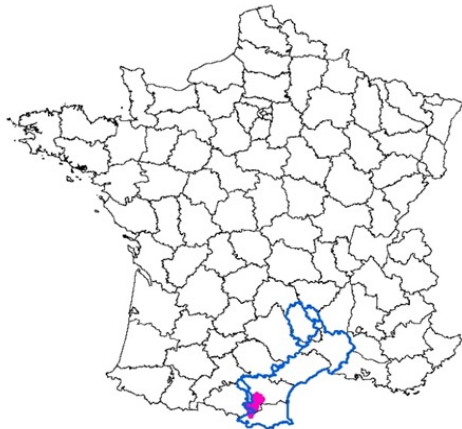


Etude du fonctionnement hydrologique des zones humides de tête de bassin versant de l'Aude (11)



Massif du Madrès

Benoît LARROQUE, ONF

Frédéric PARAN, Mines St Etienne

Cycle Forêt, sol et eau, des alliés naturels

*Les chemins de l'eau et le changement climatique,
outils et gestion adaptative
des forêts méditerranéennes*

24 avril 2023 Marseille

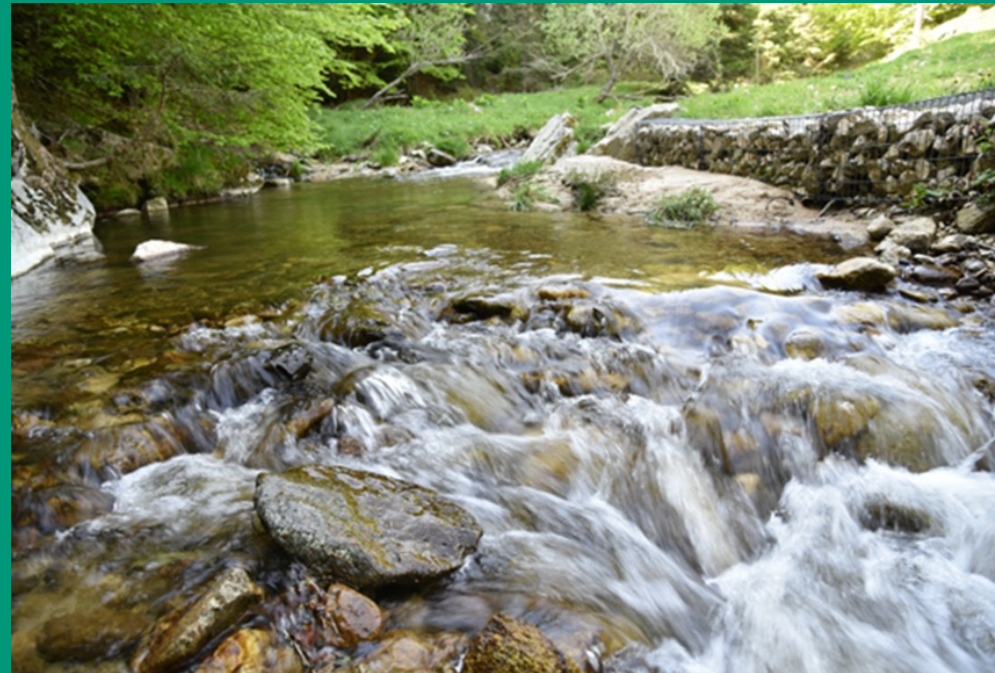


Plan de la présentation

- 1. Contexte, questionnements, méthodologie**
 - 2. Synthèse des apports scientifiques : résultats et indicateurs**
 - 3. Préconisations opérationnelles**
 - 4. Conclusions et perspectives**
- + Temps d'échange



1. Contexte, questionnements, méthodologie



Contexte et problématique générale

Déficit hydrique important du bassin de l'Aude (37 millions de m³ par an – SMARR, 2009)

Tension sur la ressource avec **contrastes** forts entre :

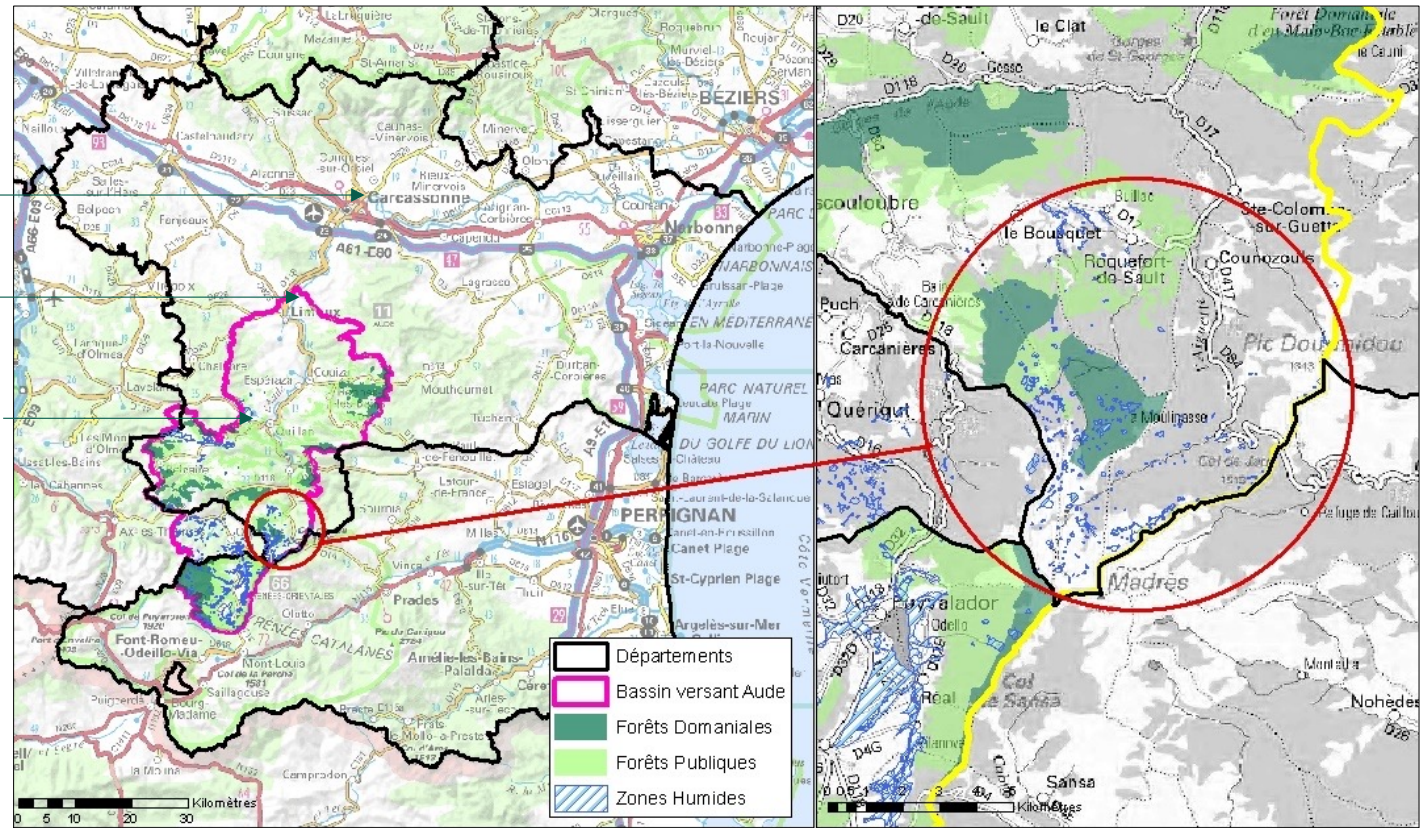
- les besoins en eau des secteurs médian (agglomération de Carcassonne) et aval (plaine agricole)
- les apports de l'amont

-> Estimer les fonctions des zones humides (ZH) dans le cycle hydrologique

- Évaluer la **capacité de soutien d'étiage** des zones humides
- Évaluer le **rôle des zones humides dans l'atténuation des crues**
- Dégager des indicateurs de soutien d'étiage/atténuation des crues des zones humides
- Déterminer les processus fonctionnels au sein des zones humides
- Caractériser un fonctionnement hydrologique peu étudié, voire méconnu
- Améliorer la gestion des zones humides et des espaces naturels forestiers à l'amont



Localisation : la haute vallée de l'Aude (HVA)



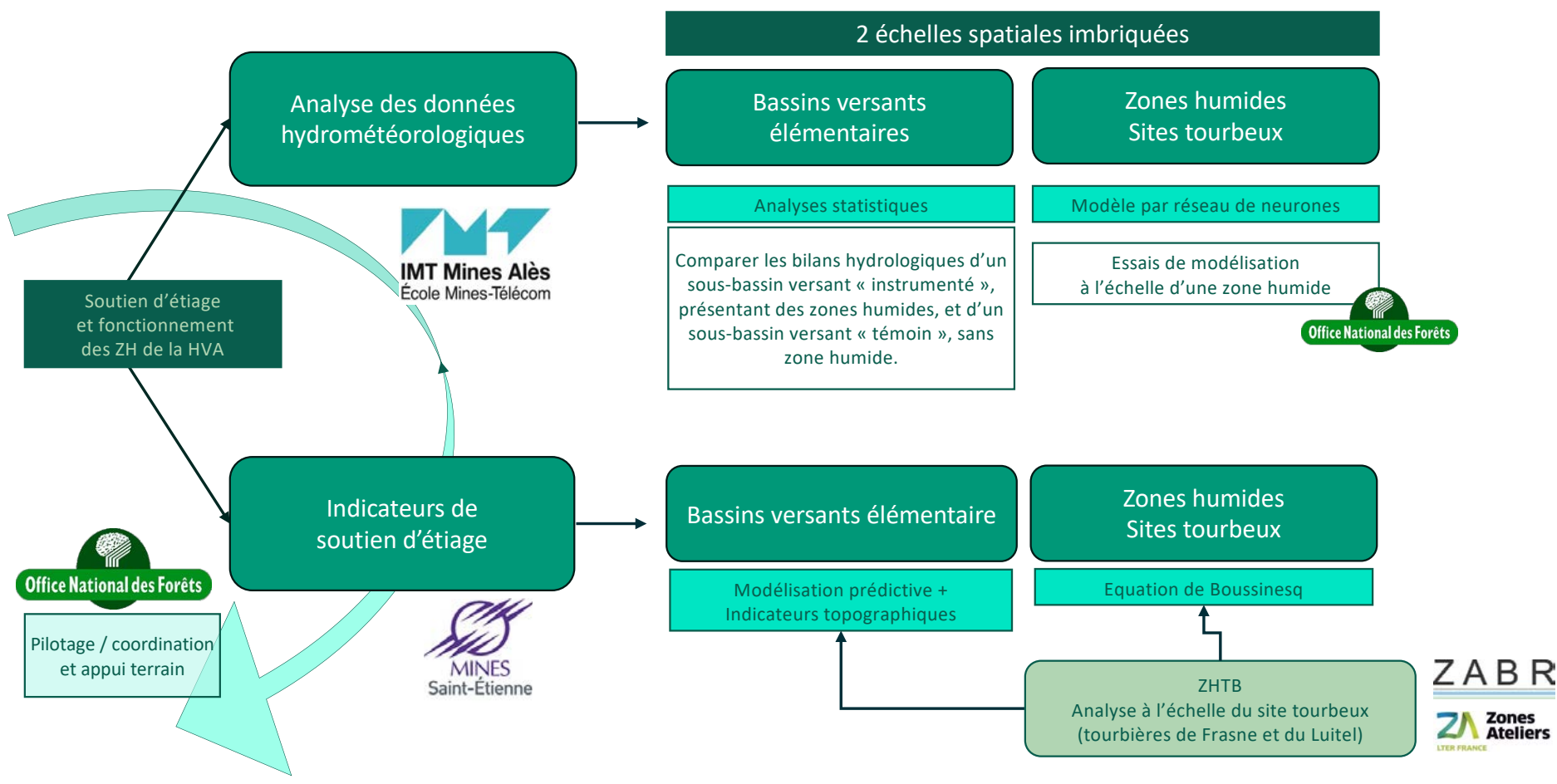
Carte - Localisation de la partie amont du bassin versant de l'Aude (en rose) et de la tête de bassin versant de l'Aude sélectionnée dans l'étude (en rouge)

Carte – Localisation du bassin versant de la Haute Vallée de l'Aude en orange

(source : smmar.org)



Projet en 3 phases conduites entre 2017 et 2022



Instrumentation mise en place

Échelle du bassin versant

Bassin versant Pountarrou

1 sous-bassin versant pilote avec ZH (rouge pointillés)

1 sous-bassin versant témoin sans ZH (vert pointillés)

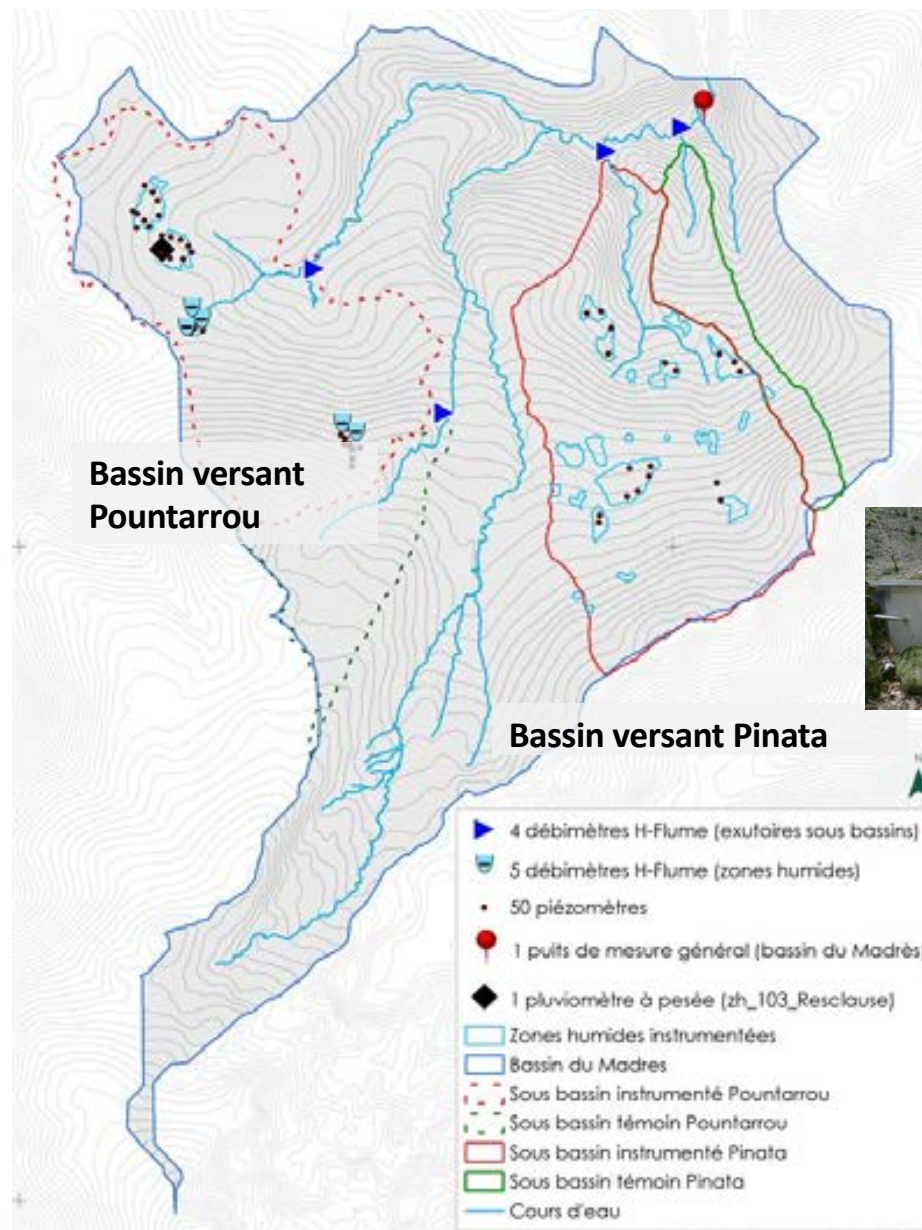
- 2 H-Flume¹ (débitmètres) aux exutoires
- Pluviomètre²

Echelle de la zone humide

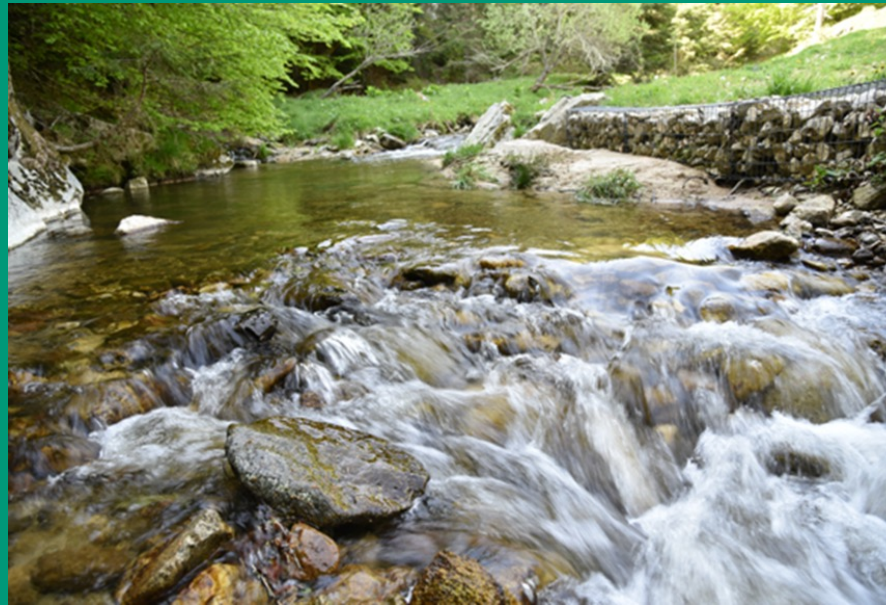
Bassin versant Pountarrou

4 ZH instrumentées (contours bleus)

- 32 Piézomètres³ dans les zones humides
- 5 H-Flume (débitmètres) aux exutoires



2. Synthèse des apports scientifiques : résultats et indicateurs



Etude du comportement hydrologique du bassin versant Pountarrou

Démarche de l'étude

- **Variables d'entrée** : pluviométrie, température, géologie, et couvert végétal, données hydrologiques
- **Comparaison des bilans hydrologiques** des 2 sous-bassins définis par leurs exutoires respectifs (H-Flume)
- **Analyses statistiques** : valeurs caractéristiques, valeurs classées des débits, corrélations simples, autocorrélation et corrélations croisées...
- **Modélisation** : sous-découpage effectué par bandes d'altitude, prise en compte de la fonte de neige différenciée, pas de temps journalier, modèle SOCONT

Bassin versant

=

Un sous-bassin instrumenté (forte densité de ZH) et un sous bassin témoin (densité de ZH + faible)

Données collectées disponibles



Résultats de l'étude du comportement hydrologique des sous-bassins

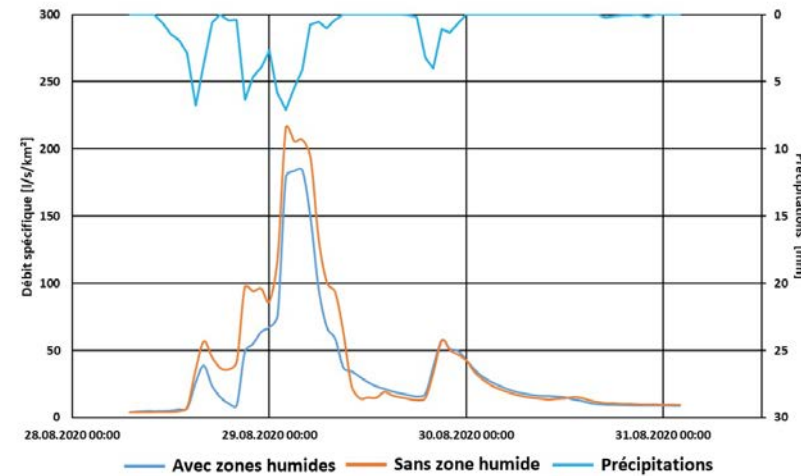
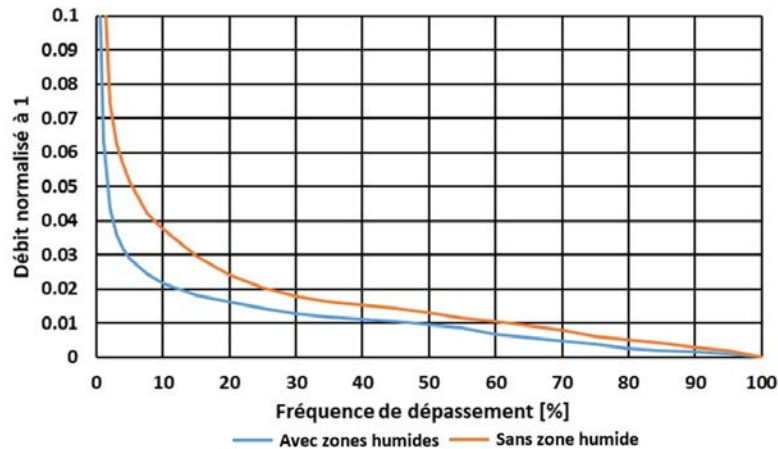
Interprétation de la contribution des ZH aux écoulements en rivière

Des différences faibles mais des bénéfices réels

- Zones humides majorent l'évapotranspiration
- Forte **contribution des ZH à l'apparition d'orages de chaleur**, bénéfiques au soutien d'étiage
- Fin été : ZH **écrêtent les tout premiers écoulements** liées aux crues estivales en se rechargeant

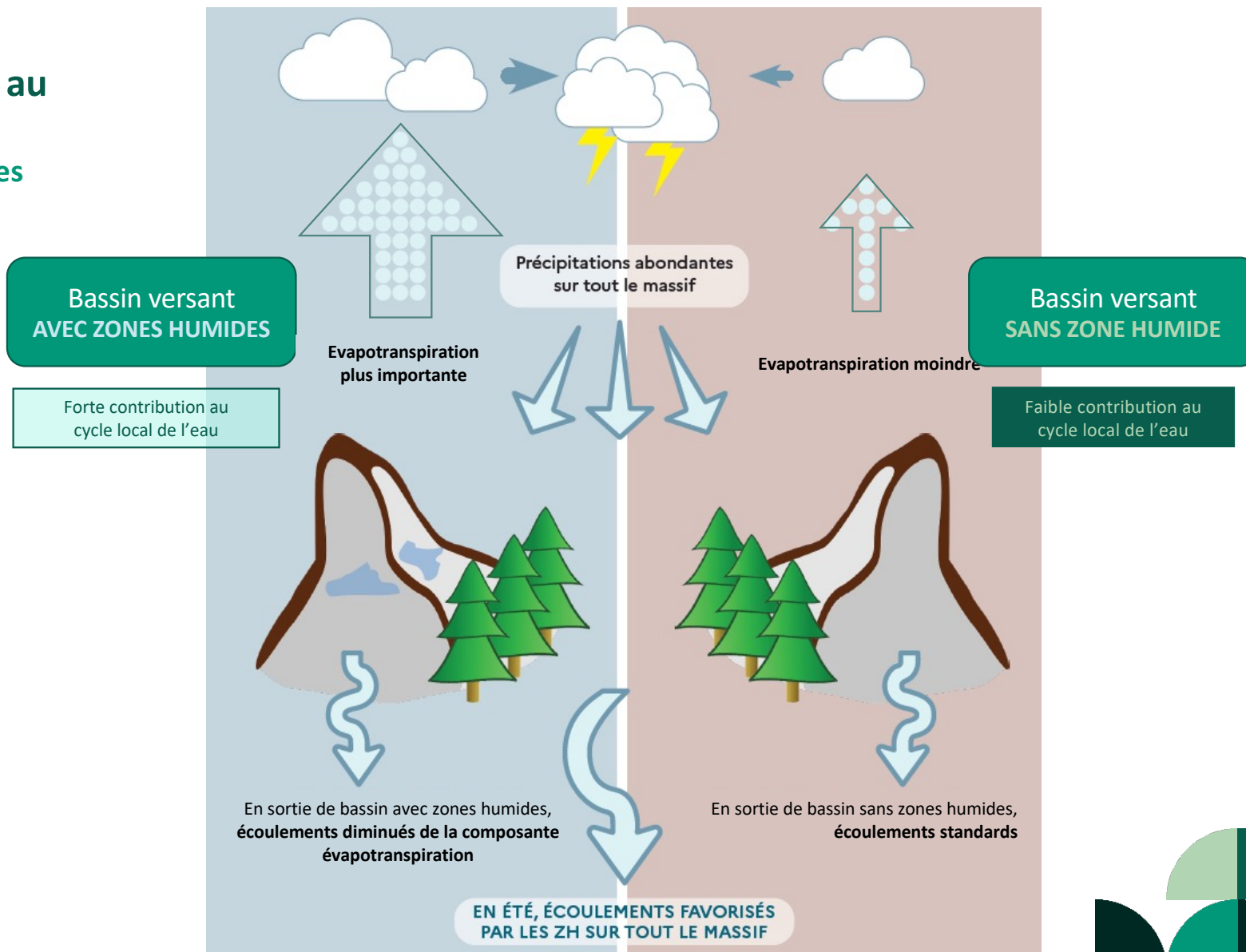
Sensibilité élevée à l'évapotranspiration
=
vulnérabilité des ZH face à une augmentation des températures liée au changement climatique

Débits classés - comparaison



Contribution des ZH au cycle de l'eau

Schéma des connaissances actuelles



Indicateurs de soutien d'étiage

Echelle du site tourbeux

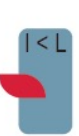
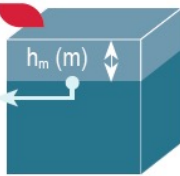
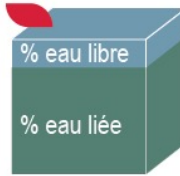
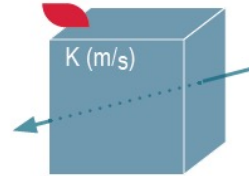
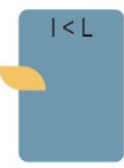
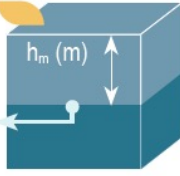
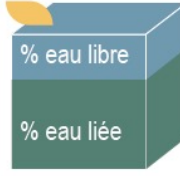
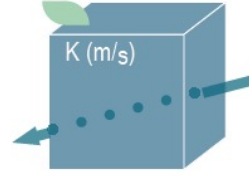
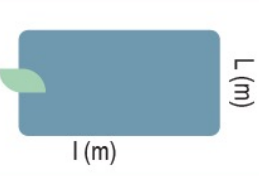
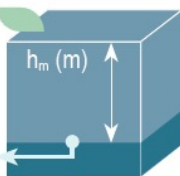
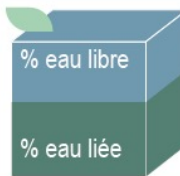
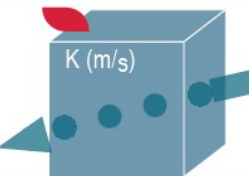
Site tourbeux

=

un réservoir : la zone humide

+ un exutoire principal : le cours d'eau

Quelques éléments de définition : 5 paramètres utilisés dans l'équation de Boussinesq

Différents potentiels pour chaque variable	Géométrie du réservoir		Propriétés hydrodynamiques du réservoir	
	Surface et forme $l \times L$: surface (ha) l/L : ratio de forme	Hauteur d'eau au-dessus du niveau de l'exutoire h_m : charge hydraulique (m)	Déstockage par gravité Φ : Porosité efficace (eau libre, %) [vs eau liée non déstockable, %]	Facilité avec laquelle un flux liquide traverse le réservoir K : conductivité hydraulique (m/s)
faible				
moyen				
fort				

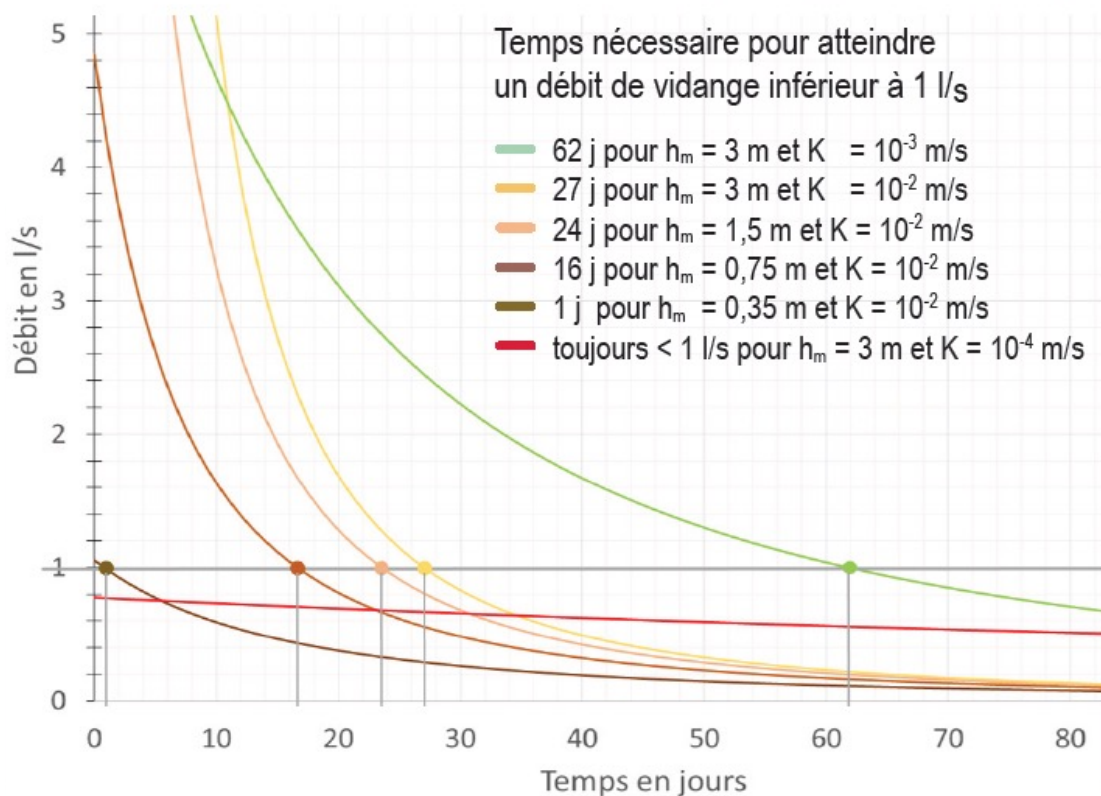
Indicateurs de soutien d'été

Echelle du site tourbeux

Site tourbeux

= un réservoir : la zone humide
+ un exutoire principal : le cours d'eau

Interprétation : cas des zones humides du Massif du Madrès



Prises individuellement

Combinaisons de paramètres peu favorables au soutien d'été :

- **petite surface** (souvent inférieure à 10 ha)
- longueur $>$ largeur (**forme allongée** dans le sens de la pente et de l'écoulement)
- faible charge hydraulique (**épaisseur** mouillée de **moins de 1 m**)
- une **conductivité hydraulique faible** voire très faible ($< 10^{-4}$ m/s voire moins).



Indicateurs de soutien d'étiage

Echelle du bassin versant



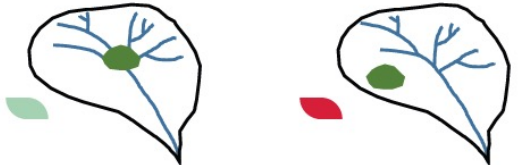
Indicateurs retenus

Bassin versant



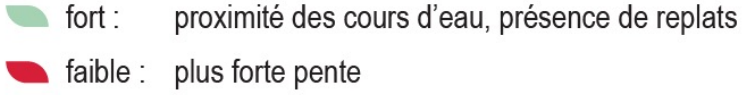

=

Un réseau de zones humides interconnectées qui stockent l'eau avec des flux convergent vers un exutoire

3 indicateurs pour le potentiel de stockage d'eau

1. Humidité des sols
 <p>faible fort</p>
2. Pente local et aval de la ZH

3. Convergence des flux vers les ZH


4 indicateurs pour le potentiel de connectivité avec le réseau hydrographique

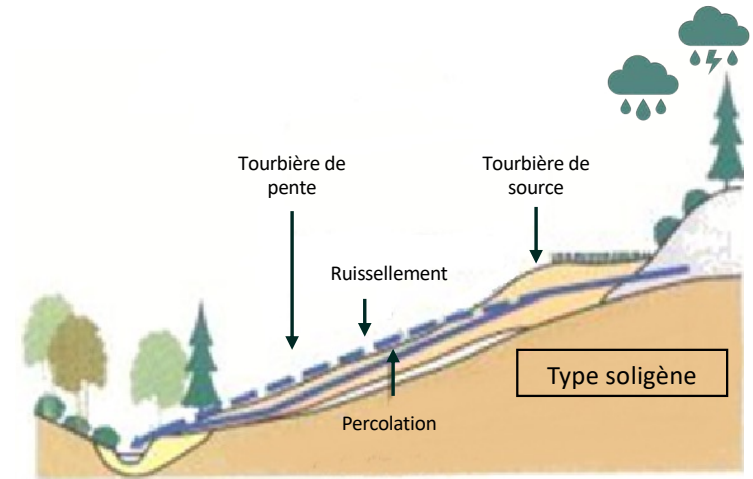
1. Distance verticale vers l'écoulement aval (dv)

2. Distance le long de la pente vers l'écoulement aval (dp)

3. Ratio dv/dp
 <p>fort : proximité des cours d'eau, présence de replats faible : plus forte pente</p>
4. Ratio distance au crête / distance à l'exutoire du bassin versant


3. Préconisations opérationnelles



Fonctionnalités écologiques et hydrologie

Morphologie des ZH, hydrologie et communautés végétales



1 Morphologie des ZH étudiées

Exposition au **Nord** fréquente
 Taille **restreinte** (*Pinata plages plus vastes*)
 Configuration paysagère différente
 Gestion passée différente

2 Hydrologie

Alimentation météorique
 Apports en eau diffus
 ruissellement + écoulements souterrains

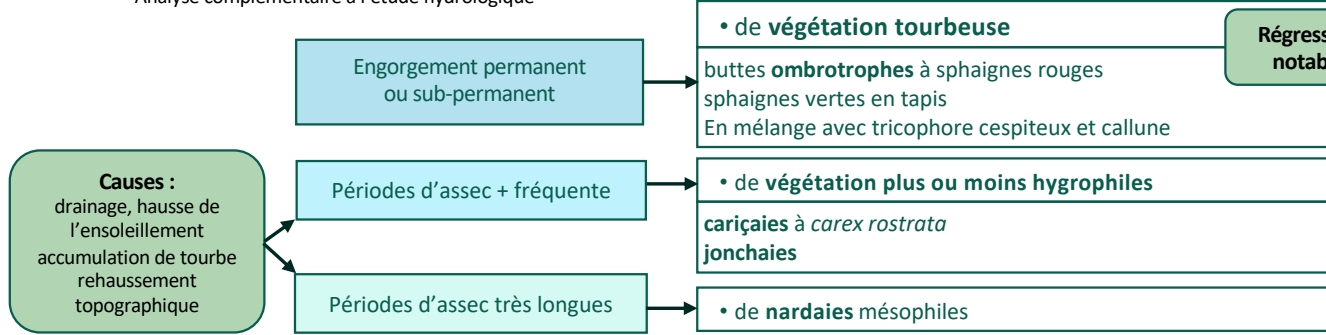
Soligènes
 Minérotrophes
 Tourbières de pente

Transfert d'eau complexes
 Existence probable de nappes souterraines

3 Communautés végétales

Alternance de patches de végétation significatifs d'un engorgement et d'une alimentation différenciée :

*Analyse complémentaire à l'étude hydrologique

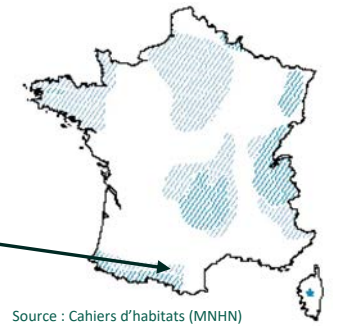


Régression notable

Priorité de la gestion

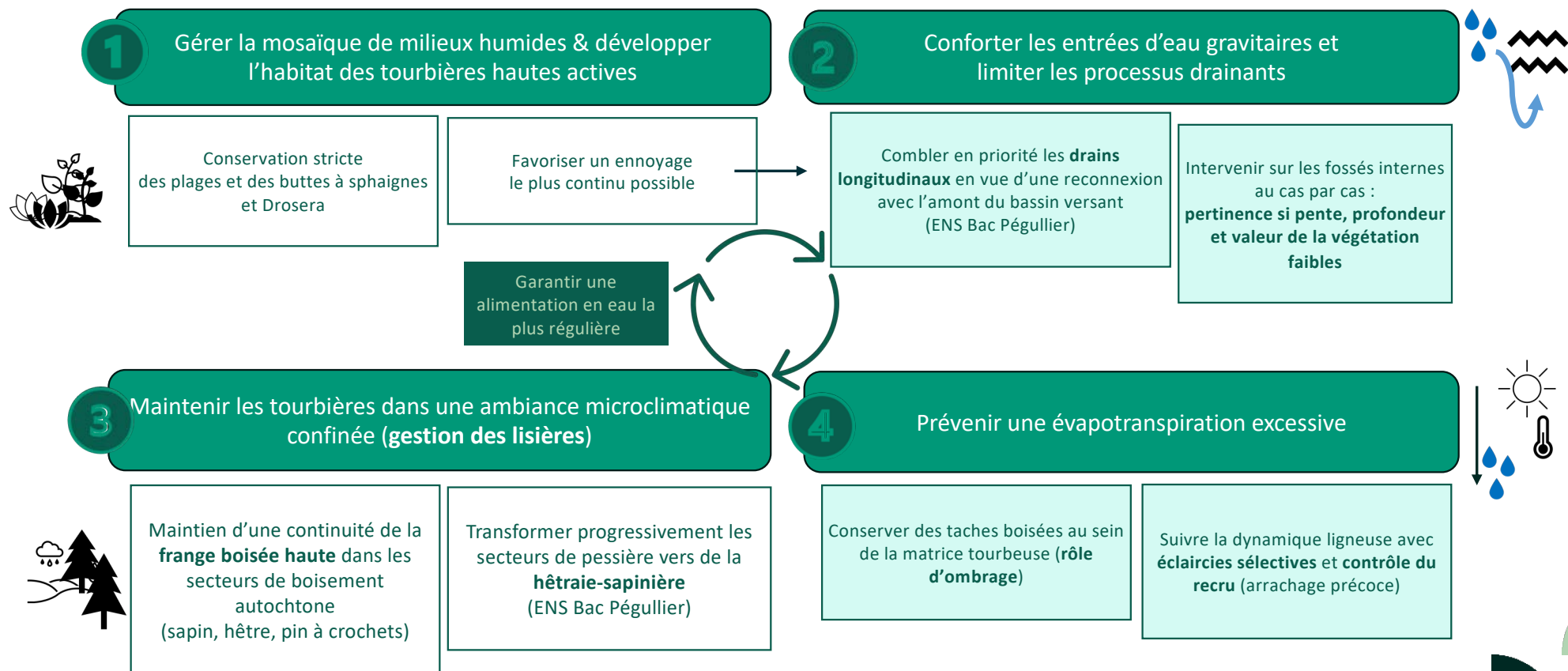
Habitat des tourbières hautes actives
 7110 (Cahier d'Habitats MNHN)
 51.1 Code Corine Biotope (limite méridionale de l'aire)

+ potentiel de contribution au soutien d'étiage
 (modèle physique et réseau de neurones)



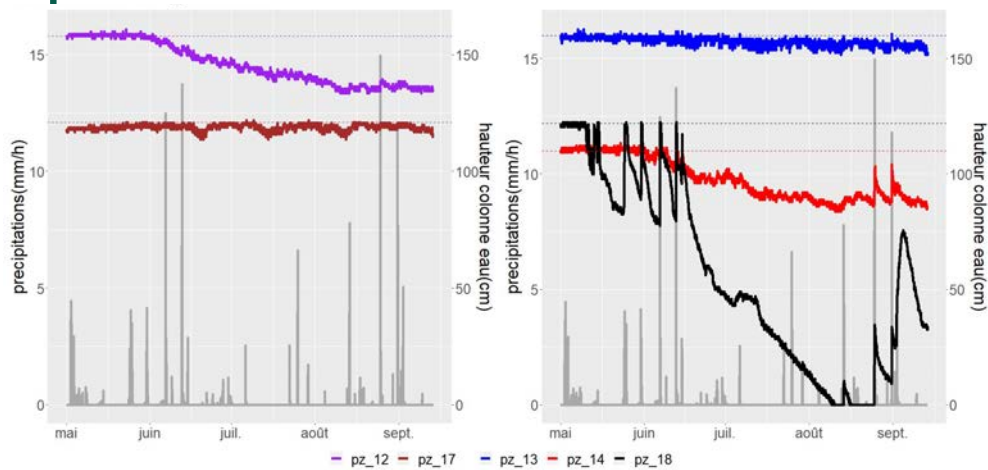
Préconisations de gestion des zones humides

Principes de gestion fondamentaux : 4 objectifs



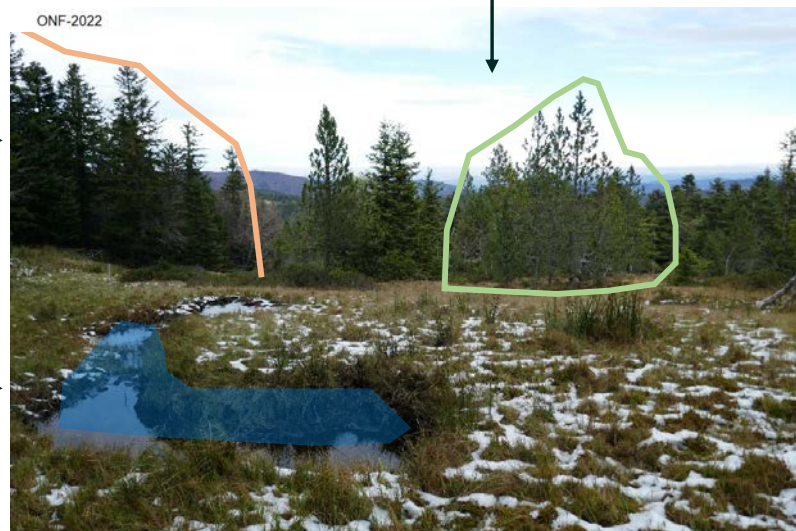
Illustrations des principes de gestion

Zone humide en amont du bac Pégullier



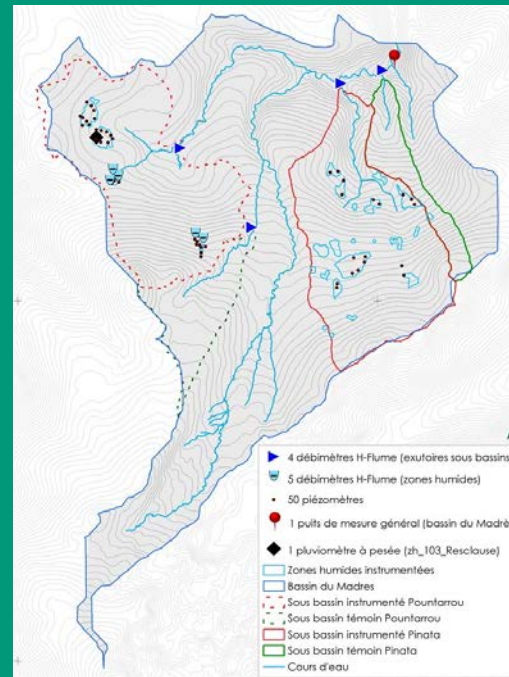
Lisière hétérogène à conserver

« Gouille » (intérêt patrimonial)
Éviter le creusement artificiel d'autres points d'eau



Pin à crochets sur bombement tourbeux :
à maintenir

4. Conclusions et perspectives



Bilan du projet

Récapitulatif des acquis de la phase 3

Phase 1 : Sélection du secteur à instrumenter (2017-2018)

Phase 2 : Mise en place de l'instrumentation (2018-2019)

Phase 3 : Structuration, analyse et interprétation des données récoltées (2019-2022)

Massif du Madrès

4 sous-bassins versants et zones humides

Résultats

Le projet a permis :

1. De **mettre à l'épreuve l'instrumentation**, d'en obtenir une meilleure maîtrise en termes de maintenance et de comprendre les modalités nécessaires au bon fonctionnement du dispositif
2. De **structurer la base de données** afin de récolter et partager correctement les jeux de données
3. D'exploiter les **données récoltées sur 3 cycles hydrologiques**, afin :
 - d'analyser les données des débitmètres à l'échelle de bassins versants élémentaires
 - de produire un travail de modélisation à l'échelle d'une zone humide
 - de générer une réflexion quant aux indicateurs de soutien d'étiage (en lien avec le projet ZHTB)
4. D'informer le(s) gestionnaire(s) quant aux vulnérabilités physiques des zones humides étudiées et de permettre leur **meilleure prise en compte dans la gestion**



Perspectives

- **Pérenniser le suivi hydrologique sur 3 à 6 ans**
→ modélisation, validation des indicateurs
- **Mieux connaître les réservoirs souterrains**
→ investigations géophysiques (géométrie, structure interne)
- **Préciser l'origine et le cheminement des eaux**
→ analyses géochimiques des eaux et des roches
- **Dissocier le rôle hydrologique des zones humides et de la forêt**
→ influence sur l'ETP, interception de la pluie, ...

-> Suite à construire avec les acteurs locaux de la gestion de l'eau



Merci pour votre attention

Comprendre les zones humides forestières du bassin versant de l'Aude

Dans l'Aude, sur le bassin du Madres, l'ONF mène à bien des études hydrologiques afin de mieux évaluer le rôle des zones humides forestières dans la régulation des cours d'eau. Explications et vidéo.

19/12/2019

Partager

Par sa position géographique et l'influence croissante du **changement climatique** propre au climat méditerranéen, le bassin versant de l'Aude est un **territoire** particulièrement **sensible**. L'amont de la vallée, montagnard et rural, présente de vastes espaces naturels forestiers. La moyenne vallée est quant à elle largement urbanisée avec l'agglomération de Carcassonne et la partie aval, très viticole. Alors que **leurs besoins en eau sont très importants**, ces territoires connaissent des **déficits d'approvisionnement** très forts en été et sont **vulnérables aux crues** par temps de pluie et de dépressions de type cévenoles.



FICHE TECHNIQUE N°1 — Mise en place d'une instrumentation adaptée

FICHE TECHNIQUE N°2 — Structuration d'une base de données

FICHE TECHNIQUE N°3 — Fonctionnement hydrologique des zones humides de la Haute Vallée de l'Aude

FICHE TECHNIQUE N°4 — Indicateurs de soutien d'étiage

FICHE TECHNIQUE N°5 — Préconisations de gestion des zones humides

