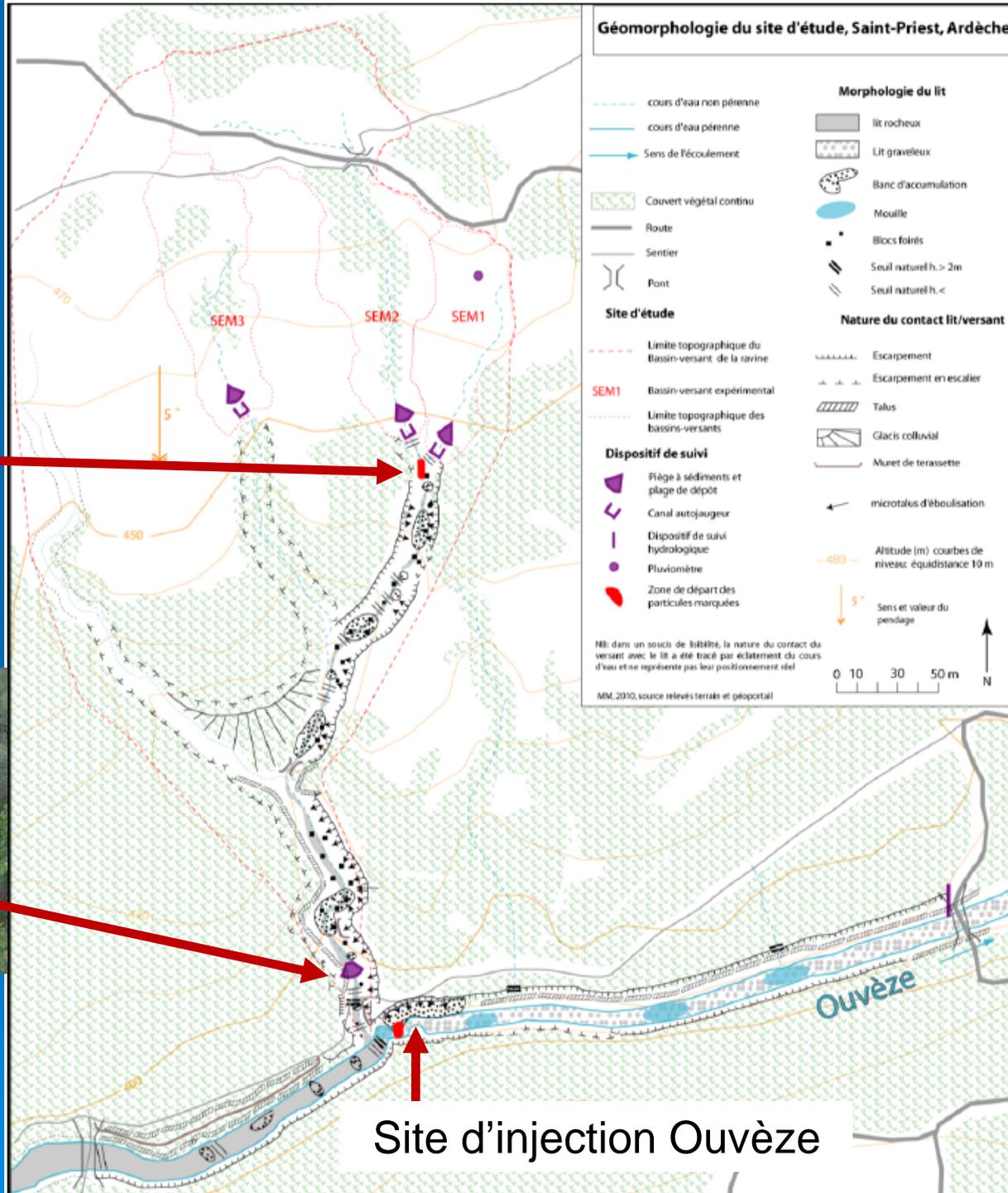


Suivi - détection

# Dispositif sur le terrain

Site d'injection ravine

Nouveau piège



Site d'injection Ouvèze



# Merci pour votre attention !

Norbert Landon <sup>(1)</sup> et Félicien Charrier <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Université de Lyon, UMR5600 du CNRS

<sup>(2)</sup> Syndicat Ouveze Vive

