

Z A B R

Zones  
Ateliers  
LTER FRANCE

Journée  
**eau** & **CONNAISSANCE**  
Des savoirs et des outils nouveaux  
pour mieux gérer les eaux souterraines  
6 DÉCEMBRE 2018 À LYON  
Université Lumière Lyon 2 - Grand Amphithéâtre

# Étude et compréhension du rôle hydrologique et hydrogéologique des zones humides de têtes de bassins (ZHTB) dans le soutien d'étiage des cours d'eau [2016-2021]

**PARAN Frédéric**  
Mines Saint-Etienne

  
MINES  
Saint-Étienne  
Une école de l'IMT

1

Jeudi 6 décembre 2018 - Lyon

agence  
de l'eau  
RHÔNE MÉDITERRANÉE  
CORSE  
établissement public de l'État

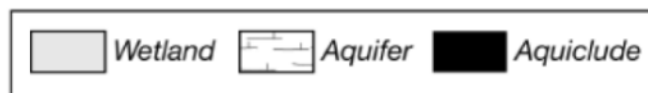
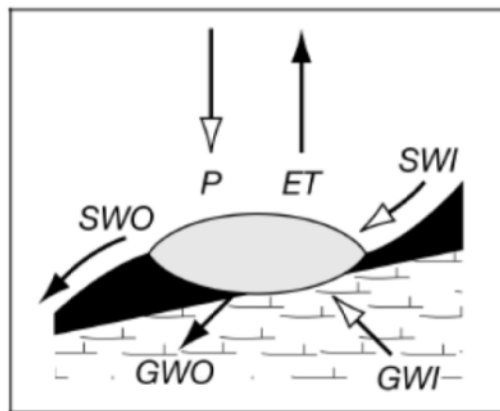
**SAUVONS  
L'EAU!**

# Contexte et objectifs

ZH = objet emblématique pour la biodiversité + enjeux + complexité + interdisciplinarité + nombreux travaux

Quel est le rôle des zones humides (ex : tourbières) dans le stockage de l'eau et le soutien d'étiage des cours d'eau ?

## Questionnement par rapport au rôle réel des ZH



*Gilvear et Bradley, 2009*

- Comment déterminer l'origine et le cheminement des eaux ?
- Comment quantifier le potentiel de stockage et de restitution des zones humides ?

# Planification

## 3 phases de 2016 à 2021

- **Phase 1 (2016-2017)**
  - état de l'art et choix des sites d'étude
  - construction de l'approche méthodologique
  - plan d'action (instrumentation, mesures, échantillonnage)
- **Phase 2 (2017-2019)**
  - instrumentation, mesures et échantillonnage (2 sites : Luitel et Frasne)
  - réflexion sur le changement d'échelle
  - réflexion sur les indicateurs
- **Phase 3 (2019-2021)**
  - analyse et interprétation
  - changement d'échelle
  - synthèse et valorisation



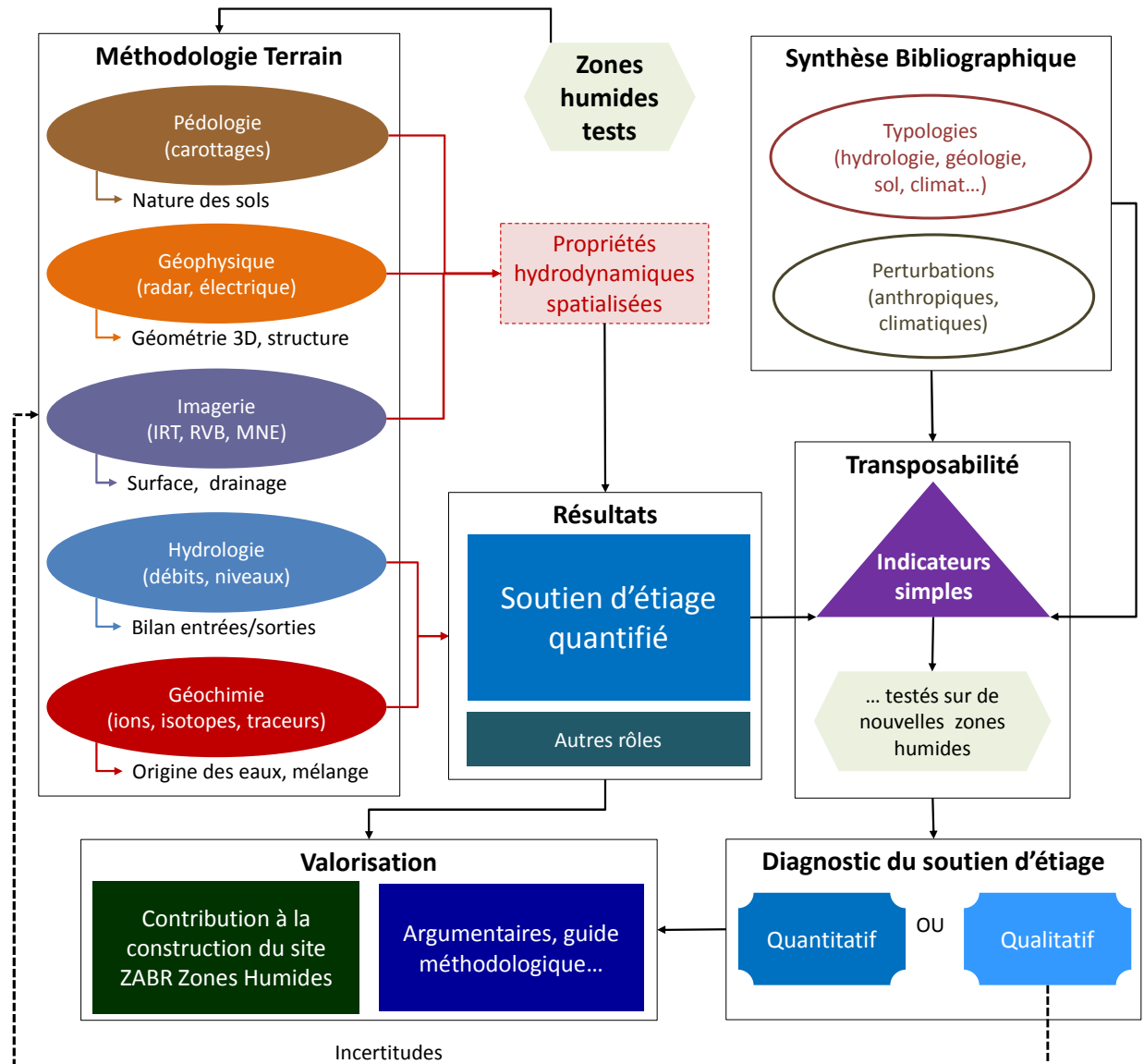
*Luitel : bassin versant amont (Chamrousse)*

*Luitel : bassin versant aval (pertes)*



# Organisation Compétences et méthodologie

- **Mines Saint-Etienne – PEG**  
F. Paran, D. Graillot
- **Mines Alès – LGEI**  
A. Johannet, G. Artigue
- **UJM-UMR 5600 EVS-Isthme**  
H. Cubizolle, P.O. Mazagol, C. Sacca
- **UJM-UMR 6524 LMV**  
Véronique Lavastre
- **ENTPE-UMR 5023 Lehna**  
T. Winiarski
- **AERMC**  
L. Cadilhac, F. Chambaud, N. Bosc-Bossut  
É. Lunaud, C. Zys, L. Perrin, M. Pignon
- **ONF Aude**  
C. Cocula, E. Ebrard, B. Laroque
- **Comité de pilotage**  
D. Danancher, J. Porteret



# Moyens et finalités

## Quantification, potentialité, indicateurs

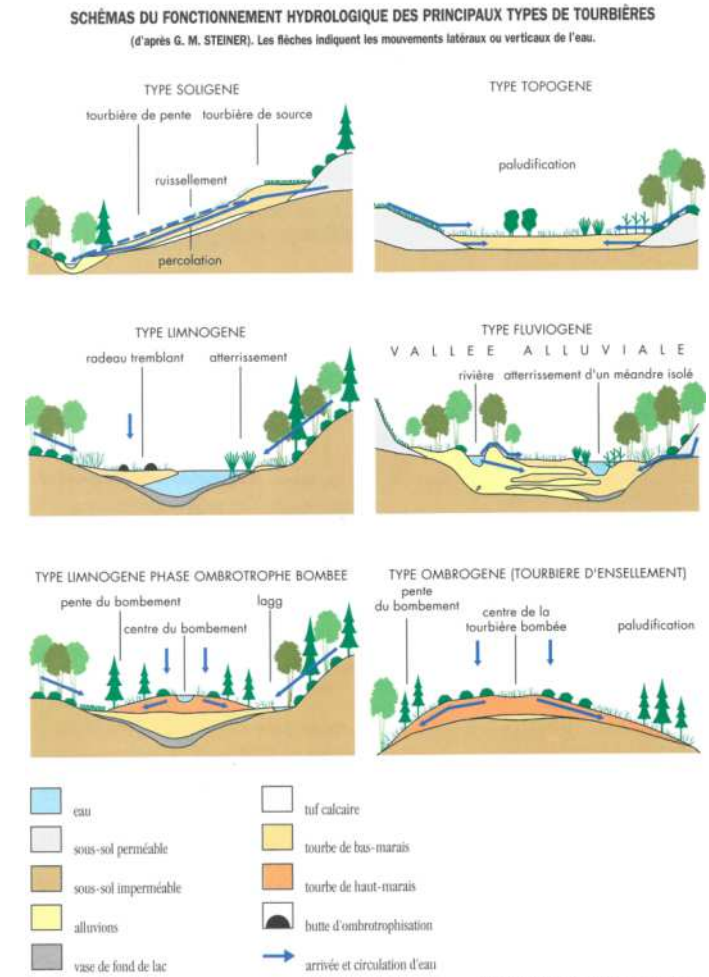
- **Séparer et quantifier la contribution des éléments de l'hydrosystème**
- **Évaluer la capacité de soutien d'étiage en fonction de critères spatiaux**
- **Identifier les conséquences des pressions anthropiques**
- **Finalités scientifiques**
  - mieux comprendre les interactions avec les cours d'eau et les eaux souterraines
  - mieux quantifier les fonctions hydrologiques
  - mieux caractériser les vulnérabilités
- **Finalités opérationnelles**
  - proposer des indicateurs d'évaluation du potentiel de soutien d'étiage
  - assurer le transfert de connaissance
  - contribuer à l'amélioration des outils pour la protection, la gestion et la restauration



# Apports de l'état de l'art

## Points clefs

- **Typologie des ZH** : très nombreux types (dont fonctionnels), structuration en mosaïque
  - ➔ fonction hydrologique compartimentée en plusieurs « réservoirs » aux propriétés différentes
- **Stockage et restitution d'eau par les ZH** : globalement faible voire très faible
  - ➔ rôle d'éponge mis en question (soutien d'étiage, ralentissement des crues)
- **Interaction des ZH avec l'hydrosystème** : bassin versant, eaux souterraines, cours d'eau, climat
  - ➔ bilan hydrologique complexe



*In Manneville et al., 1999*

# Apports de l'état de l'art

## Sites d'études : critères de sélection et choix

- **Localisation** : tête de BV RMC, géologie, climat
- **Caractéristiques** : surface, existence d'un exutoire identifié, débit à l'exutoire, épaisseur...
- **Connaissances, données et équipements** : station météo, piézomètres, station de jaugeage, géochimie, géophysique, pédologie, hydrodynamique...
- **Flux d'eau** : simples ou pas trop complexes
- **Travaux de recherche**
- **Accès**



- **Tourbière de Luitel (Isère)**



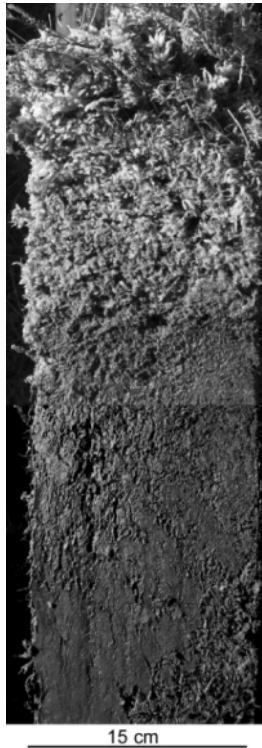
- **Tourbière de Frasne (Doubs)**



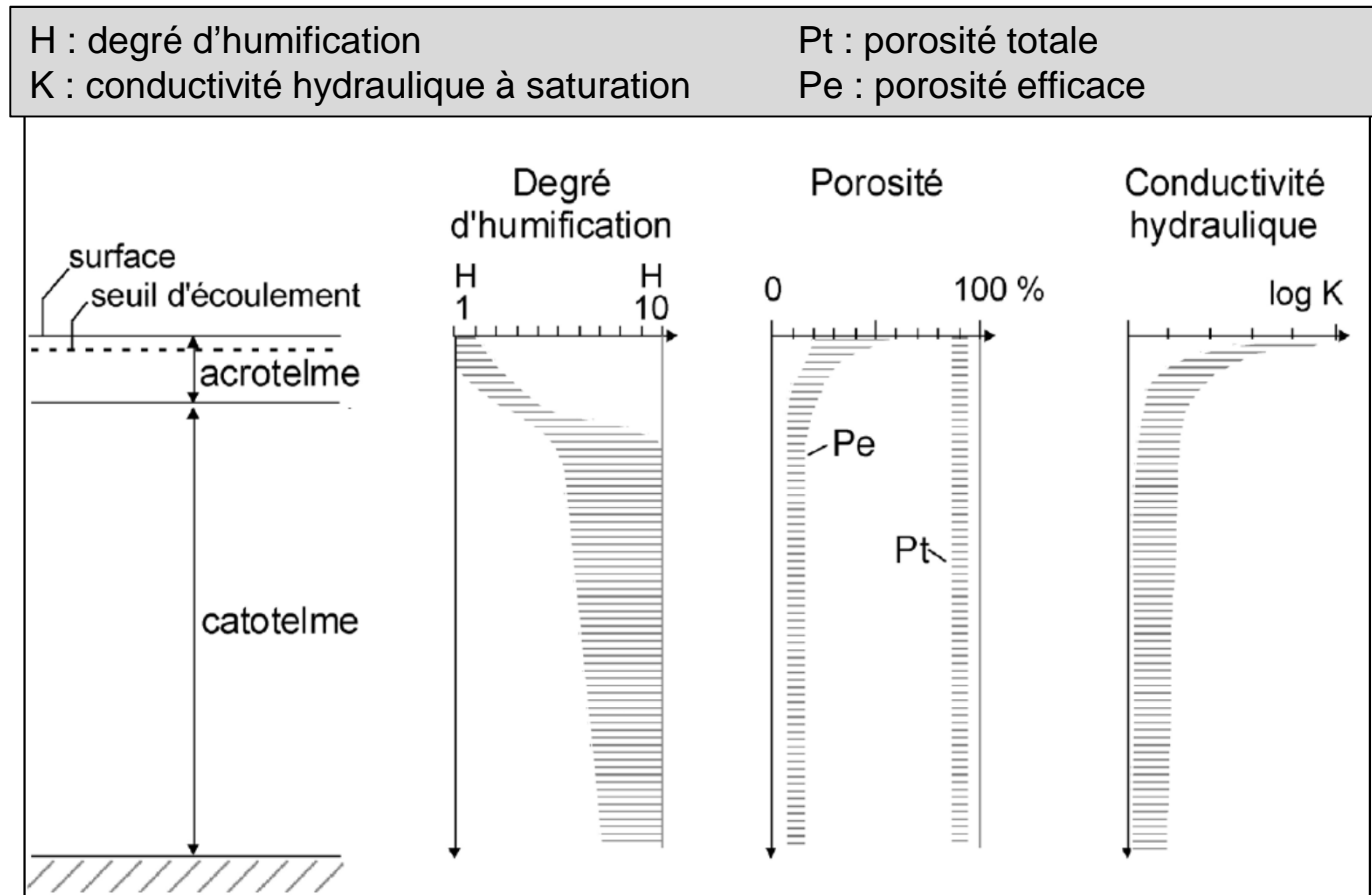
- **Autres sites** : Tourbière de Praubert (74), Marais de Vaux (01), Tourbière de Montselgues (07)

# Apports de l'état de l'art

## Structure des tourbières (modèle diplotelmique)



Wastiaux, 2008





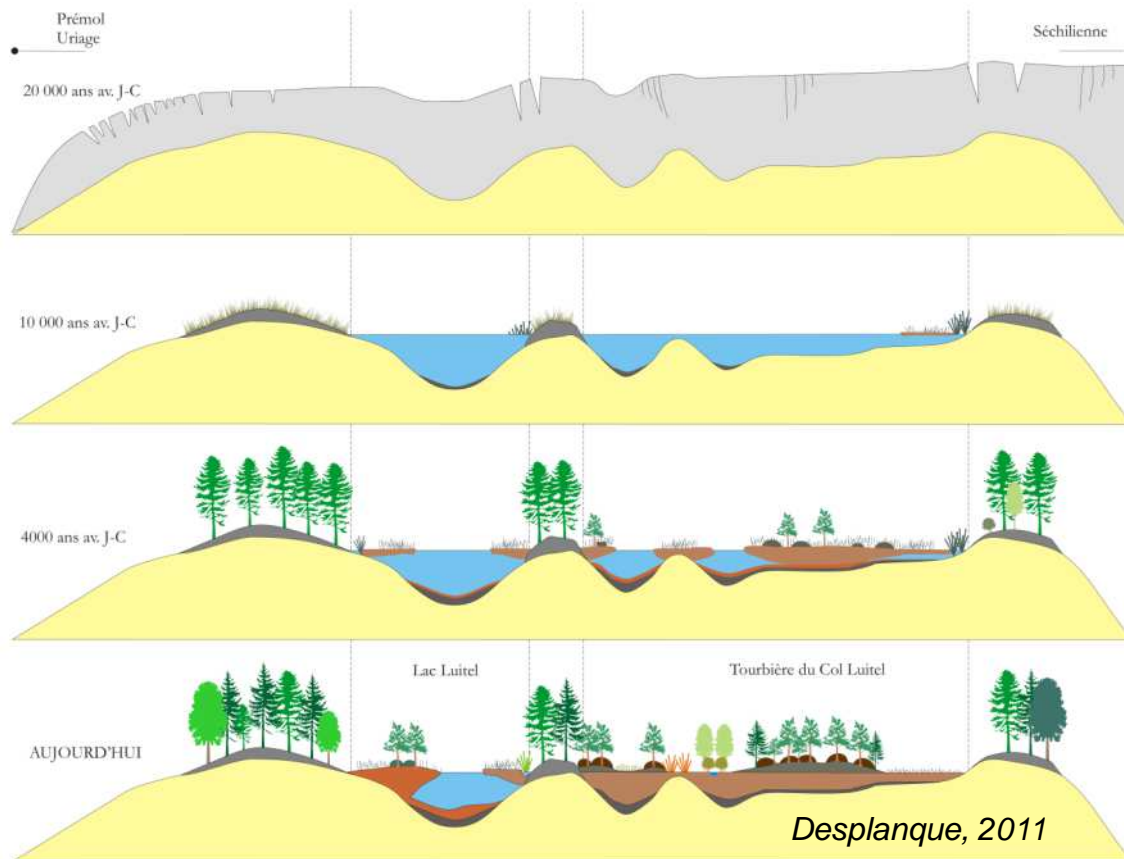
# Apports de l'état de l'art

## Paramètres clefs pour le soutien d'étiage

	Types de facteurs	Stockage : écrêtage et ralentissement dynamique des crues <i>Facteurs pris en compte</i>	Restitution : soutien d'étiage <i>Facteurs pris en compte</i>
FAVORISANT	Permanents	(sup : forte S) <b>Propriétés hydrodynamiques</b> (K et S) de l'acrotelme (inf : K intermédiaire : $10^{-3}$ à $10^{-5}$ m.s <sup>-1</sup> ) - Capacité d'infiltration de l'acrotelme (forte) - Microtopographie (ralentissement ruissellement)	
	Transitoires	- Forte ETP (espace disponible pour le stockage)	Travaux de drainage (court terme)
	Conditionnels	<b>Volume et épaisseur de l'acrotelme</b> (grand)	
			- <b>Géométrie</b> (cote de l'exutoire) - Pente du substratum (<5%)
DÉFAVORISANT	Permanents	(faible porosité) Propriétés hydrodynamiques du catotelme (faibles K et S) Volume et épaisseur de l'acrotelme (faible) / faible battement de nappe	
	Transitoires	- Fréquence élevée de hauts niveaux piézométriques (peu d'espace de stockage)	Travaux de drainage (long terme)
	Conditionnels	Pipes (écoulement préférentiel souterrain)	
			- Pente du substratum (>5%)

# Mise en œuvre au Luitel

## Construction du complexe tourbeux



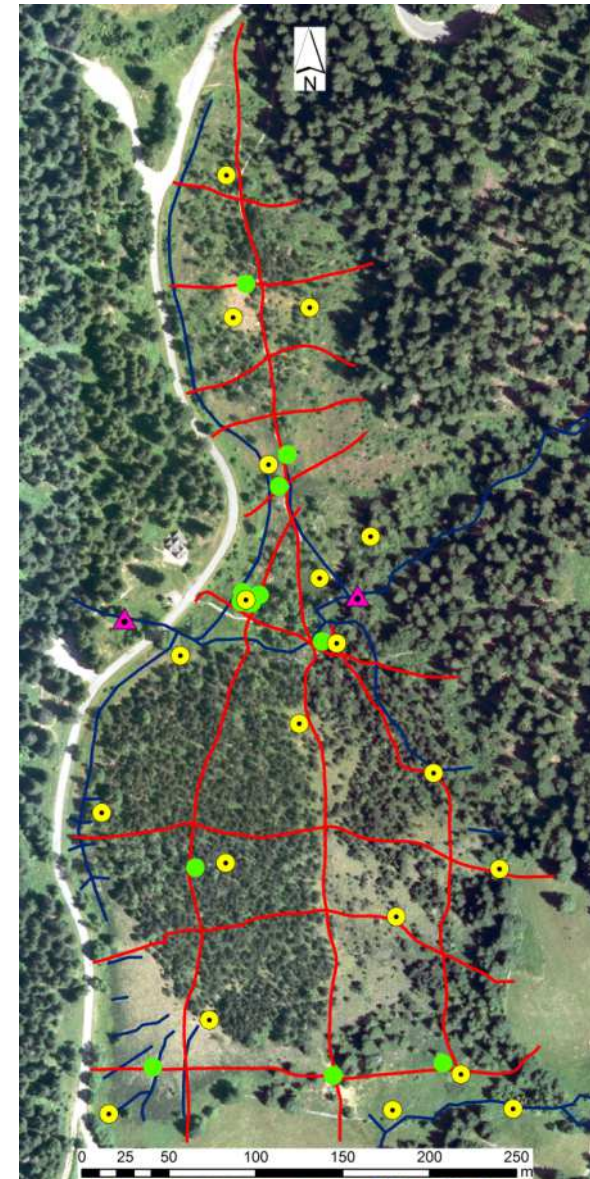
- Relief hérité de l'action des glaciers (moraines, cuvettes...)
- T0 = fonte des glaciers et dépôts de farines glacières
- Construction d'un réservoir organique
- Structuration d'un complexe tourbeux

# Mise en œuvre au Luitel

## Tâches effectuées

- **Partage de données** (notamment météorologique, hydrologique et géophysique)
- **Instrumentation complémentaire :**
  - 2 seuils jaugés ▲ faibles débits (sondes CTD) + 1 existant forts débits
  - 5 sondes en piézomètres + 7 existantes
- **Nivellement des piézomètres** ●
- **Géophysique :**
  - 12 profils — GPR (2700m) complémentaires de ceux réalisés en 2008
  - Géométrie tourbière, interface acrotelme/catotelme, interface tourbière/versant
- **Pédologie** ● : stage master 1, T. Jolly
- **Modélisation** : stage master 2, Y. Pascoletti
- **Géochimie moyennes-eaux** : ions majeurs, isotopes H<sub>2</sub>O

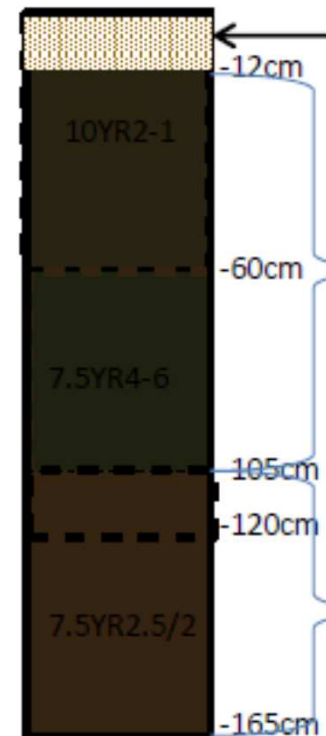
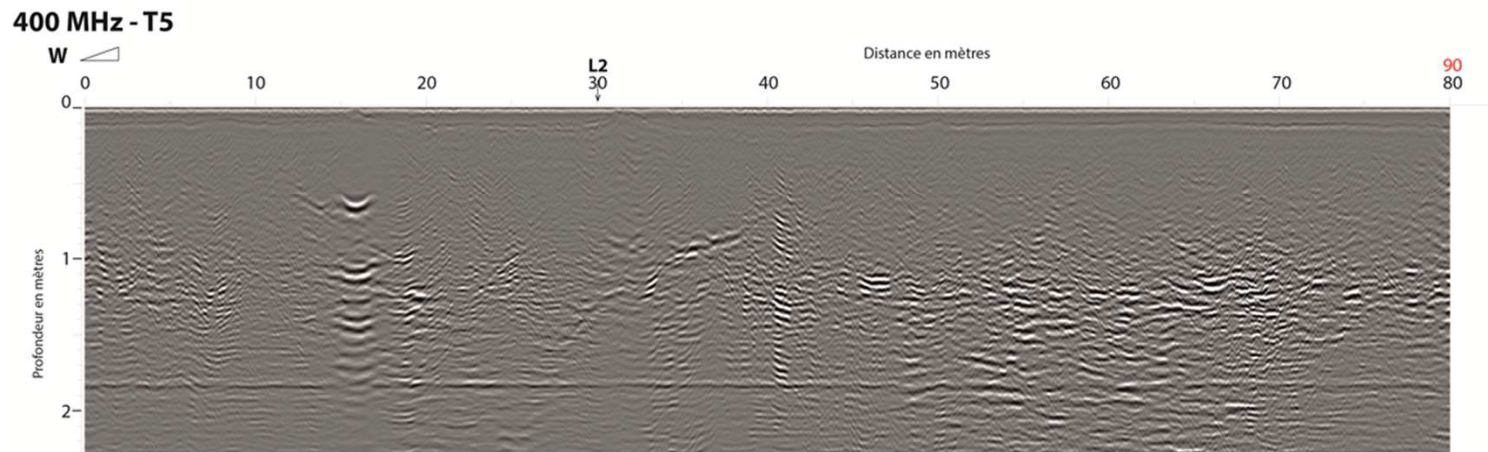
*Desplanque, 2011*





# Mise en œuvre au Luitel

## Géométrie 3D du Luitel (T. Jolly)



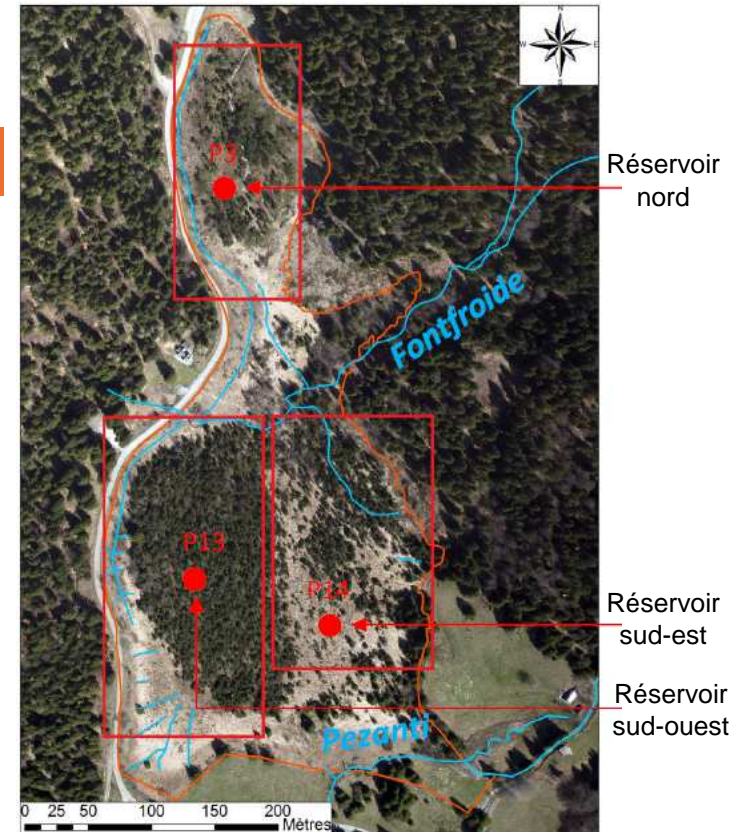
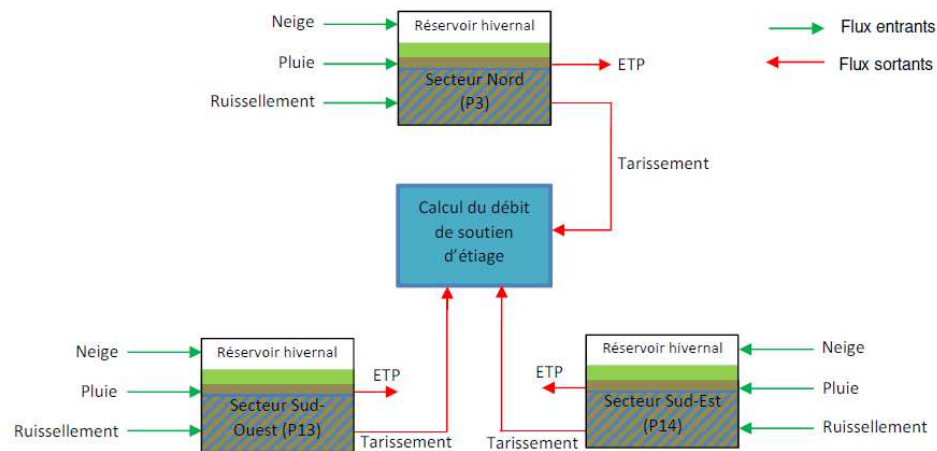
- **Tâches effectuées**
  - + Géométrie de la cuvette (GPR 2008)
  - + Recherche des interfaces dans la tourbière (GPR 2018)
  - + Caractérisation pédologique (2018)
- **Tâches prévues**
  - Validation et calibration des profils GPR
  - Interpolation de la structure 3D de la tourbière
  - Interprétation fonctionnelle du point de vue hydraulique

# Mise en œuvre au Luitel

## Essai de modélisation du soutien d'étiage (Y. Pascoletti)

- **Modèle réservoir (Vensim)**

Période	Débit moyen de Fontfroide (L/s)	Débit moyen de soutien d'étiage (L/s)	Pourcentage
Été 2014	8,36	0,21	2,52 %
Été 2015	11,74	0,06	0,53 %
Été 2016	4,56	0,07	1,45 %



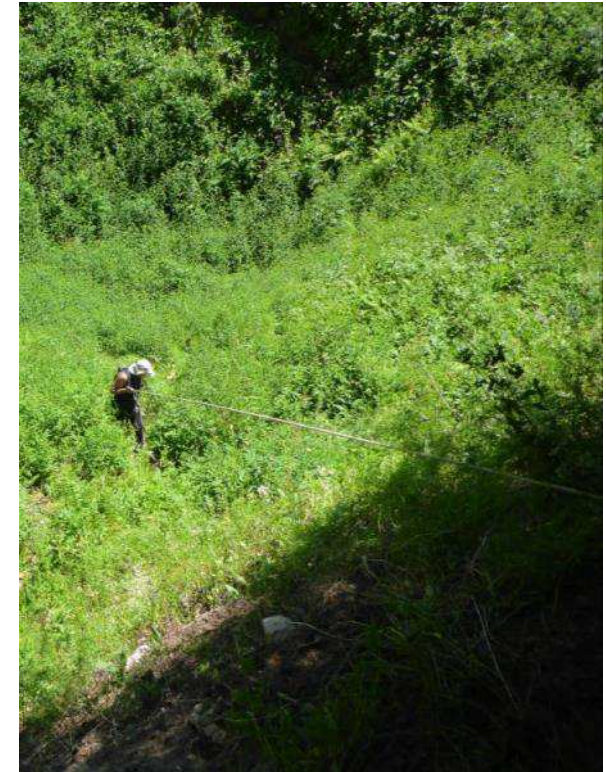
- **Meilleure compréhension du fonctionnement du complexe tourbeux**
- **Simulations représentatives de l'observé**
- **Quantification du soutien d'étiage et du bilan hydrologique**
- **Incertitudes à combler**



# Suite du projet

## Tâches prévues

- **Poursuite de l'acquisition de données et d'informations**
- **Analyse et synthèse des données**
- **Poursuite des travaux de modélisation**
- **Élaboration d'indicateurs synthétiques d'évaluation du soutien d'étiage**
  - à l'échelle du site (Frasne et Luitel)
  - à l'échelle du bassin versant (approche géomatique multicritère, ZH BV Aude)
- **Test et transférabilité des indicateurs**
  - sites présélectionnés en phase 1
  - ZH du BV de l'Aude
- **Restitution et valorisation**



*Installation d'une sonde CTD  
au Creux du lard  
(F. Paran, Juin 2018)*

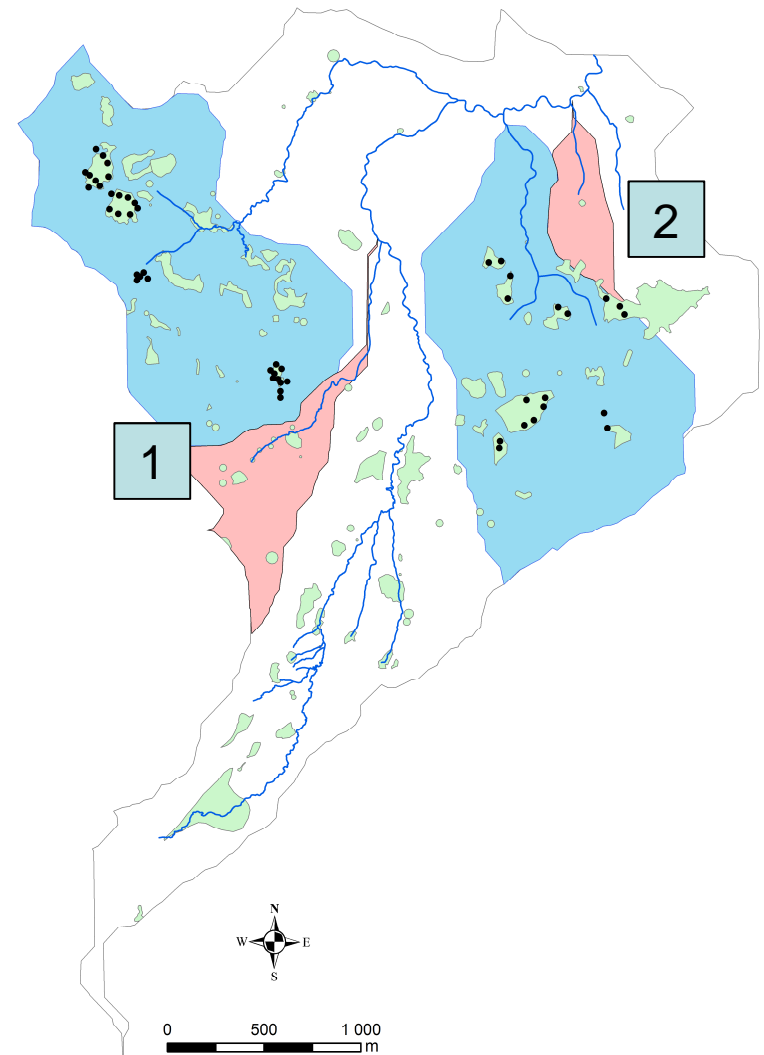
# Suite du projet

## Déphasage du signal pluie/débit à l'échelle de BV

- **Objectifs :**
  - Étude fonctionnelle de ZH (couple 1)
  - Étude du déphasage du signal pluie/débit (couple 2)
  - Bilan hydrologique à différentes échelles

### Bassin du Madres (ZH BV de l'Aude, ONF)

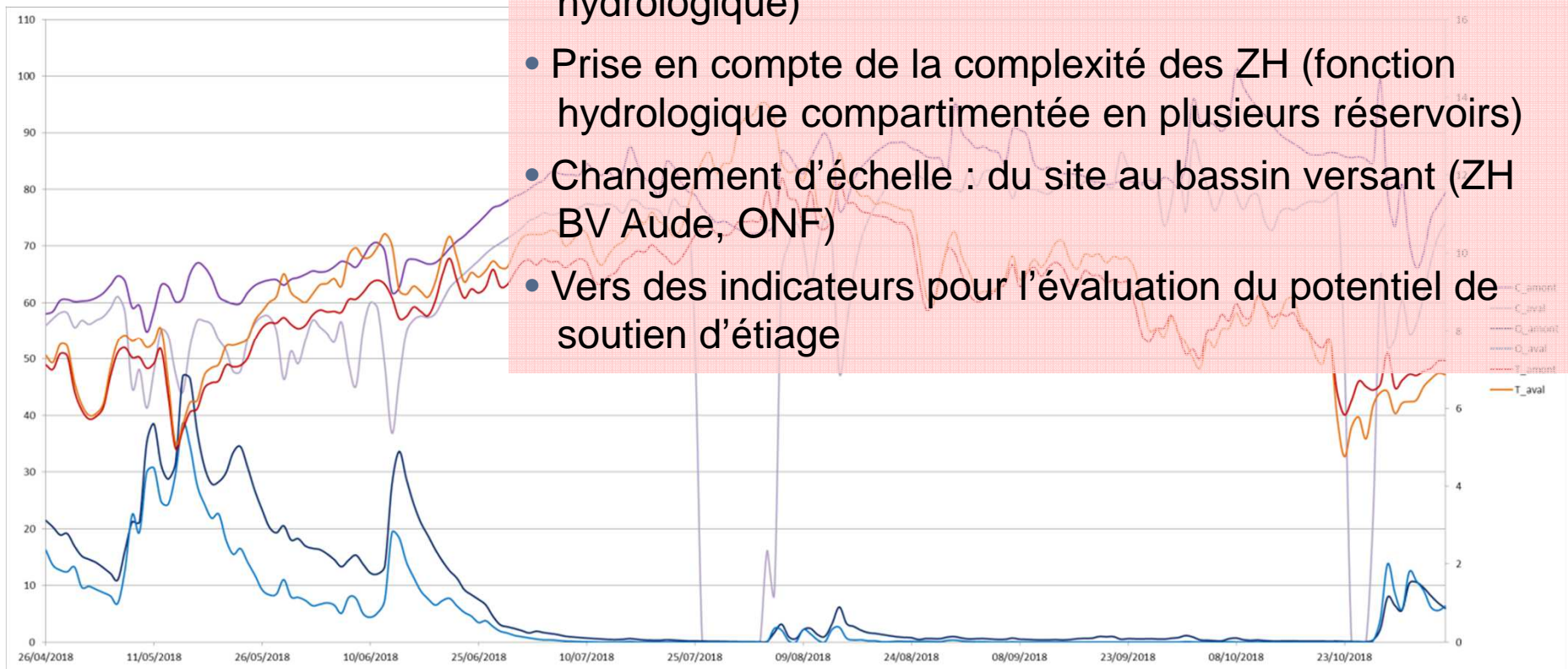
- **2 couples de bassins versants :**
  - témoins (peu de ZH)
  - expérimentaux (nombreuses ZH)
- **Instrumentation :**
  - Piézomètres avec sonde de pression
  - Station météo (1 par couple)
  - Seuils jaugés



# Conclusion

## Work in progress

- Questionnement sur le rôle de soutien d'étiage des ZH
- Détermination des paramètres clefs favorables au soutien d'étiage et nécessaires pour sa quantification (tourbières)
- Deux sites d'études (Luitel et Frasné)
- Intégration de la ZH dans son hydrosystème (bilan hydrologique)
- Prise en compte de la complexité des ZH (fonction hydrologique compartimentée en plusieurs réservoirs)
- Changement d'échelle : du site au bassin versant (ZH BV Aude, ONF)
- Vers des indicateurs pour l'évaluation du potentiel de soutien d'étiage



# Special thanks

## Post-doc, stagiaires et gestionnaires

- **Post-doc** : Jordan Ré-Bahuaud
- **Stagiaires de master** :
  - Yvan Pascoletti
  - Thomas Jolly
- **Tourbière de Luitel** :
  - Carole Desplanque (ONF)
  - Jean-Paul Laurent (LTHE)
- **Tourbière de Frasne**
  - Geneviève Magnon et Louis Collin (SMMAHD)
  - Marie-Laure Toussaint et Catherine Bertrand (Chrono Environment)



*GPR by night au Luitel  
(C. Desplanque, mars 2018)*



# Pour aller plus loin

## Références bibliographiques

- Paran F., Arthaud F., Novel M., Graillot D., Bornette G., Piscart C., Marmonier P., Lavastre V., Travi Y., Cadilhac L. (2015) Caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire – Guide méthodologique. Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse – Eau et connaissance, 178p.
- 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. Mines Saint-Étienne
- Paran F., Augeard B. (coordinateurs) (2017) Guide technique Interactions nappe/rivière : des outils pour comprendre et mesurer les échanges. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 102p.
- Chapuis H. (2017) Caractérisation, évaluation, modélisation des échanges entre aquifères karstiques et rivières – Application à la Cèze (Gard, France). Thèse de Doctorat. Mines Saint-Étienne.
- Paran F., Ré-Bahuaud J., Graillot D. (2017) Étude et compréhension du rôle hydrologique et hydrogéologique des zones humides de têtes de bassins dans le soutien d'étiage des cours d'eau. Recherche de références dans les contextes très contrastés du bassin du Rhône. Rapport phase 1. Zabr, AE-RMC, UMR 5600 EVS, Mines Saint-Étienne.
- Gilvear D.J., Bradley C. (2009) Hydrological dynamics II: groundwater and hydrological connectivity. In The Wetlands Handbook (eds E. Maltby & T. Barker), pp. 169–193. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Manneville O., Vergne V., Villepoux O. (1999) Le monde des tourbières et des marais. Delachaux et Niestlé ed. Lausanne (Switzerland)-Paris, 320p
- Wastiaux C., 2008. Les tourbières sont-elles des éponges régularisant l'écoulement ? Bulletin de la Société géographique de Liège, 50, 2008, 57-66.
- Desplanque C. (2011) Plan de Gestion 2011-2020.
- Desplanque C., Garambois S. (2010) Caractérisation de la paléotopographie de la tourbière ombrotrophe du Luitel au moyen de méthodes géophysiques. Ann. Sci. Rés. Bios. Trans. Vosges du Nord-Pfälzerwald, 15, pp. 305-3015.

