

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

Café GENial ARB Occitanie

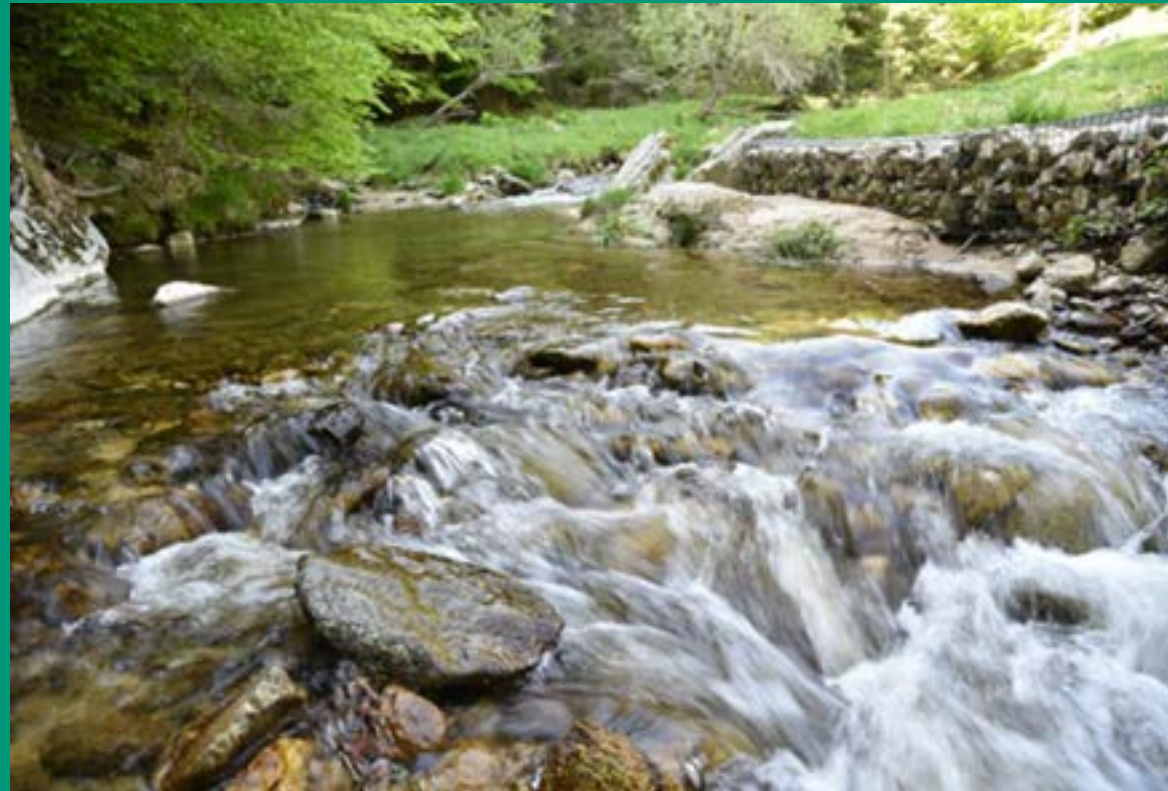
25 janvier 2024



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 :

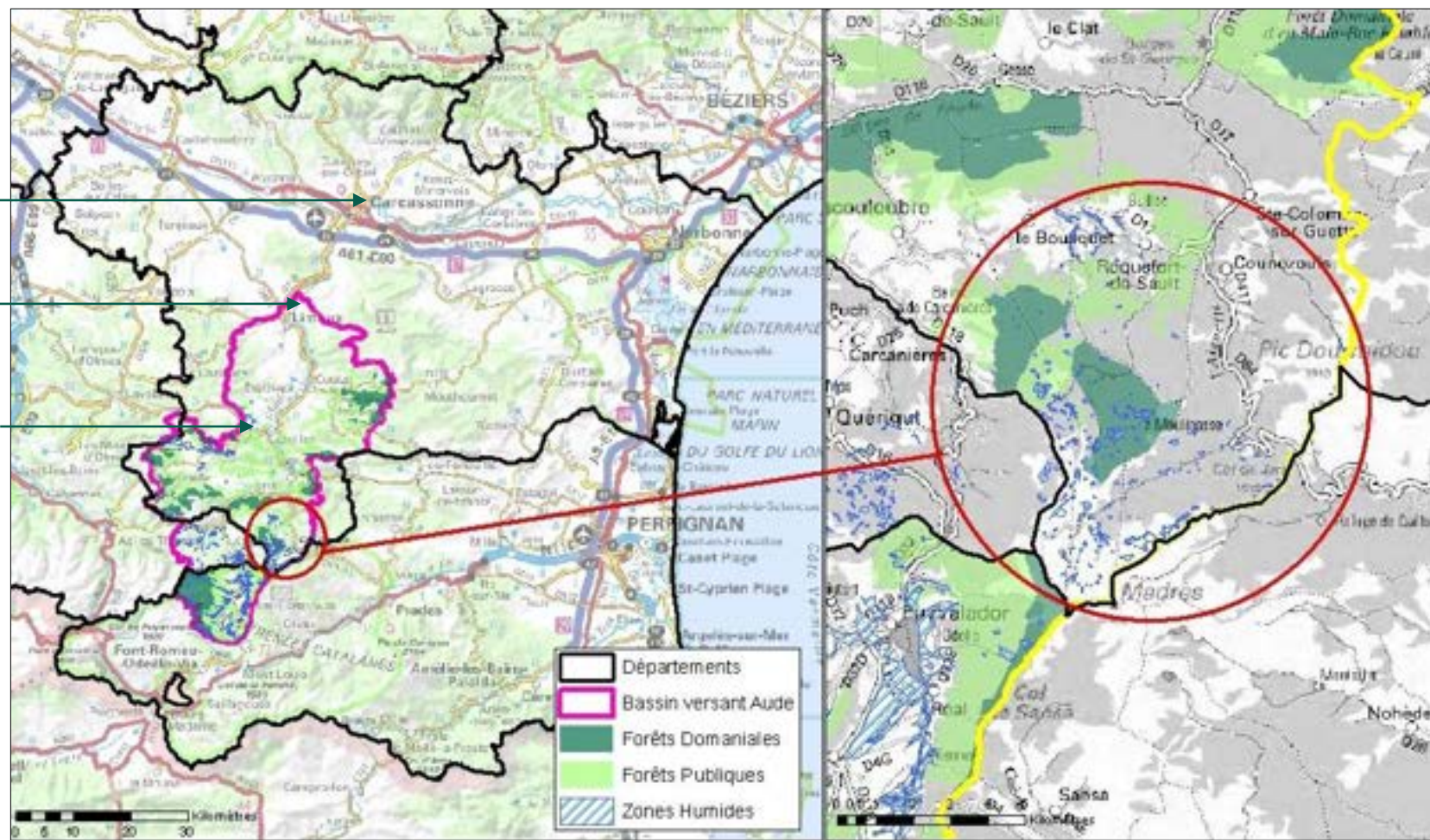
- les besoins en eau des secteurs médian (agglomération de Carcassonne) et aval (plaine agricole)
- les apports de l'amont

-> 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)

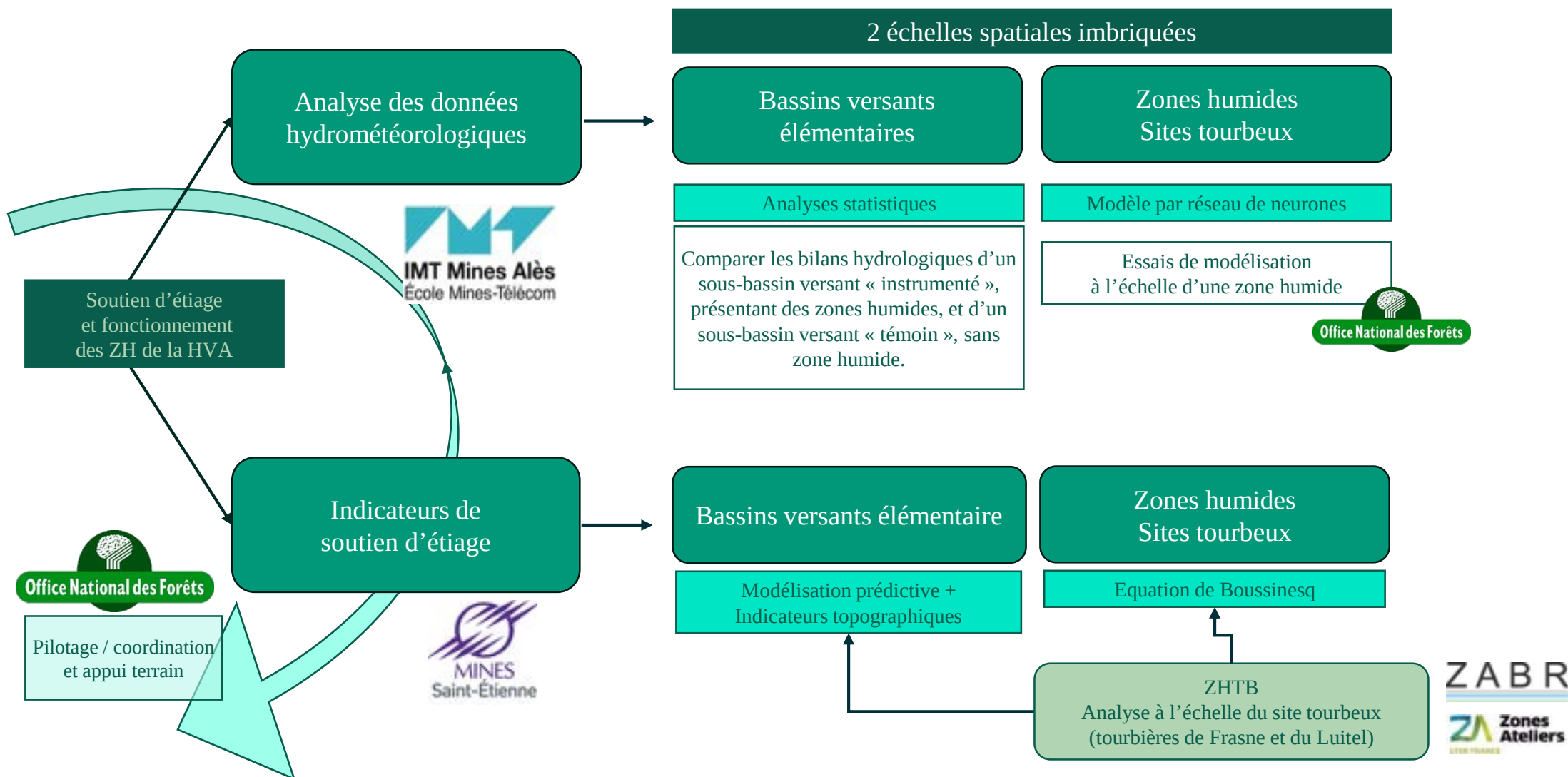


Carte - Localisation de la partie amont du bassin versant de l'Aude (en rose) et de la tête de bassin versant de l'Aude sélectionnée dans l'étude (en rouge)

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

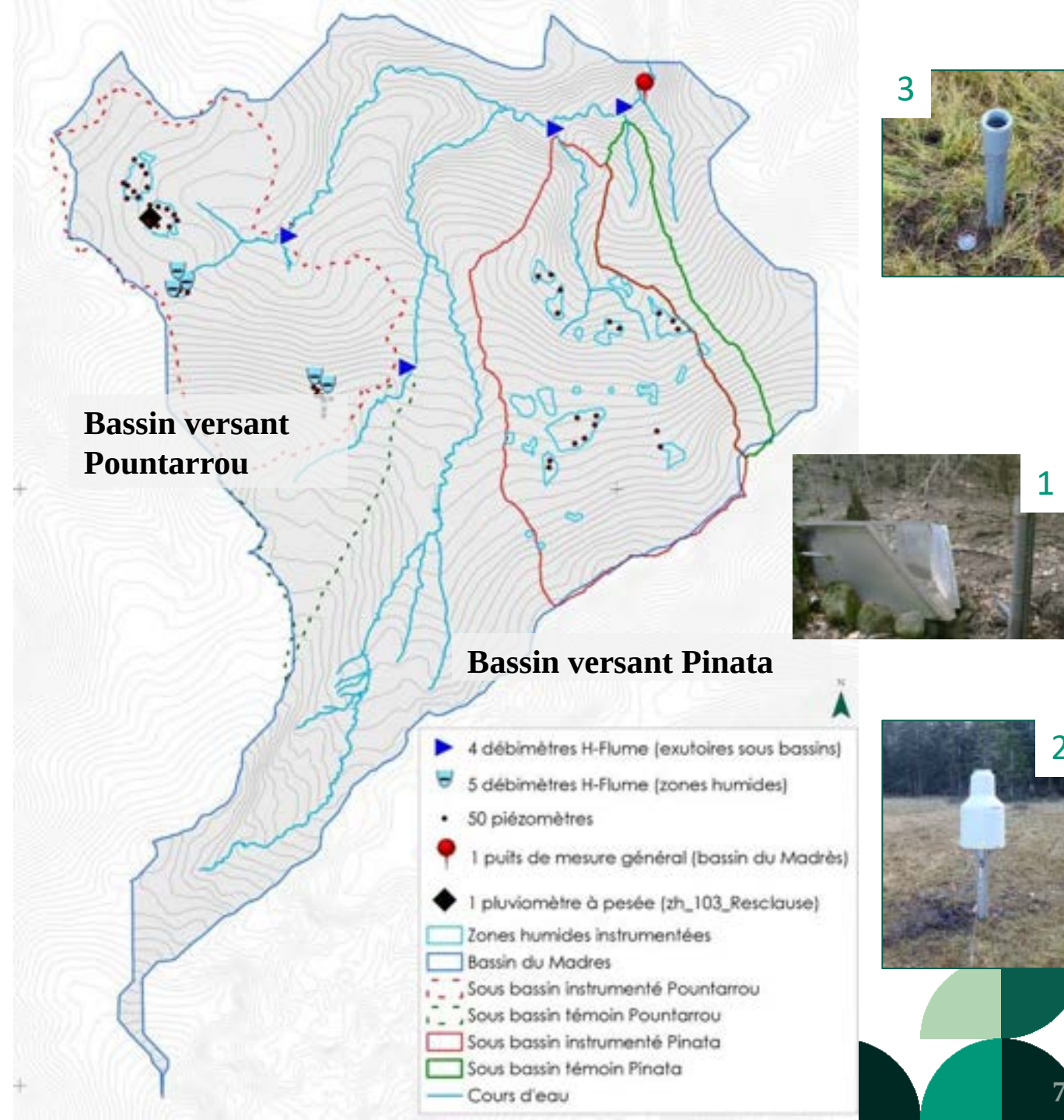
Bassin versant Pountarrou

- 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

2018	O	N	D												
Débit Pountarrou Instrumenté						Indisponible									
Débit Pountarrou Témoin															
Précipitations						Partiellement disponible									
Température															
2019	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Débit Pountarrou Instrumenté													Août 2019-Août 2020	Qualité douteuse	
Débit Pountarrou Témoin															Disponible
Précipitations															
Température															
2020	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Débit Pountarrou Instrumenté													Août 2020-Août 2021		
Débit Pountarrou Témoin															
Précipitations															
Température															
2021	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Débit Pountarrou Instrumenté													Août 2021-septembre 2022		
Débit Pountarrou Témoin															
Précipitations															
Température															
2022	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Débit Pountarrou Instrumenté															
Débit Pountarrou Témoin															
Précipitations															
Température															

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

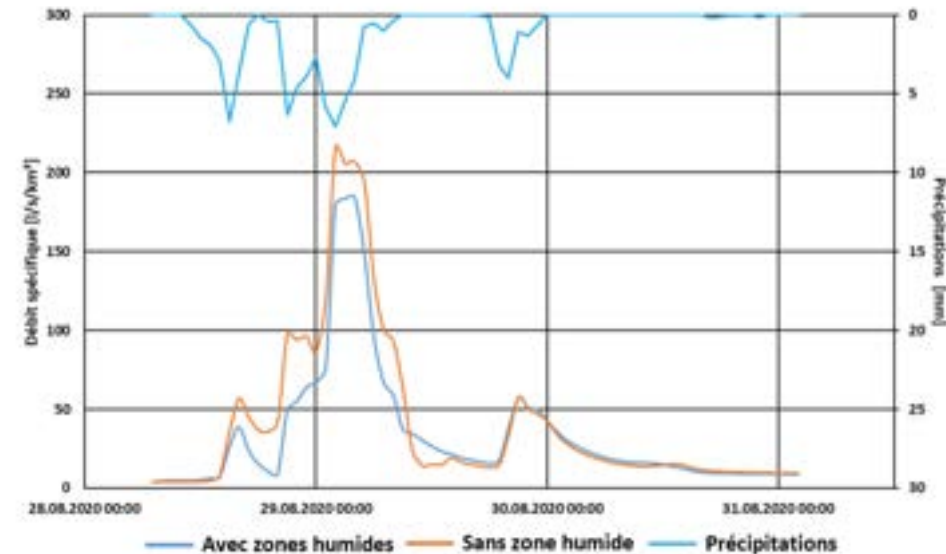
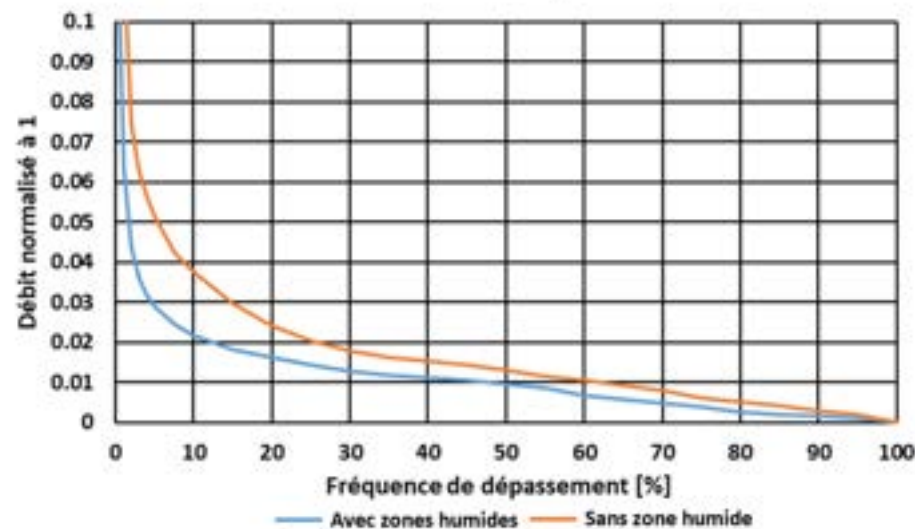
Interprétation de la contribution des ZH aux écoulements en rivière

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

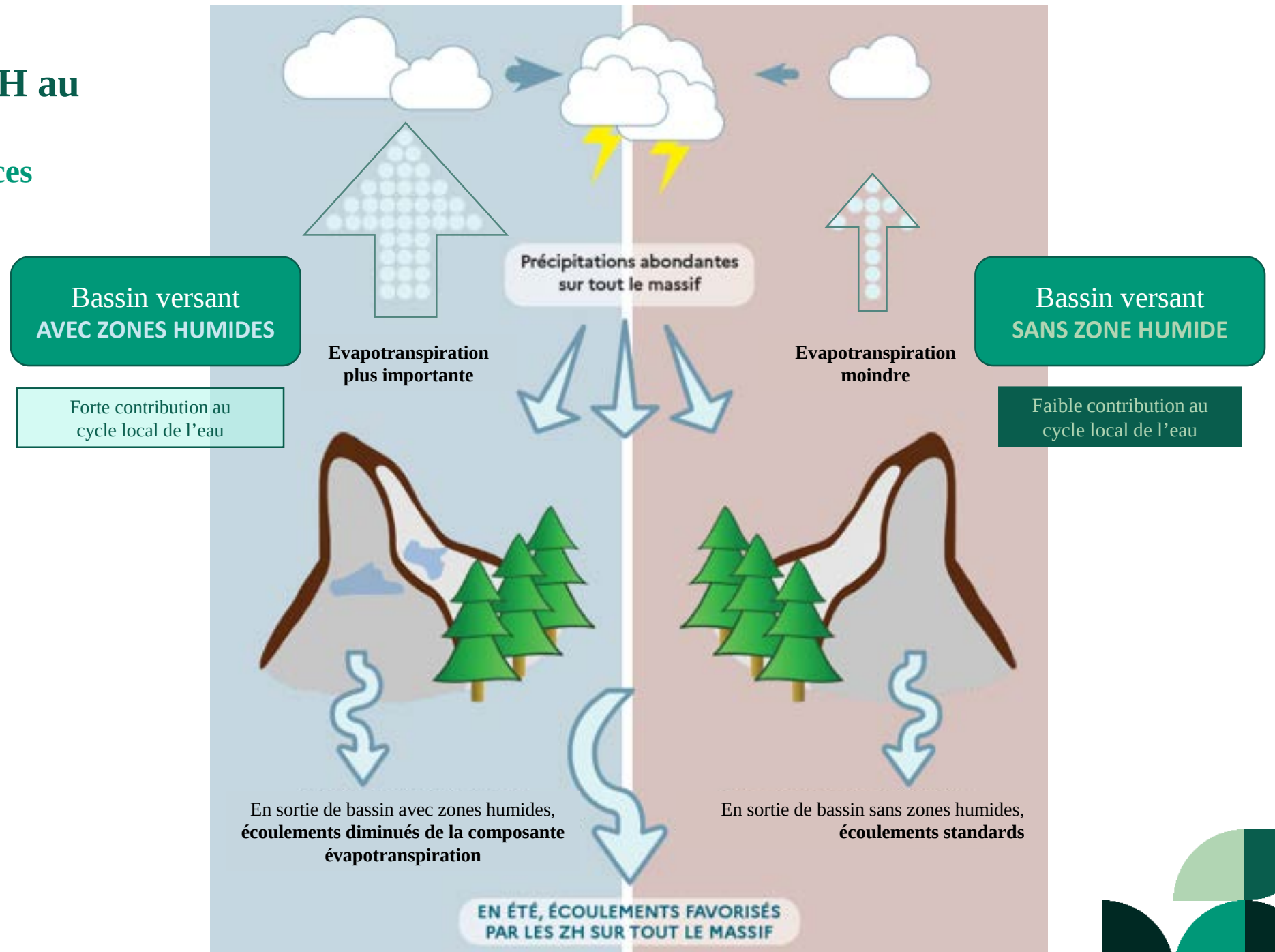
Sensibilité élevée à l'évapotranspiration
=
vulnérabilité des ZH face à une augmentation des températures liée au changement climatique

Débits classés - comparaison



Contribution des ZH au cycle de l'eau

Schéma des connaissances actuelles



Indicateurs de soutien d'étiage

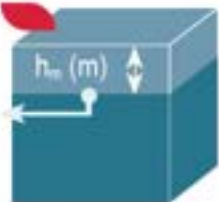
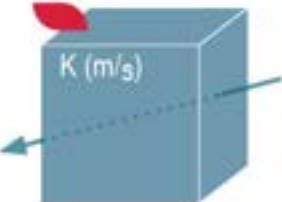
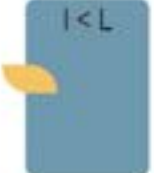
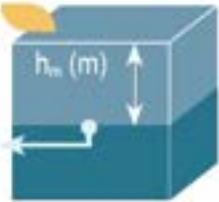
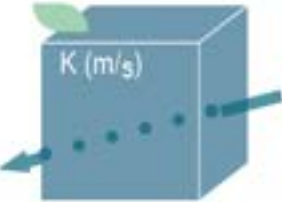
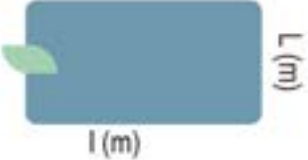
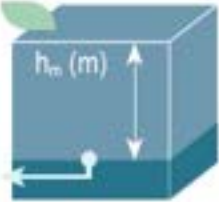
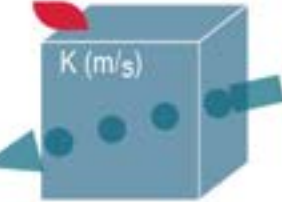
Echelle du site tourbeux

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 $I \times L$: surface (ha) I/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				

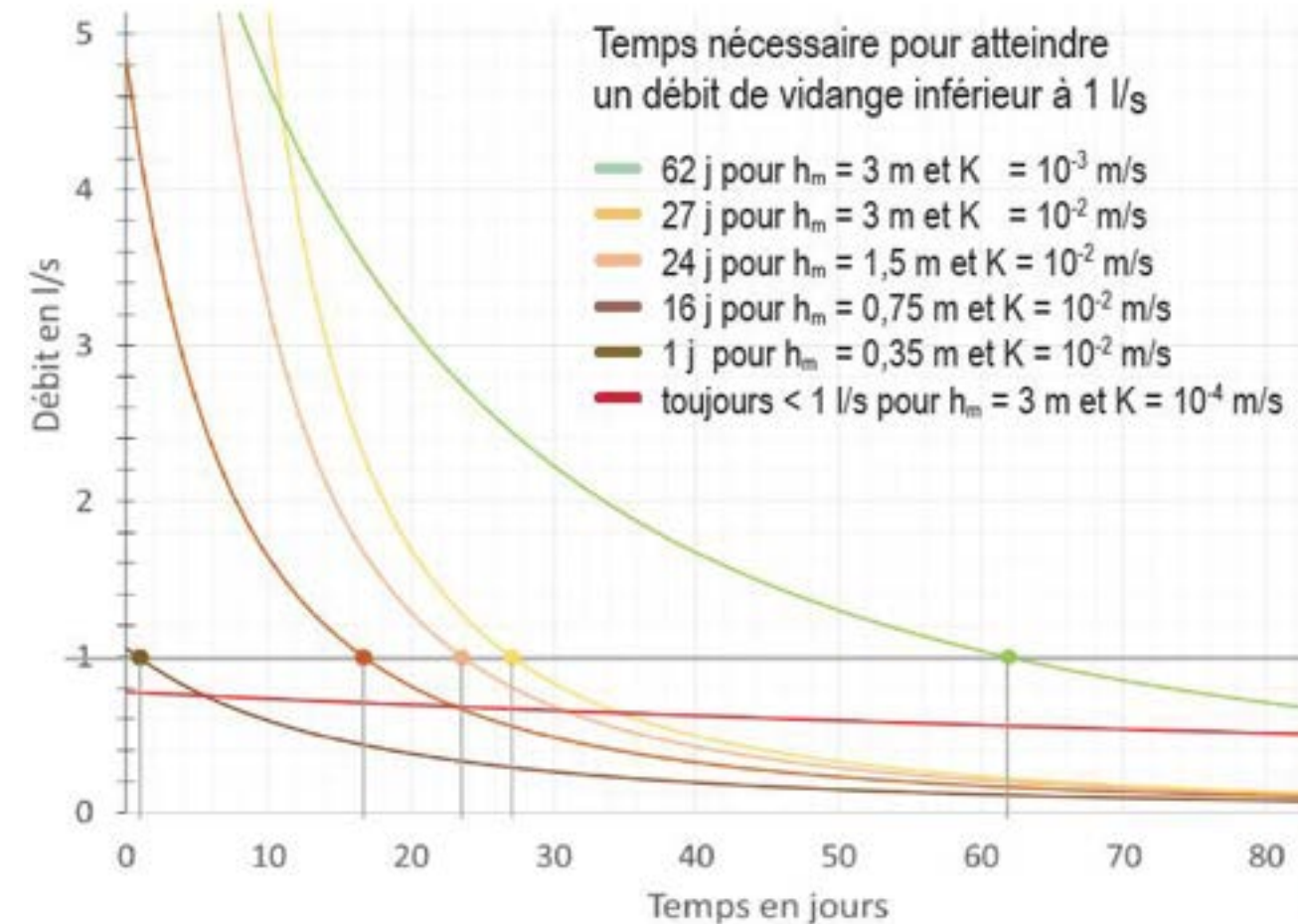
Indicateurs de soutien d'été

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'étéage

Echelle du bassin versant

Indicateurs retenus

Bassin versant

=

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

3 indicateurs pour le potentiel de stockage d'eau

1. Humidité des sols



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

- fort : proximité des cours d'eau, présence de replats
- faible : plus forte pente

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

3

Communautés végétales

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

*Analyse complémentaire à l'étude hydrologique

Engorgement permanent
ou sub-permanent

Périodes d'assec + fréquente

Périodes d'assec très longues

• de végétation tourbeuse

buttes **ombrotrophes** à sphaignes rouges
sphaignes vertes en tapis
En mélange avec tricophore cespiteux et callune

• de végétation plus ou moins hygrophiles

cariçaies à *carex rostrata*
jonchaies

• de nardaies mésophiles

Régression
notable

Priorité de la gestion

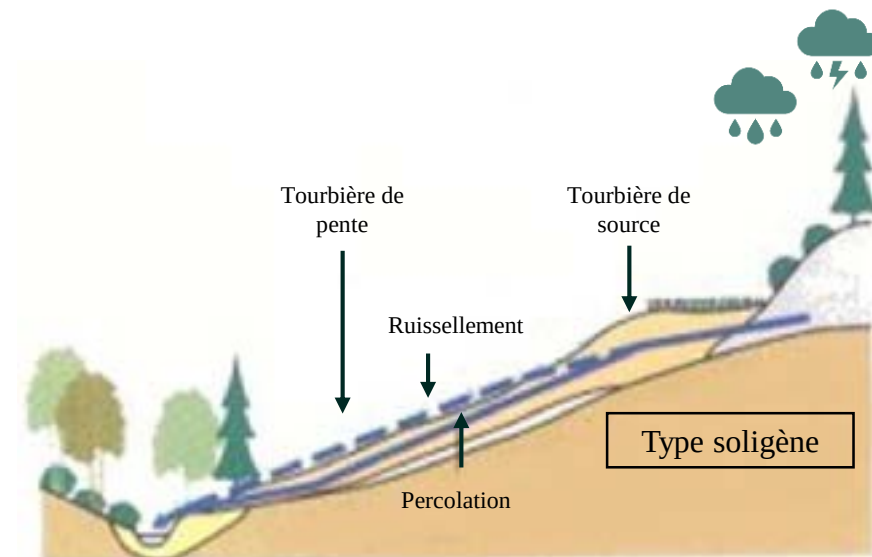
Habitat des tourbières hautes actives

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)



Source : Cahiers d'habitats (MNHN)



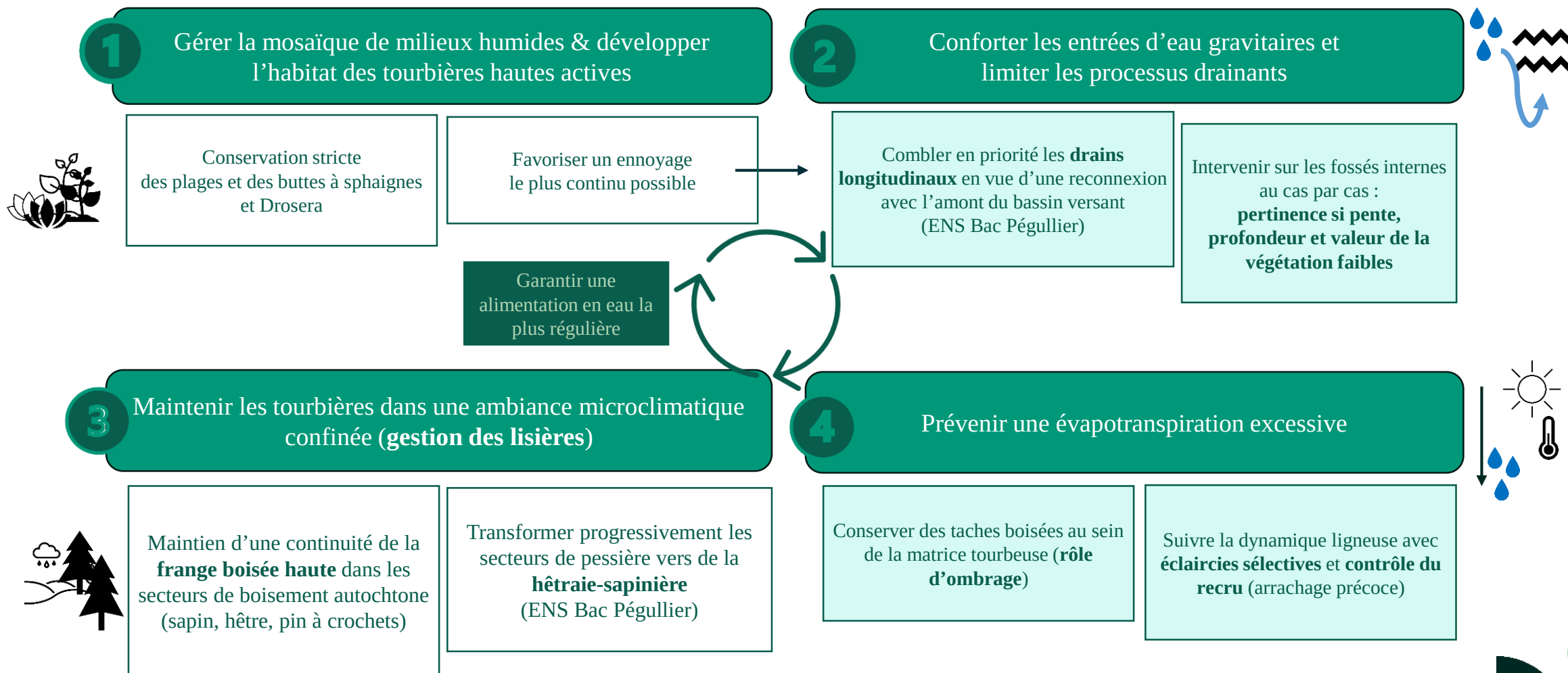
Soligènes
Minérotrophes
Tourbières de pente

Transfert d'eau complexes
Existence probable de nappes souterraines

Causes :
drainage, hausse de
l'ensoleillement
accumulation de tourbe
rehaussement
topographique

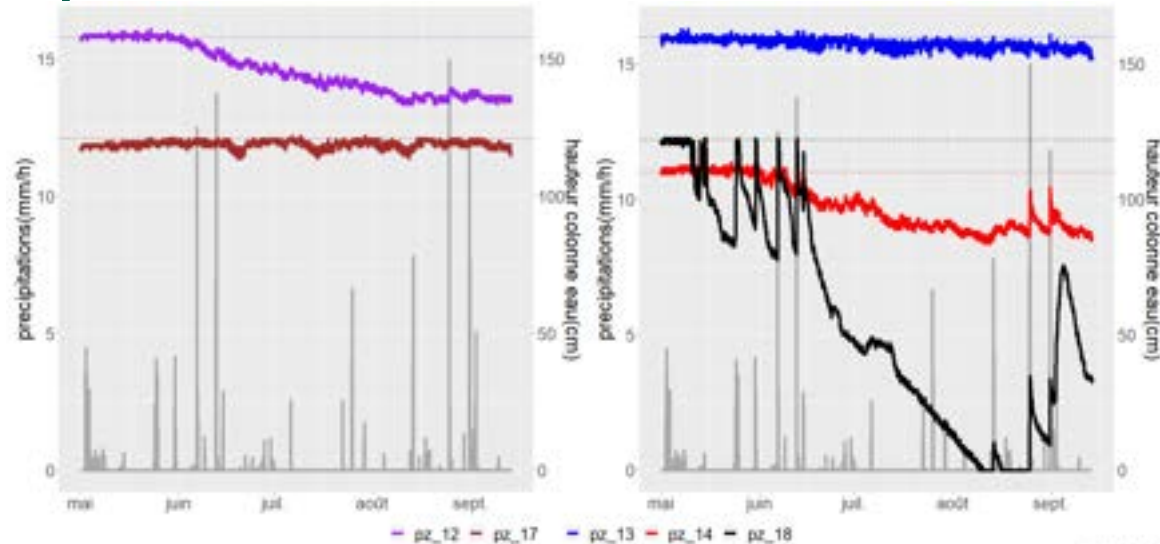
Préconisations de gestion des zones humides

Principes de gestion fondamentaux : 4 objectifs



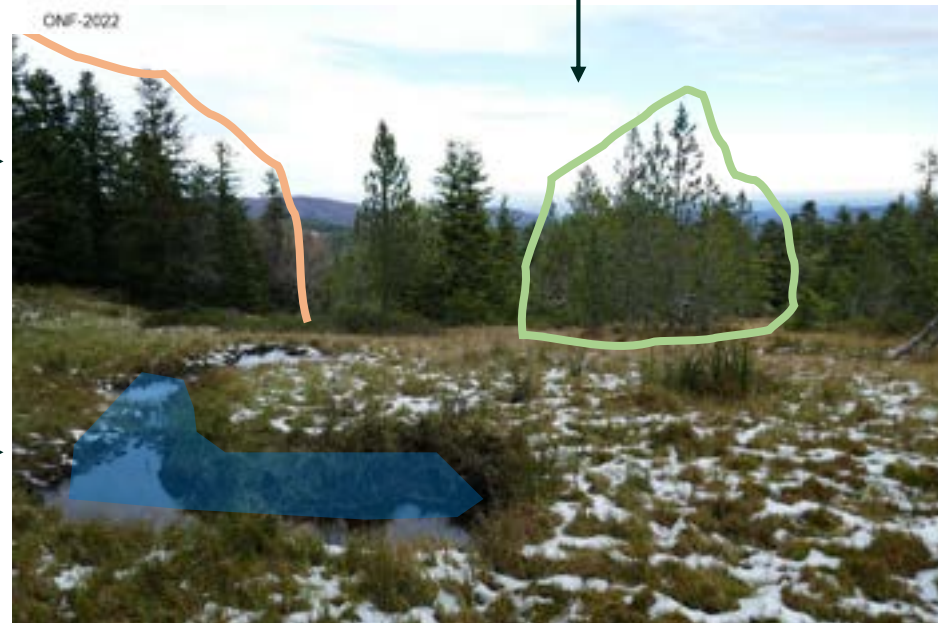
Illustrations des principes de gestion

Zone humide en amont du bac Pégulier



Lisière hétérogène
à conserver

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



Ilot central arboré :
éclaircie périphérique possible en
conservant les sujets les plus âgés
(ombrage et biodiversité)

Privilégier un débardage à cheval

Aval



- Zone tourbeuse
- Cariçaie à *Carex rostrata* avec sphaignes en mélange
- Zone boisée non tourbeuse (Pin à crochets, Sapin, Rhododendron)
- Gouille
- Piézomètres

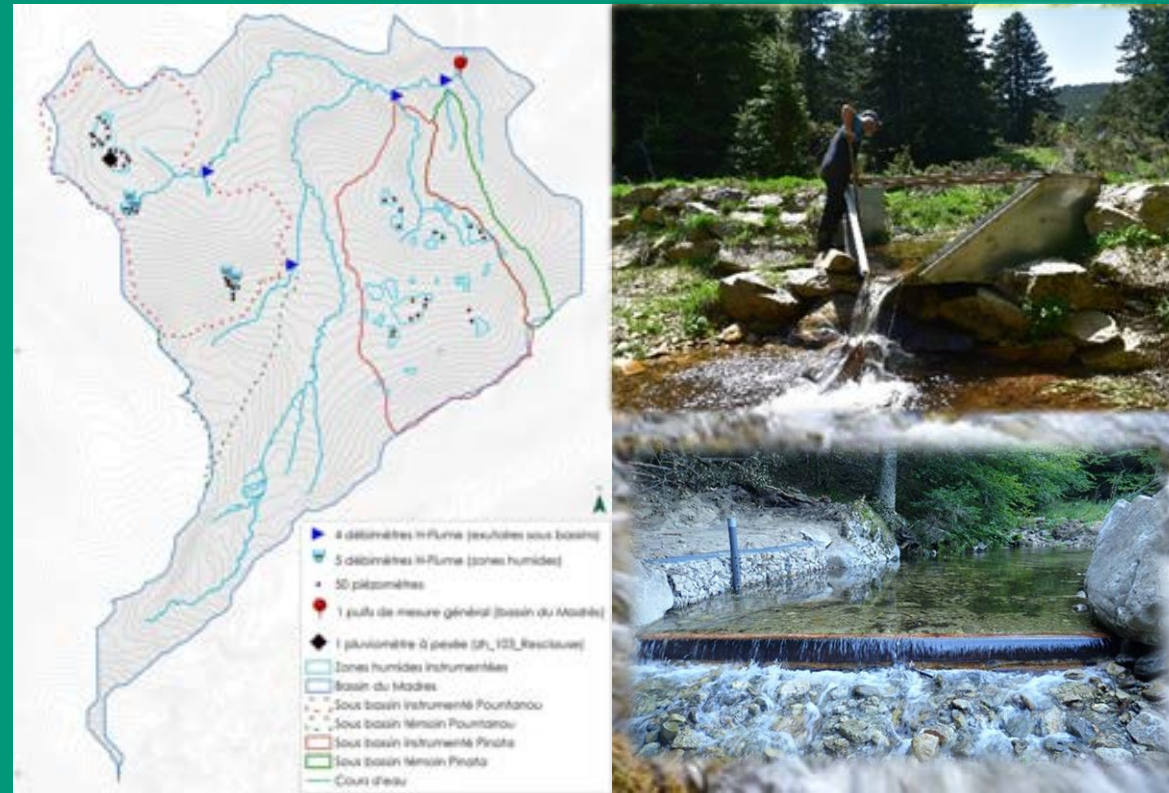
Etat fonctionnel

Bon



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)

Massif du Madrès

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

4 sous-bassins versants et
zones humides

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

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, ...
- **Etudier l'évolution des habitats en relation avec l'hydrologie**



Merci pour votre attention



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

