

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

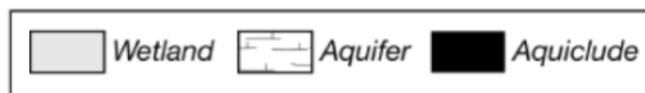
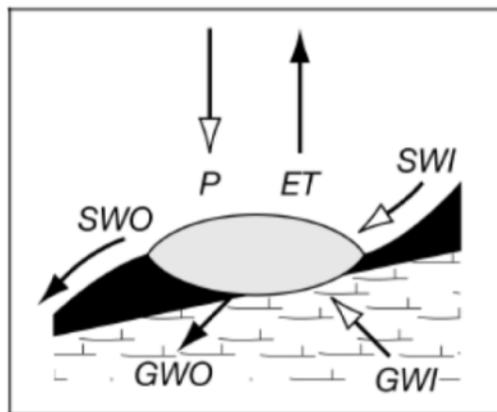
**SAUVONS
L'EAU!**

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



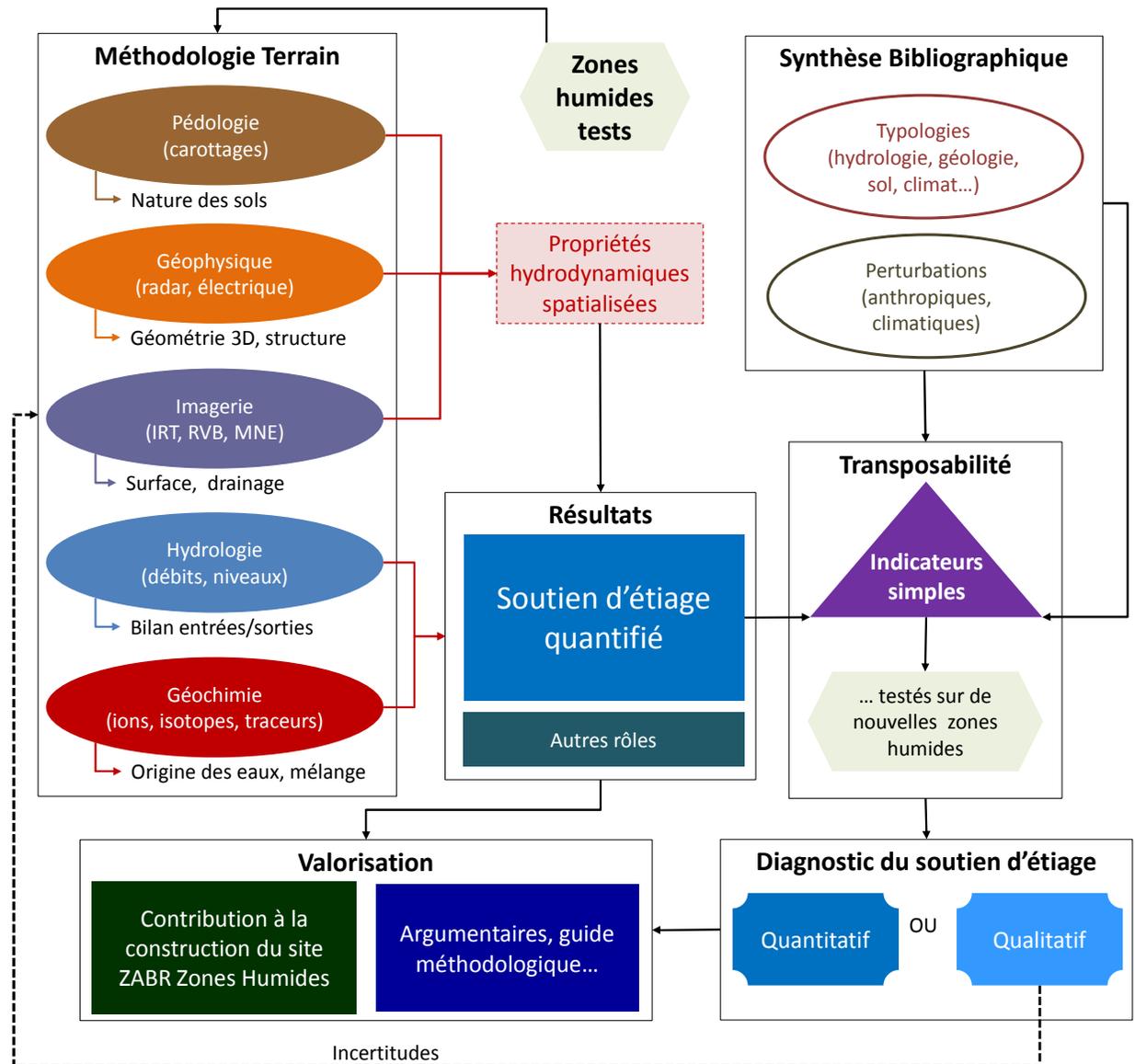
Luitel : bassin versant amont (Chamrousse)

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

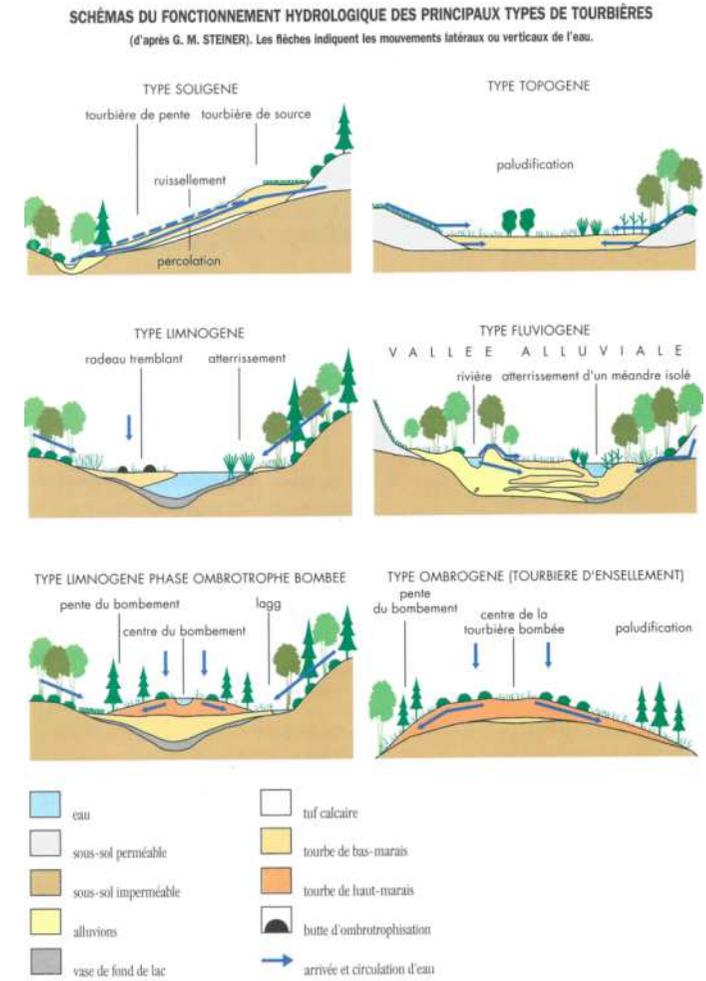
Quantification, potentialité, indicateurs

- **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

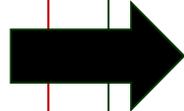


In Manneville et al., 1999

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)**



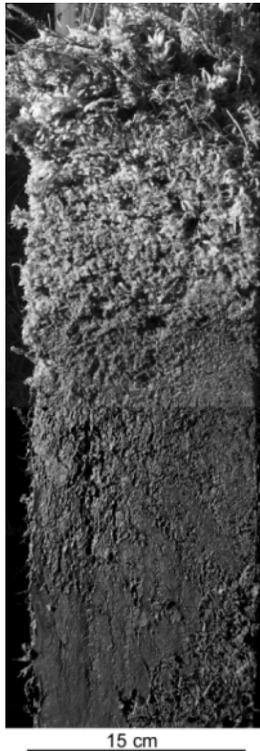
- **Tourbière de Frasne (Doubs)**



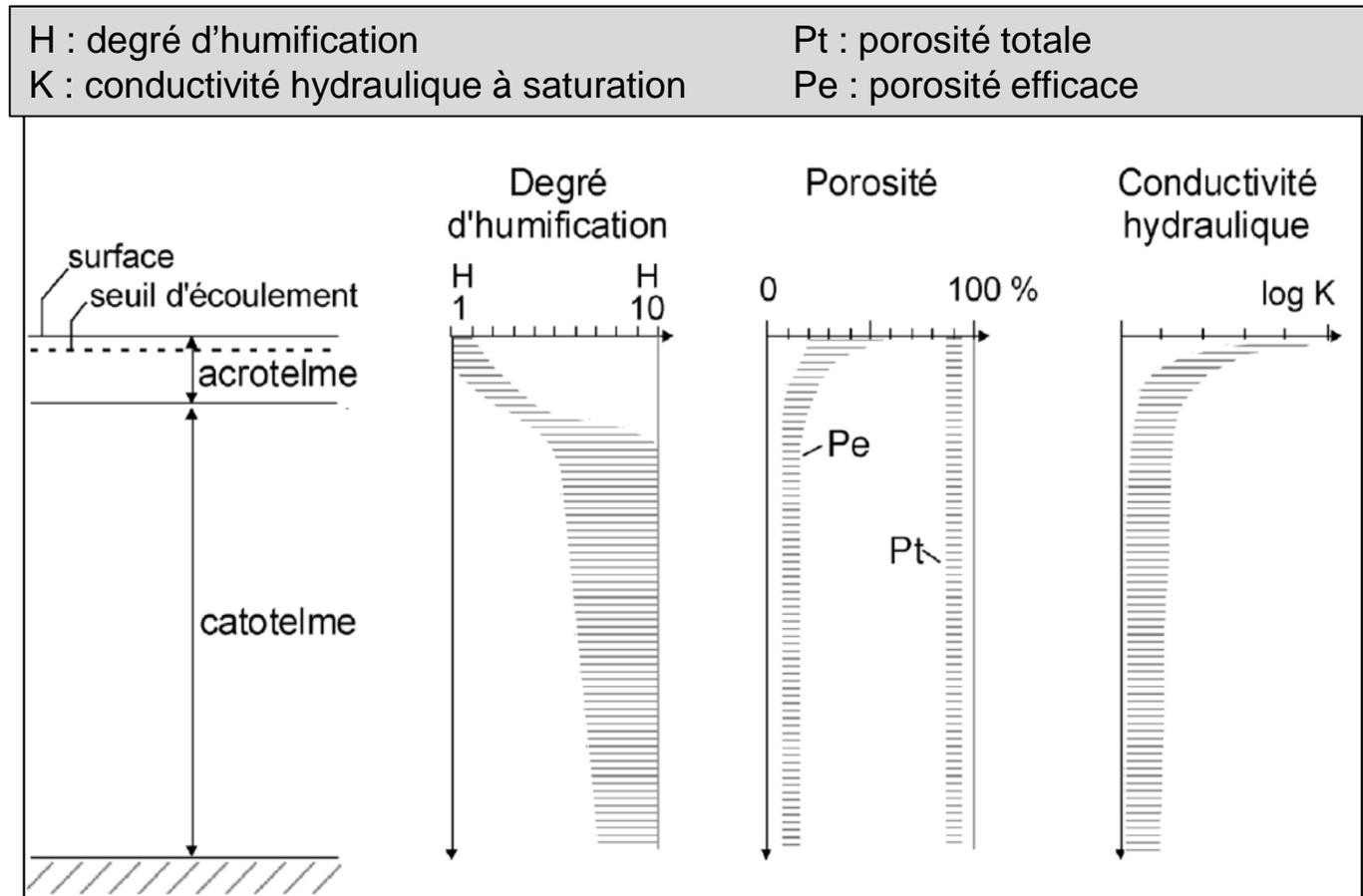
- **Autres sites** : Tourbière de Praubert (74), Marais de Vaux (01), Tourbière de Montselgues (07)

Apports de l'état de l'art

Structure des tourbières (modèle diplotelmique)



Wastiaux, 2008



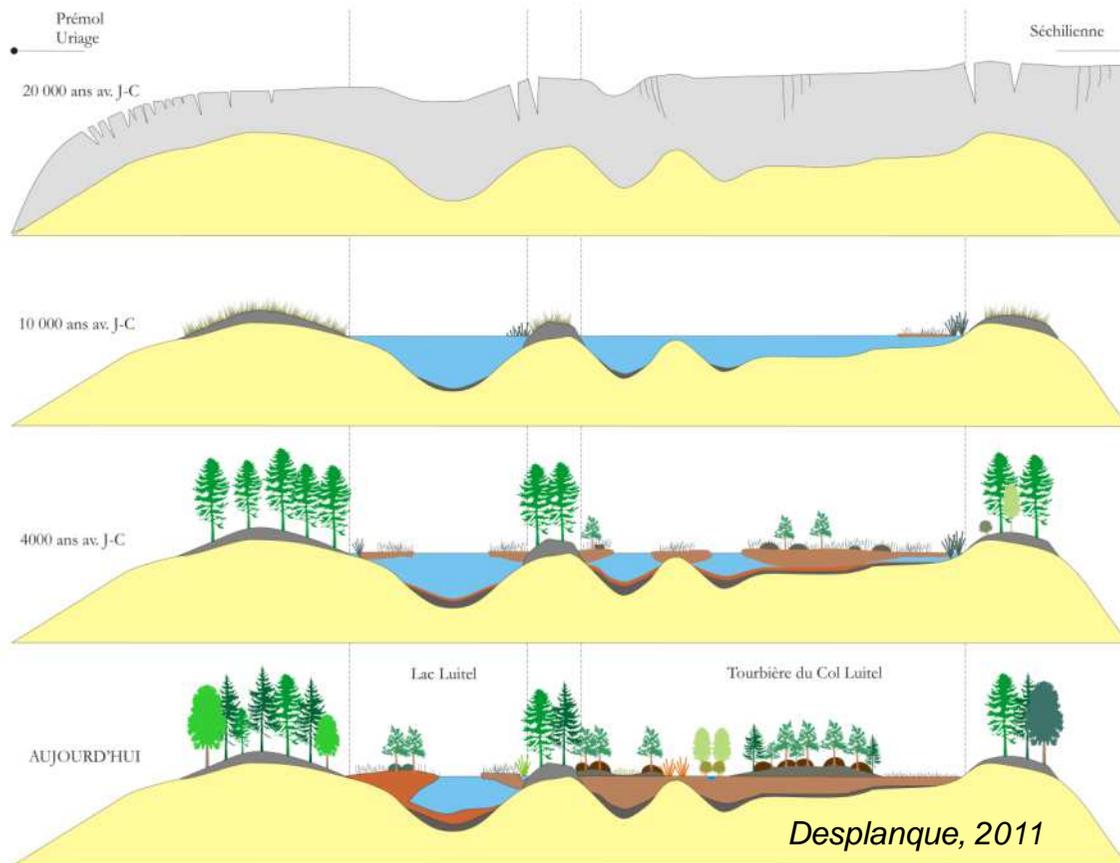
Apports de l'état de l'art

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) Propriétés hydrodynamiques (K et S) de l'acrotelme (inf : K intermédiaire : 10^{-3} à 10^{-5} m.s ⁻¹) - Capacité d'infiltration de l'acrotelme (forte) - Microtopographie (ralentissement ruissellement)	
	Transitoires		Travaux de drainage (court terme) - Forte ETP (espace disponible pour le stockage)
	Conditionnels	Volume et épaisseur de l'acrotelme (grand) - Géométrie (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 - ETP / prélèvement végétaux dans nappe (fort)	
	Transitoires		Travaux de drainage (long terme) - Fréquence élevée de hauts niveaux piézométriques (peu d'espace de stockage)
	Conditionnels	Pipes (écoulement préférentiel souterrain) - Pente du substratum (>5%)	

Mise en œuvre au Luitel

Construction du complexe tourbeux



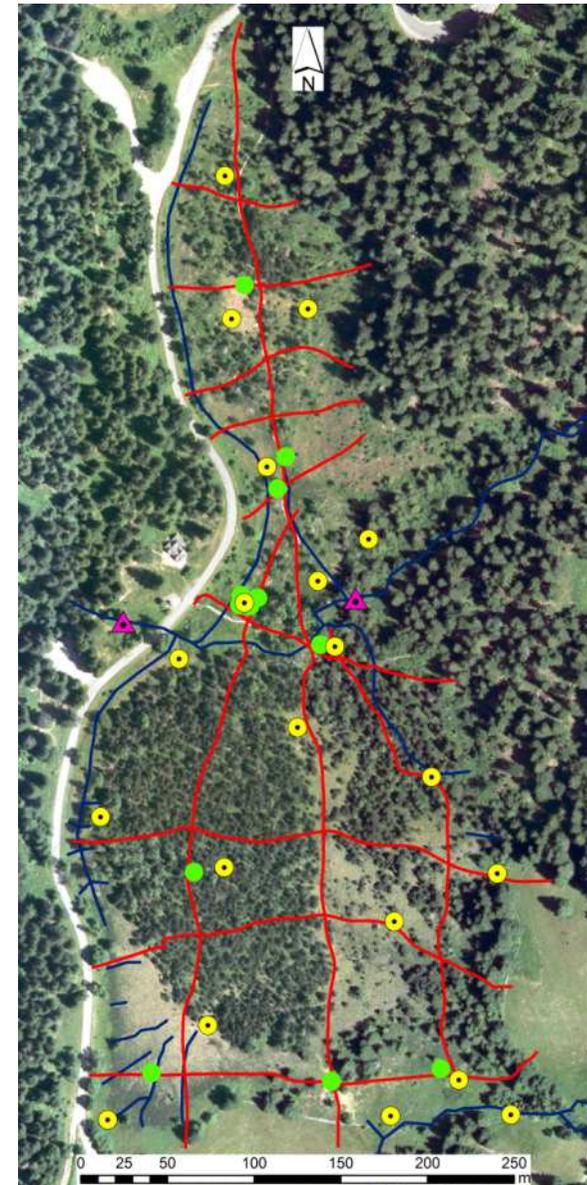
- Relief hérité de l'action des glaciers (moraines, cuvettes...)
- T0 = fonte des glaciers et dépôts de farines glacières
- Construction d'un réservoir organique
- Structuration d'un complexe tourbeux

Mise en œuvre au Luitel

Tâches effectuées

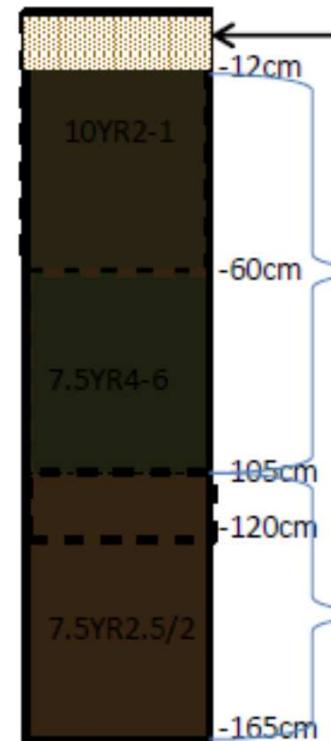
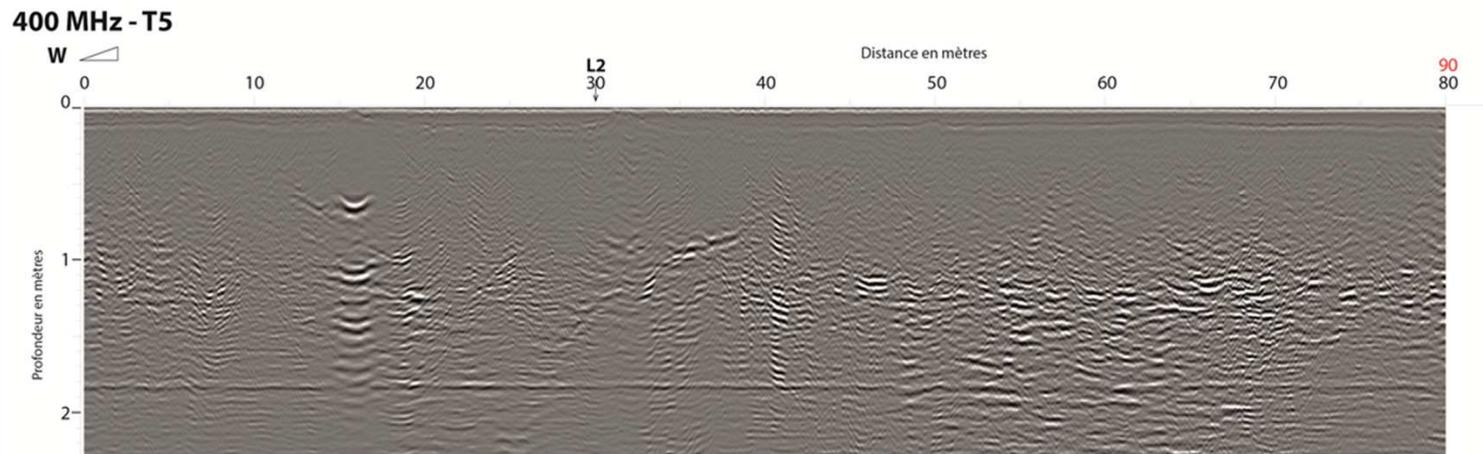
- **Partage de données** (notamment météorologique, hydrologique et géophysique)
- **Instrumentation complémentaire :**
 - 2 seuils jaugés ▲ faibles débits (sondes CTD) + 1 existant forts débits
 - 5 sondes en piézomètres + 7 existantes
- **Nivellement des piézomètres** ●
- **Géophysique :**
 - 12 profils — 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 H₂O

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**

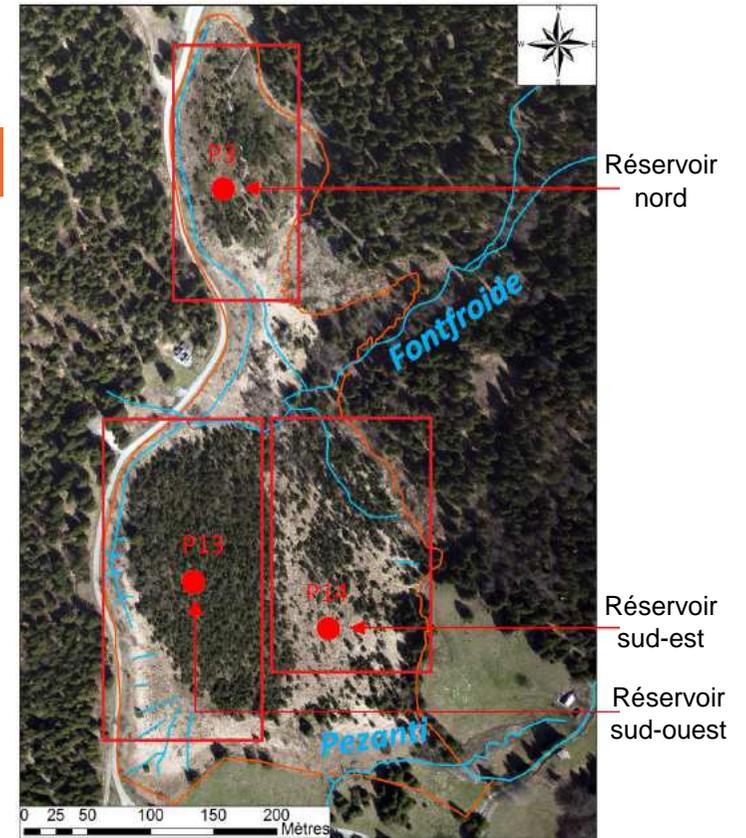
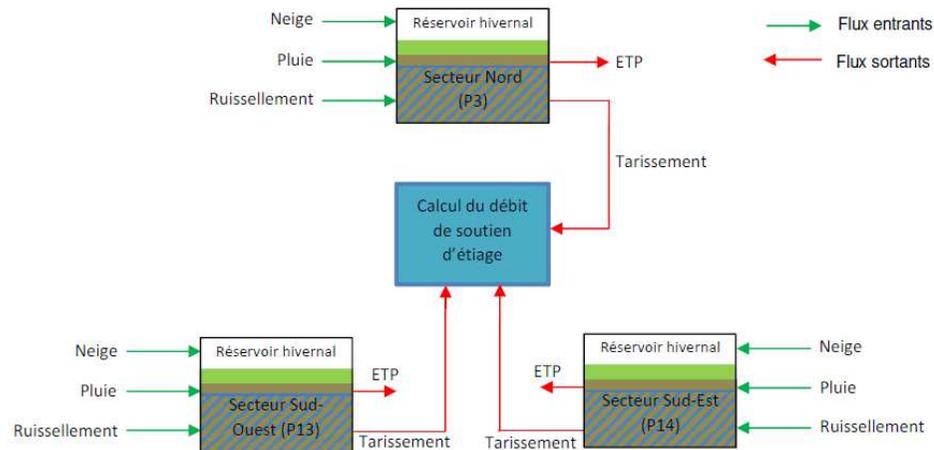
- Validation et calibration des profils GPR
- Interpolation de la structure 3D de la tourbière
- Interprétation fonctionnelle du point de vue hydraulique

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 %

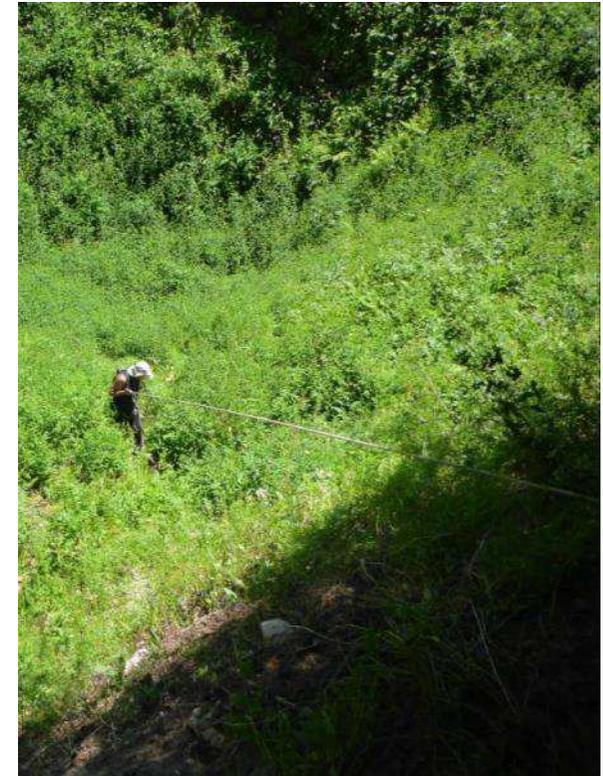


- **Meilleure compréhension du fonctionnement du complexe tourbeux**
- **Simulations représentatives de l'observé**
- **Quantification du soutien d'étiage et du bilan hydrologique**
- **Incertitudes à combler**

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 Iard
(F. Paran, Juin 2018)*

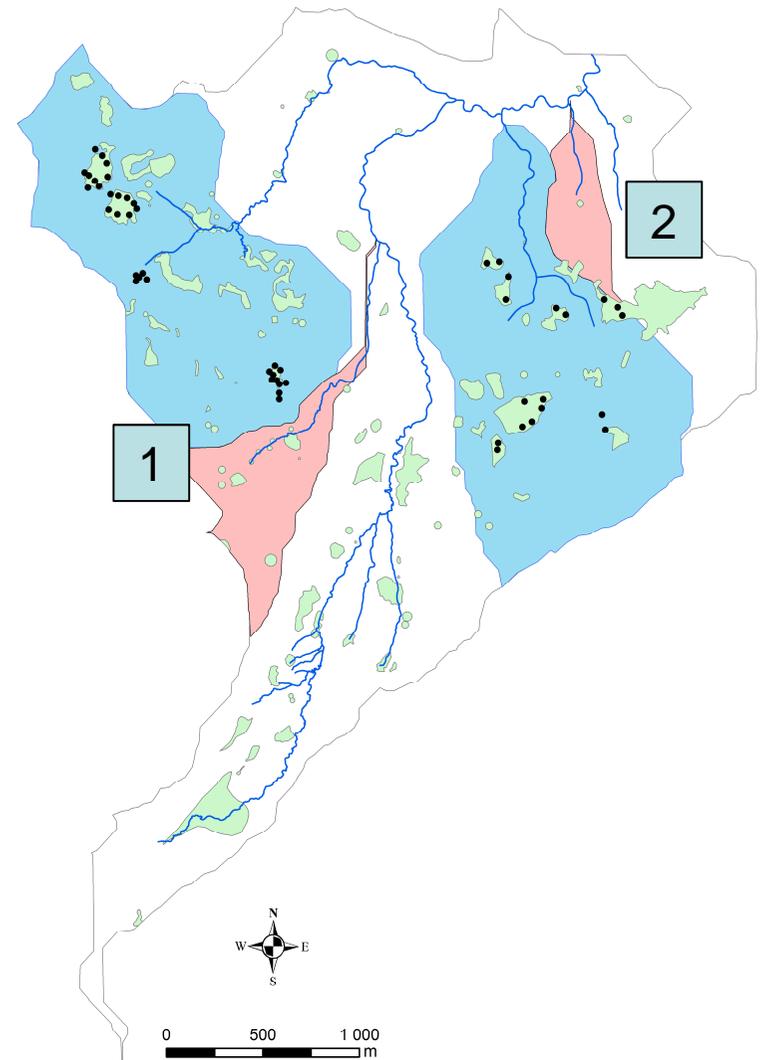
Suite du projet

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)

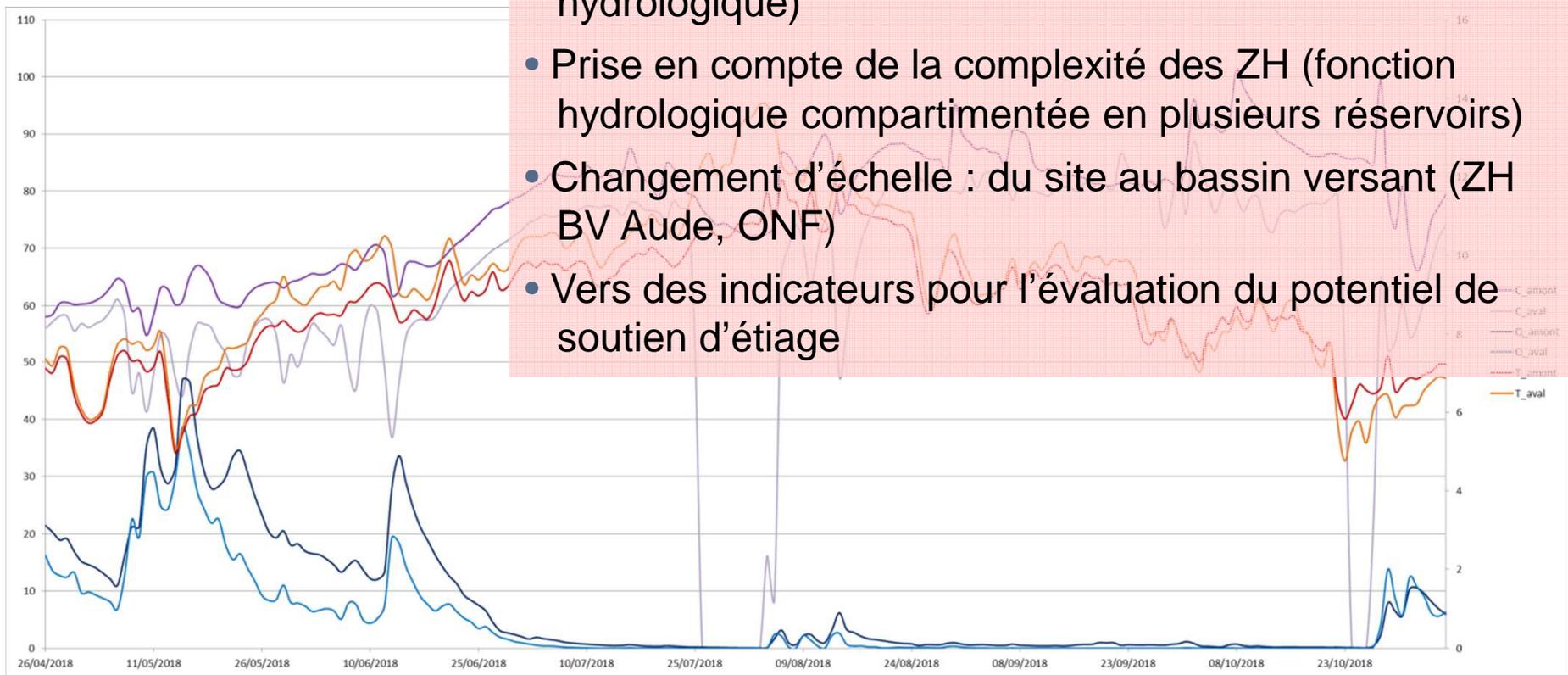
- **2 couples de bassins versants :**
 - témoins (peu de ZH)
 - expérimentaux (nombreuses ZH)
- **Instrumentation :**
 - Piézomètres avec sonde de pression ●
 - Station météo (1 par couple)
 - Seuils jaugés



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.

