



Formation Salinisation – France Nature Environnement

Perrine FLEURY – BRGM

Programme porté par



Co-financeurs



Partenaires techniques

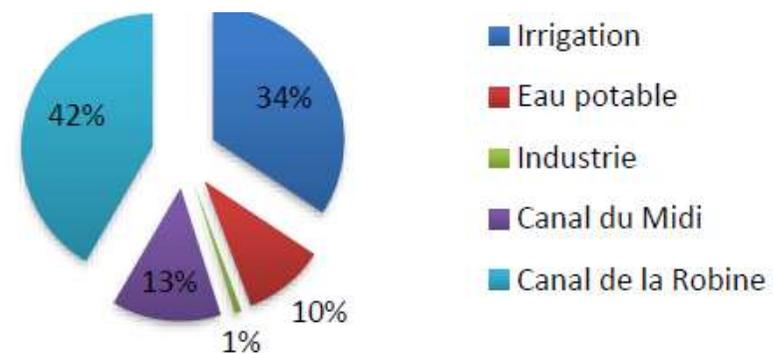


Le programme S.A.L.I.N. : Salinisation des Aquifères – et des sols – Littoraux de la Narbonnaise

Historique projet (échanges 2017-2018) : ASA – CA : mortalité vigne

Résultat EVP 2010

Usages	Volume (Mm3)
Irrigation	114.7
Eau potable	33.5
Industrie*	2.6
Canal du Midi	45
Canal de la Robine	139
Total	334.8



déficit eau $\approx 37 \text{ Mm}^3/\text{an}$, particulièrement marqué entre juin et octobre (étiage, besoins en eau forts)

Le programme S.A.L.I.N. : Salinisation des Aquifères – et des sols – Littoraux de la Narbonnaise

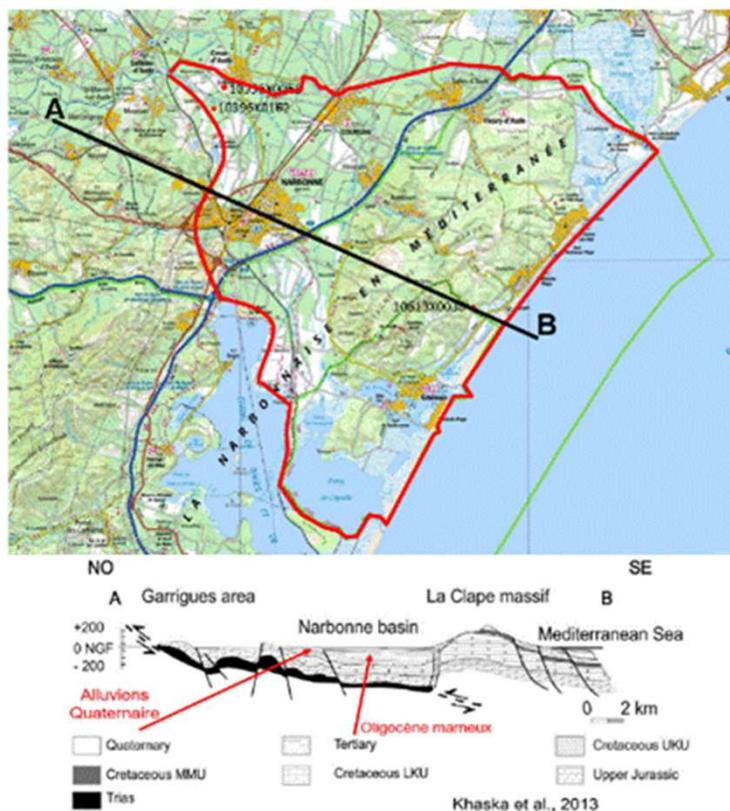
Déficit lié :

- prélèvements agricoles élevés (95 Mm³/an sur BV Aude), 86 % déficit Aude médiane et aval
- réduction recharge des nappes : diminution recharge naturelle (CC) et anthropique (moins irrigation)

PGRE : faire face au déficit : actions d'économie d'eau (ex : passage irrigation sous pression ASA Raonel, réduction des fuites canaux irrigation / prises d'eau, sensibilisation économie AEP.

Le programme S.A.L.I.N. : Salinisation des Aquifères – et des sols – Littoraux de la Narbonnaise

Un périmètre d'étude : Entité hydrologique
« Alluvion basse vallée Aude - DG368 »



Des objectifs opérationnels :

- 1- Réaliser un état des lieux sur l'état qualitatif des nappes quaternaires et des sols
- 2- Caractériser le fonctionnement du système, relation sol/nappe, définition des différents termes du bilan hydrologique et origine de la salinité
- 3- Evaluer les impacts (i) du changement climatique sur l'état quantitatif et qualitatif du système (en particulier, évaluation de l'évolution de la salinité) et (ii) des pratiques actuelles et d'un passé récent de gestion des espaces agricoles et non agricole sur la salinité
- 4- Proposer des adaptations, notamment vers une agriculture durable, à travers plusieurs scénarios d'aménagement de pratiques agricoles et non agricole (usages / impacts Agricole – AEP – Milieux naturels)

-> Juin 2019... Décembre 2022

Un Consortium opérationnel (technique, scientifique et financier)



Des partenaires financiers :



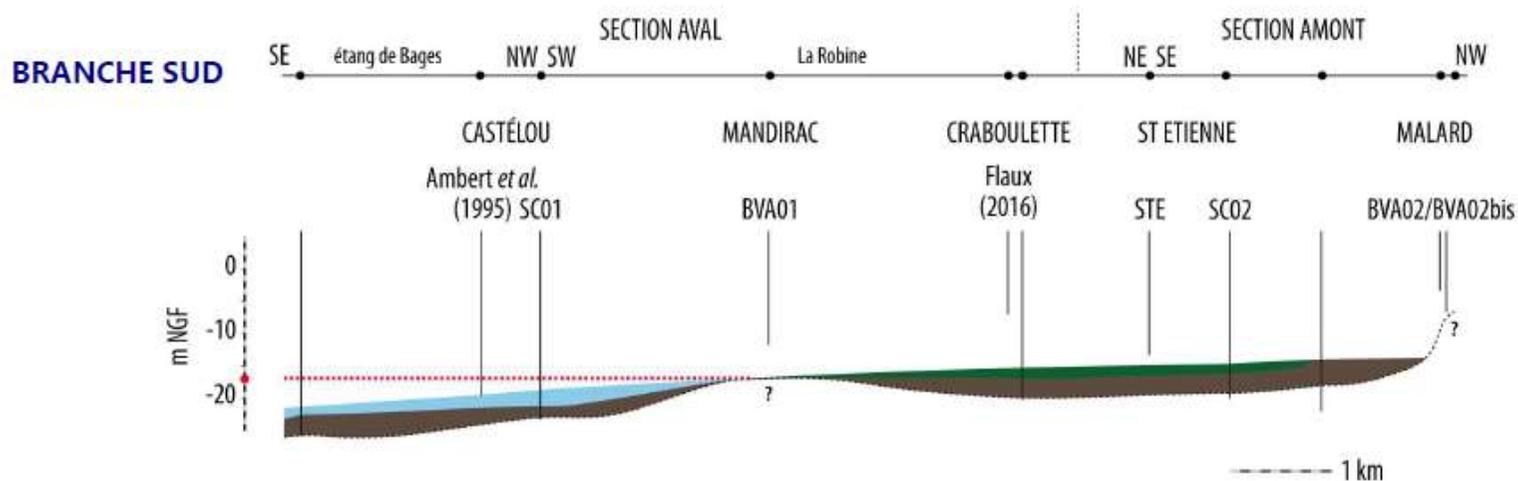
De nombreux contributeurs et partenaires techniques



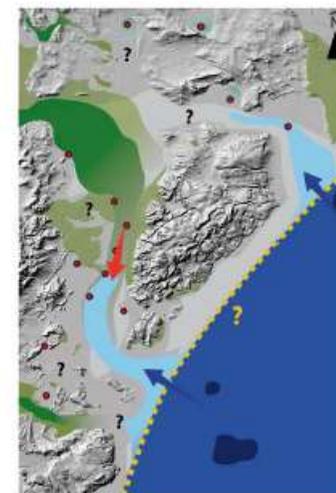
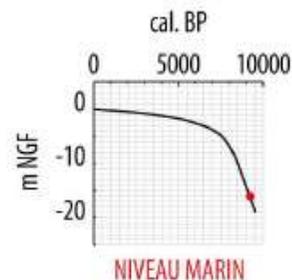
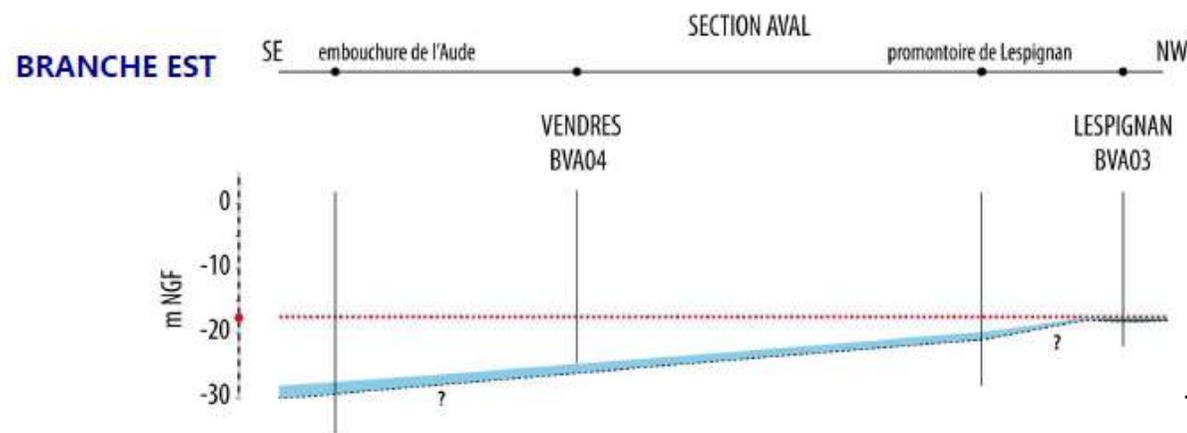
Description de la zone d'étude

- un milieu formé récemment : « la mer monte et la terre avance »

Reconstitution des paléogéographies -9 000 ans

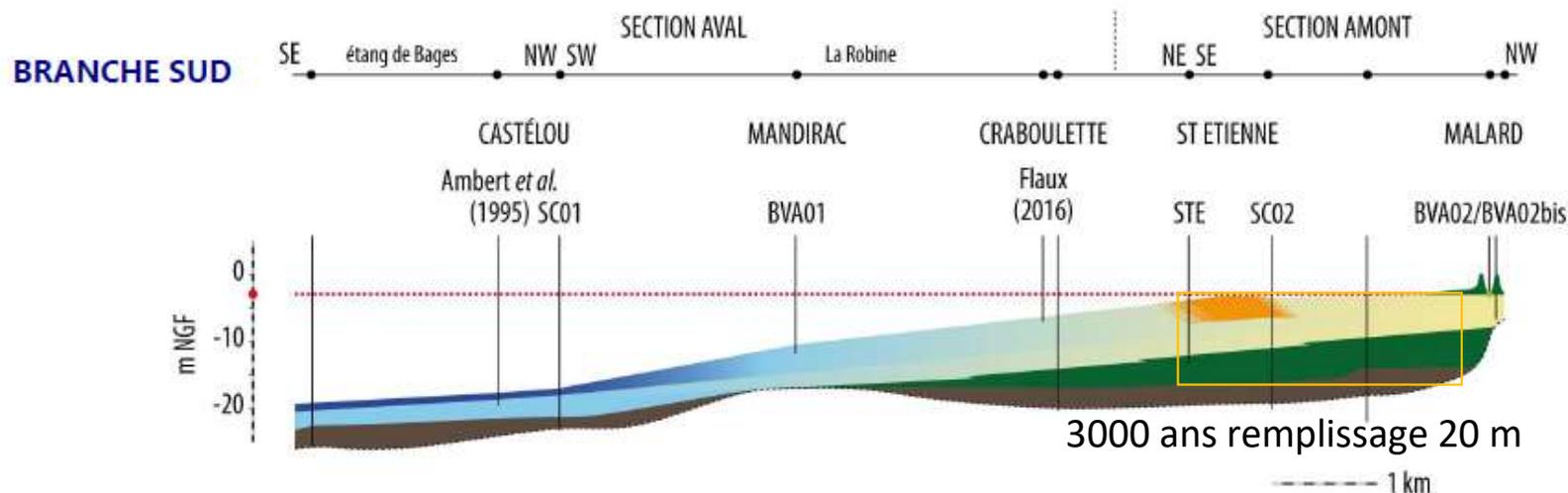


- MILIEUX FLUVIO-PALUSTRES**
- plaine émergée ou marécageuse
 - chenal abandonné
 - chenal à charge de fond sableuse
 - chenal à charge de fond caillouteuse
- MILIEUX INFRA-LITTORAUX**
- embouchure
 - embouchure proche
 - milieu protégé
 - milieu protégé sous influence marine
 - milieu protégé sous forte influence m



T. SALEL, 2021

Reconstitution des paléogéographiques -6 000 ans

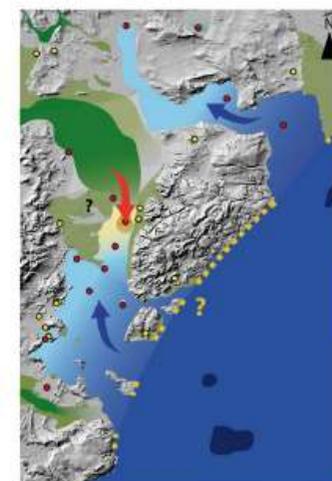
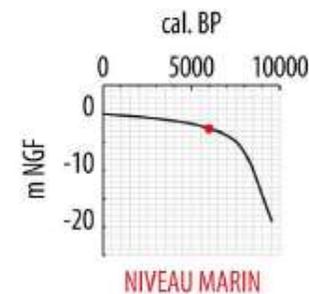
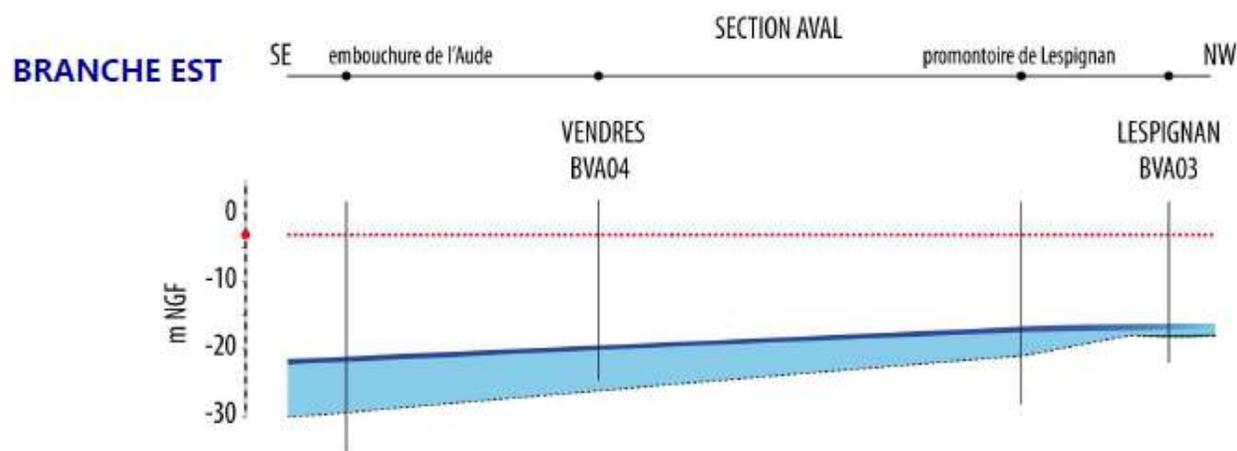


MILIEUX FLUVIO-PALUSTRES

- plaine émergée ou marécageuse
- chenal abandonné
- chenal à charge de fond sableuse
- chenal à charge de fond caillouteuse

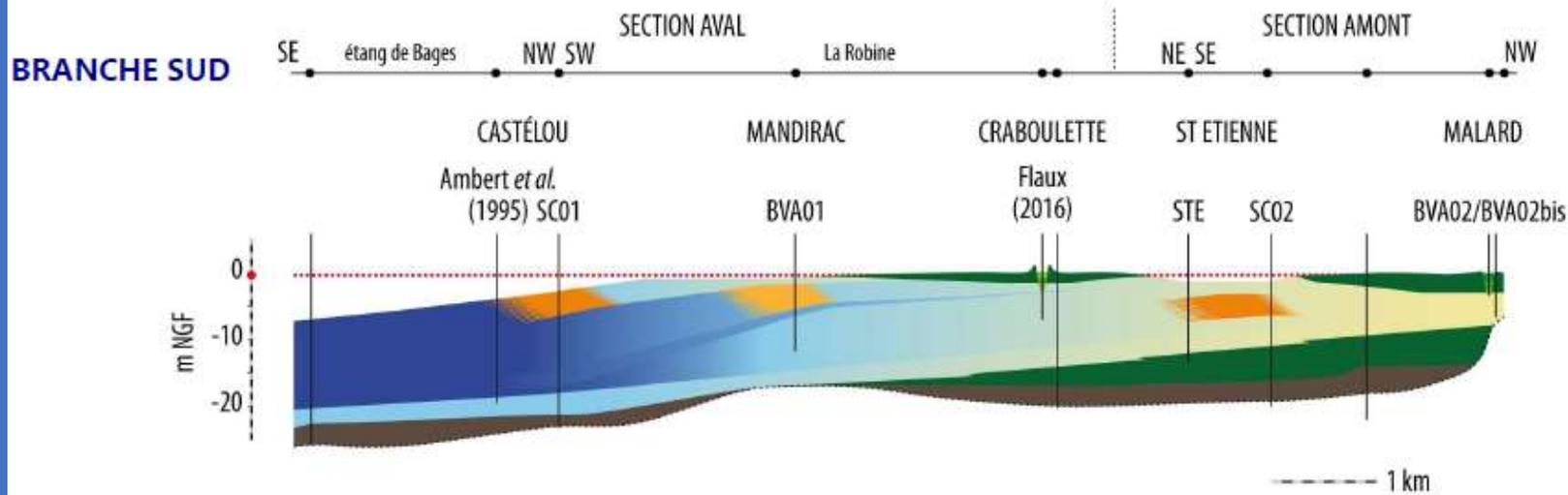
MILIEUX INFRA-LITTORAUX

- embouchure
- embouchure proche
- milieu protégé
- milieu protégé sous influence marine
- milieu protégé sous forte influence mari



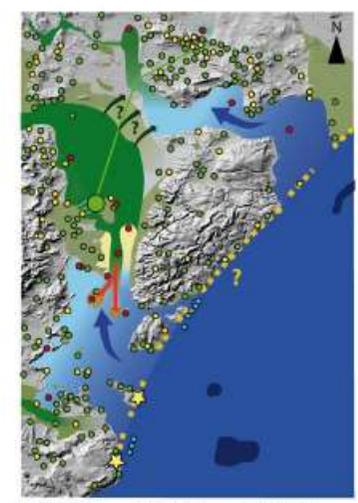
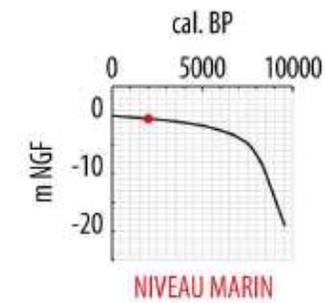
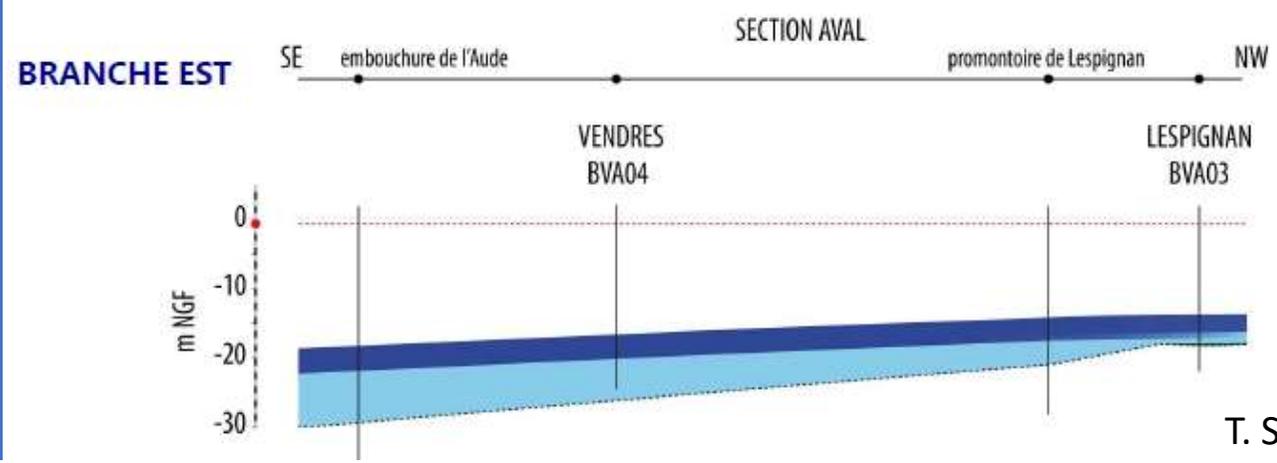
T. SALEL, 2021

Reconstitution des paléogéographiques -2 000 ans



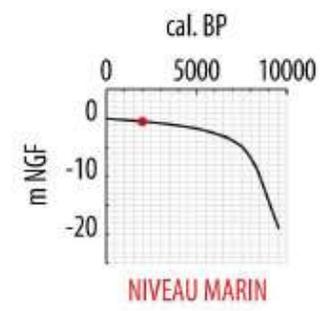
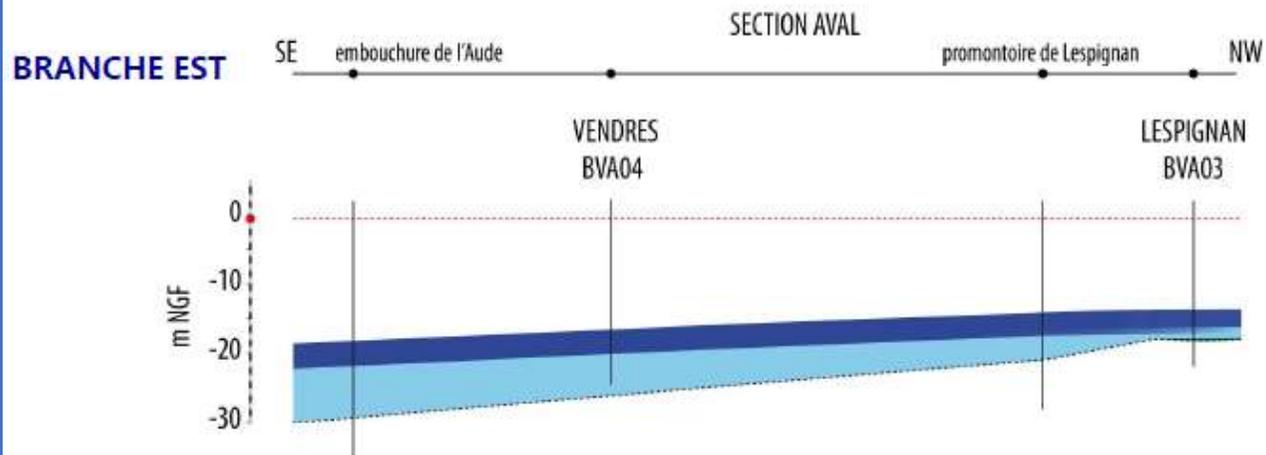
- MILIEUX FLUVIO-PALUSTRES**
- plaine émergée ou marécageuse
 - chenal abandonné
 - chenal à charge de fond sableuse
 - chenal à charge de fond caillouteuse

- MILIEUX INFRALITTORAUX**
- embouchure
 - embouchure proche
 - milieu protégé
 - milieu protégé sous influence marine
 - milieu protégé sous forte influence marine

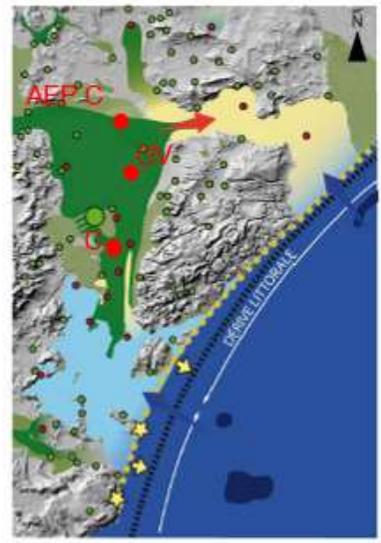
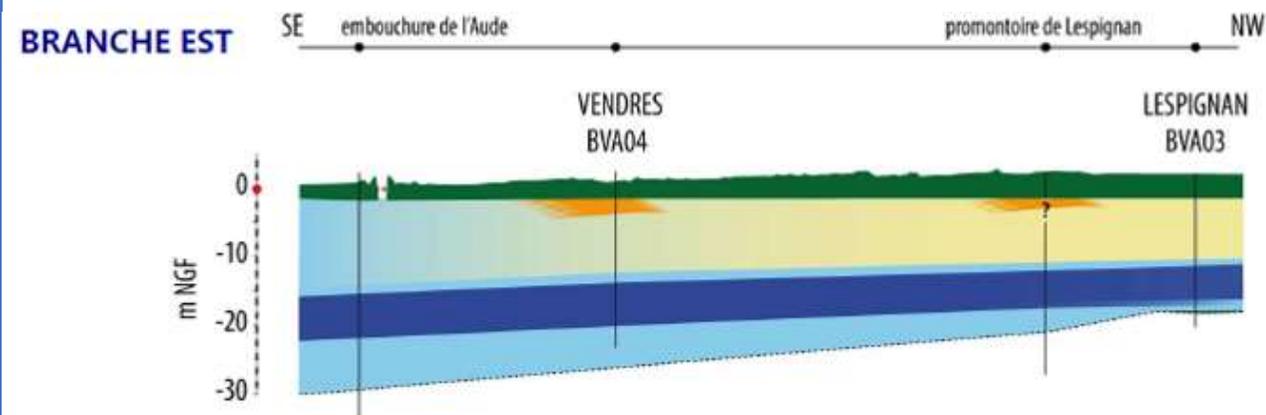


T. SALEL, 2021

Reconstitution des paléogéographiques -2000 à -800 ans



- MILIEUX FLUVIO-PALUSTRES**
- plaine émergée ou marécageuse
 - chenal abandonné
 - chenal à charge de fond sableuse
 - chenal à charge de fond caillouteuse
- MILIEUX INFRALITTORAUX**
- embouchure
 - embouchure proche
 - milieu protégé
 - milieu protégé sous influence marine
 - milieu protégé sous forte influence marine



T. SALEL, 2021

Echanges sous forme de questions – réponses

❖ SEQUENCE 1

*Les sols et nappes de la Basse plaine de l'Aude sont-ils salés ? Avec quelle intensité ?
Quelle est l'origine ou les origines de ce sel ?*

❖ SEQUENCE 2

Quels sont les impacts des pratiques de gestion actuelles ? Sont-elles efficaces ?

❖ SEQUENCE 3

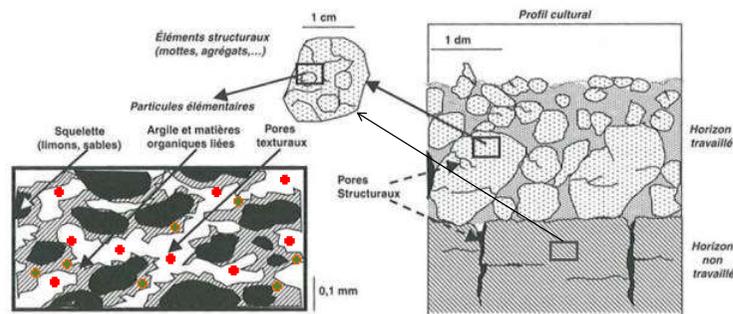
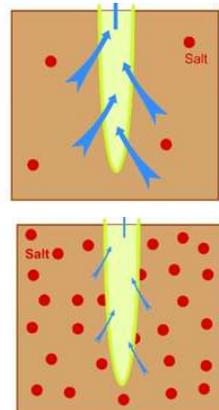
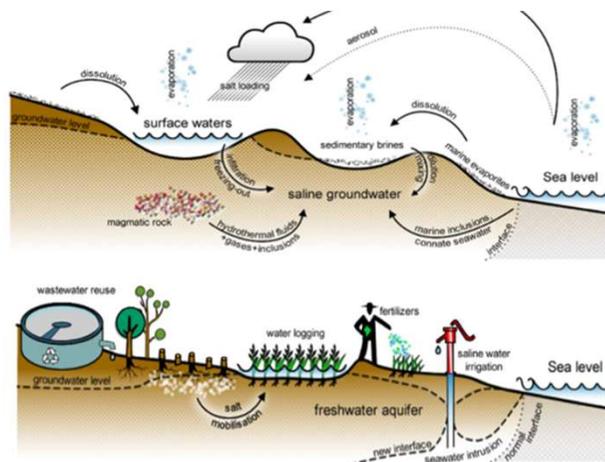
Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique attendus ?

Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement, et comment ?

❖ CONCLUSIONS

SEQUENCE 1

Qu'est-ce que la salinité des eaux et des sols ?
→ Présentation François Colin Institut Agro



à partir de Girard et al., 2005

Menace pour les sols
Altération des propriétés

Menace pour les plantes non halophiles
→ augmentation des sels dans la solution du sol
→ **mort de la plante**

Menace pour l'agriculture
→ mortalité
→ **baisse des rendements**

Menace pour les écosystèmes
→ uniformisation des conditions environnementales
→ **perte de biodiversité**

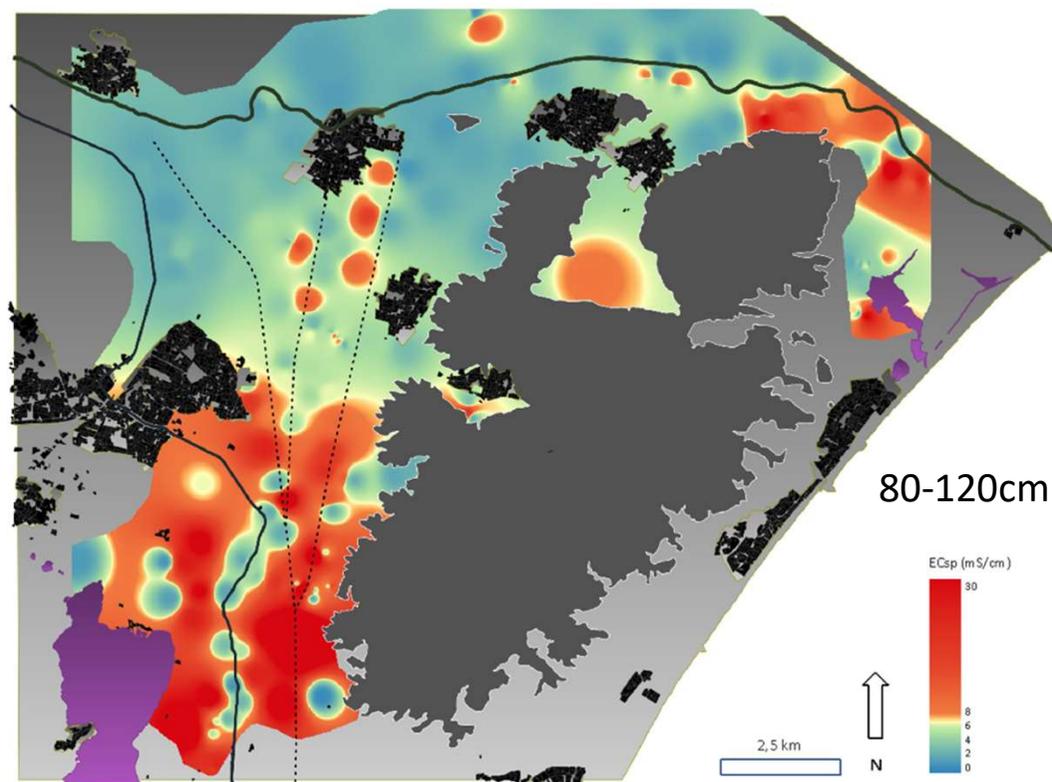
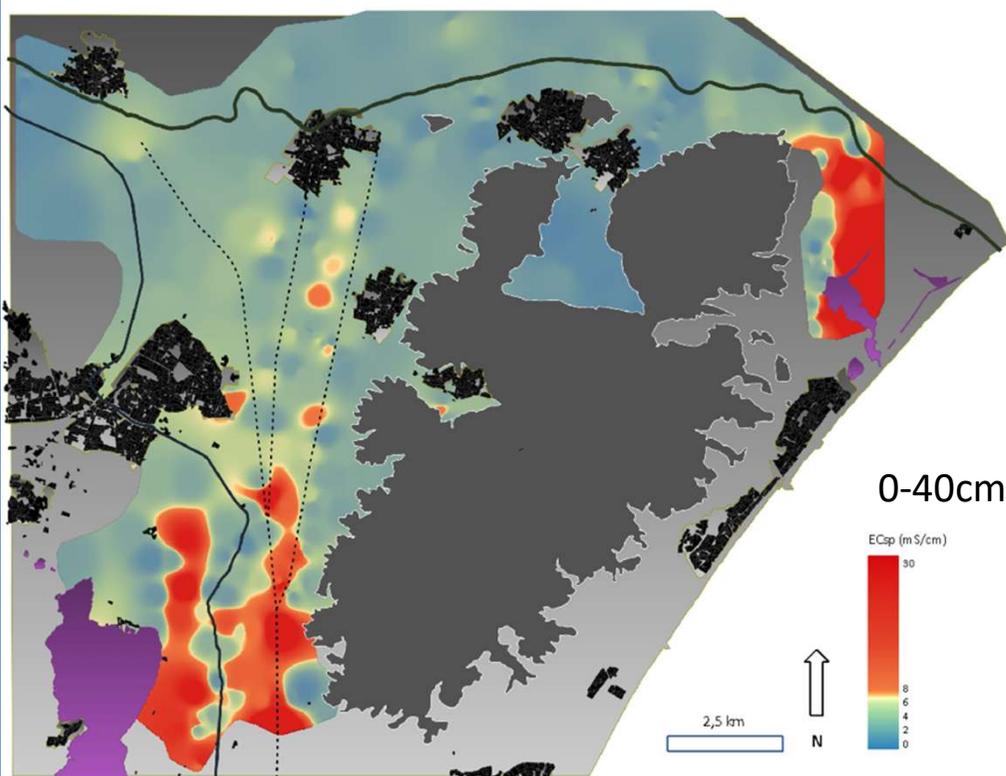
Menace pour les ressources en eau
→ salinisation des aquifères
→ **perte de ressources AEP**



SEQUENCE 1

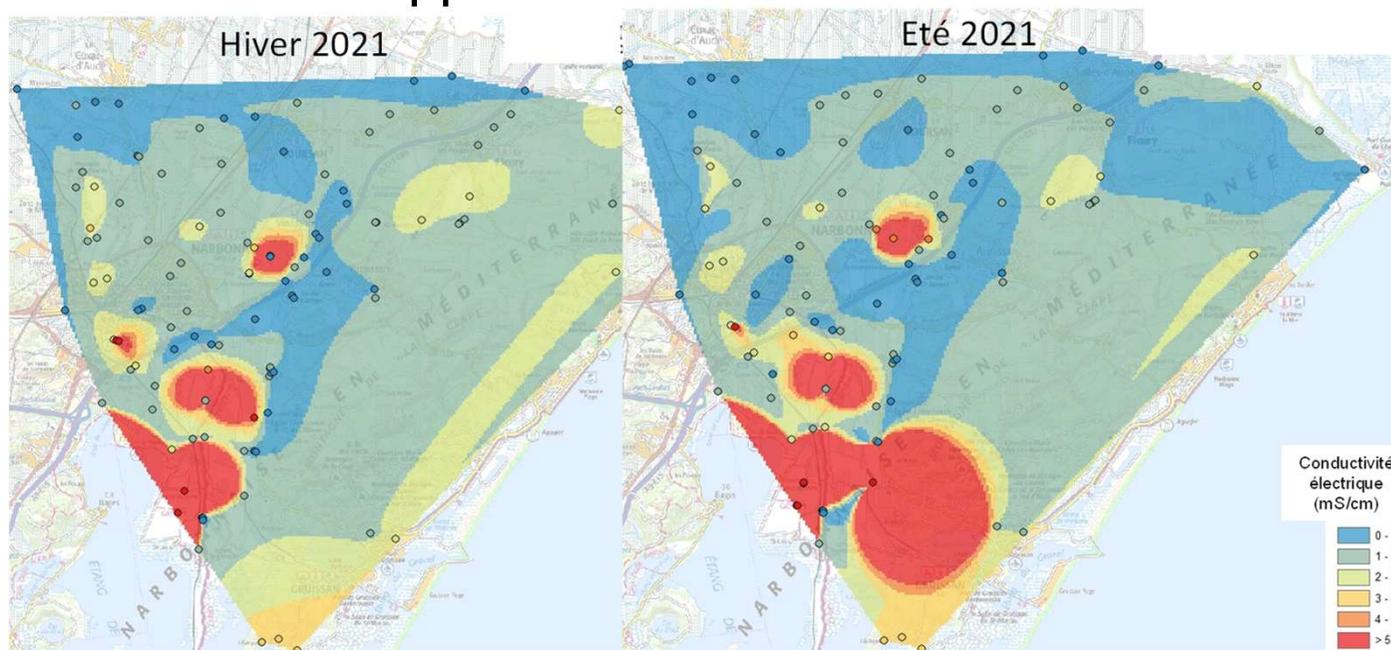
Salinité des sols

Des sols globalement en prise avec la salinité plus forte en profondeur qu'en surface spatialement structurée en lien avec l'aménagement et l'histoire de gestion de l'eau



SEQUENCE 1

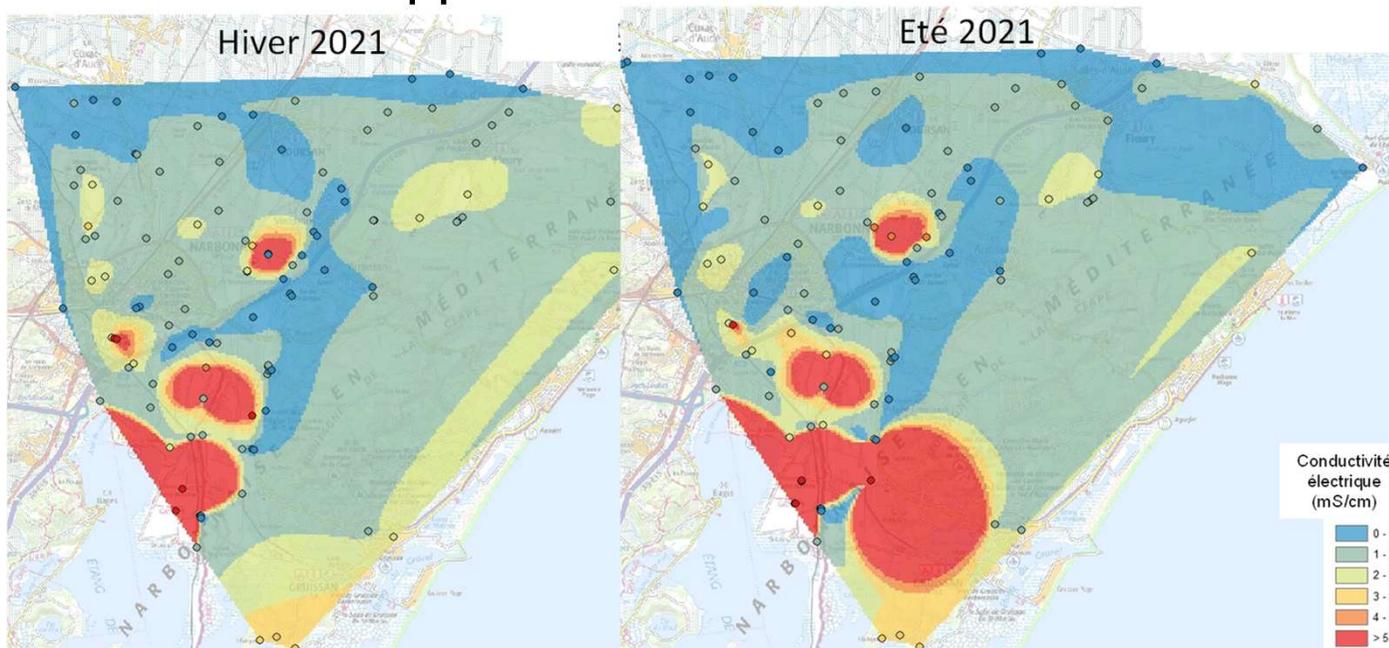
Situation actuelle des nappes



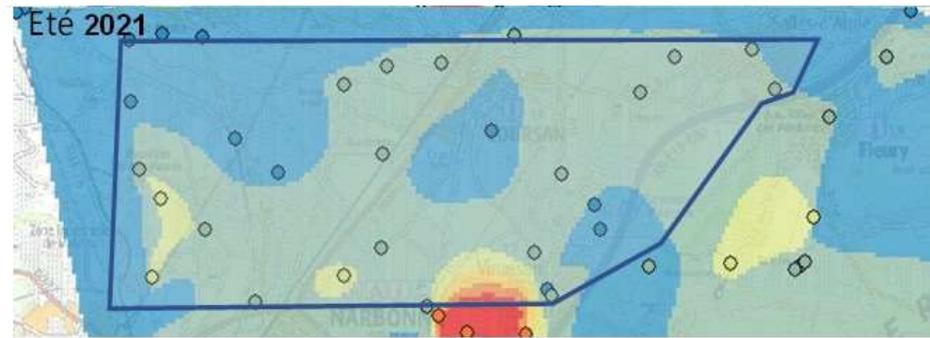
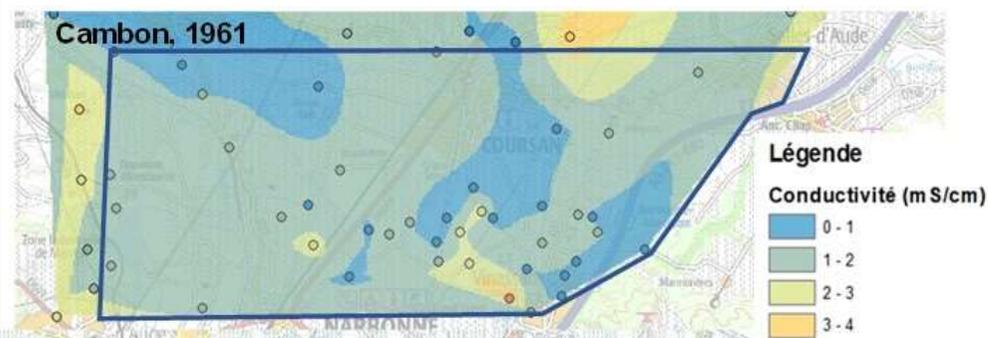
Peu évolution sur la durée du projet, période été – hiver

SEQUENCE 1

Situation actuelle des nappes

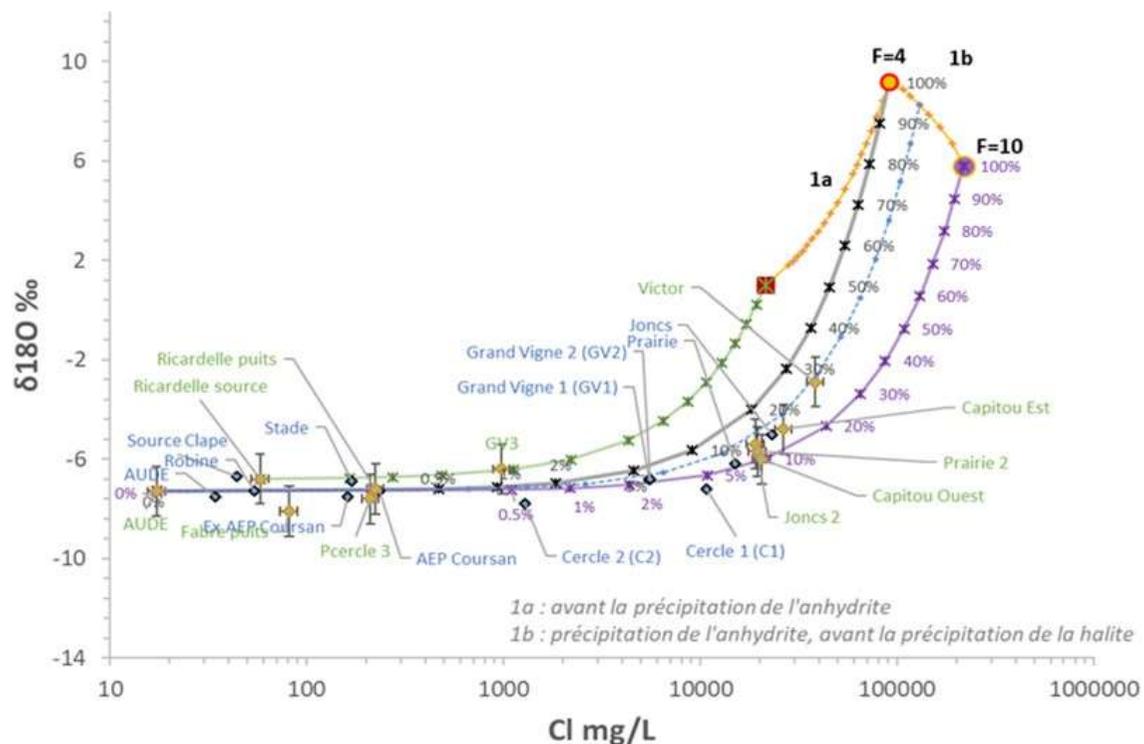


Peu évolution sur la zone amont de la Plaine en 60 ans



SEQUENCE 1

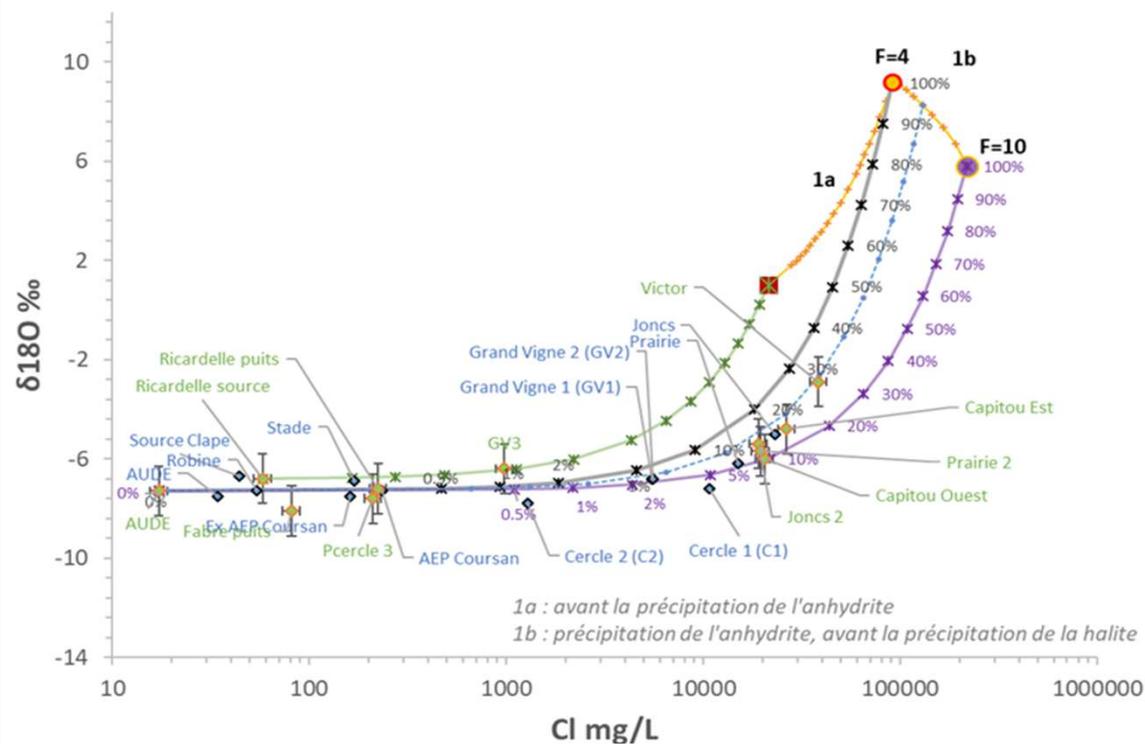
Recoupement cartographie historique et confirmation géochimique



Hypothèse : infiltration eau sursalée en lien présence anciens étangs salés

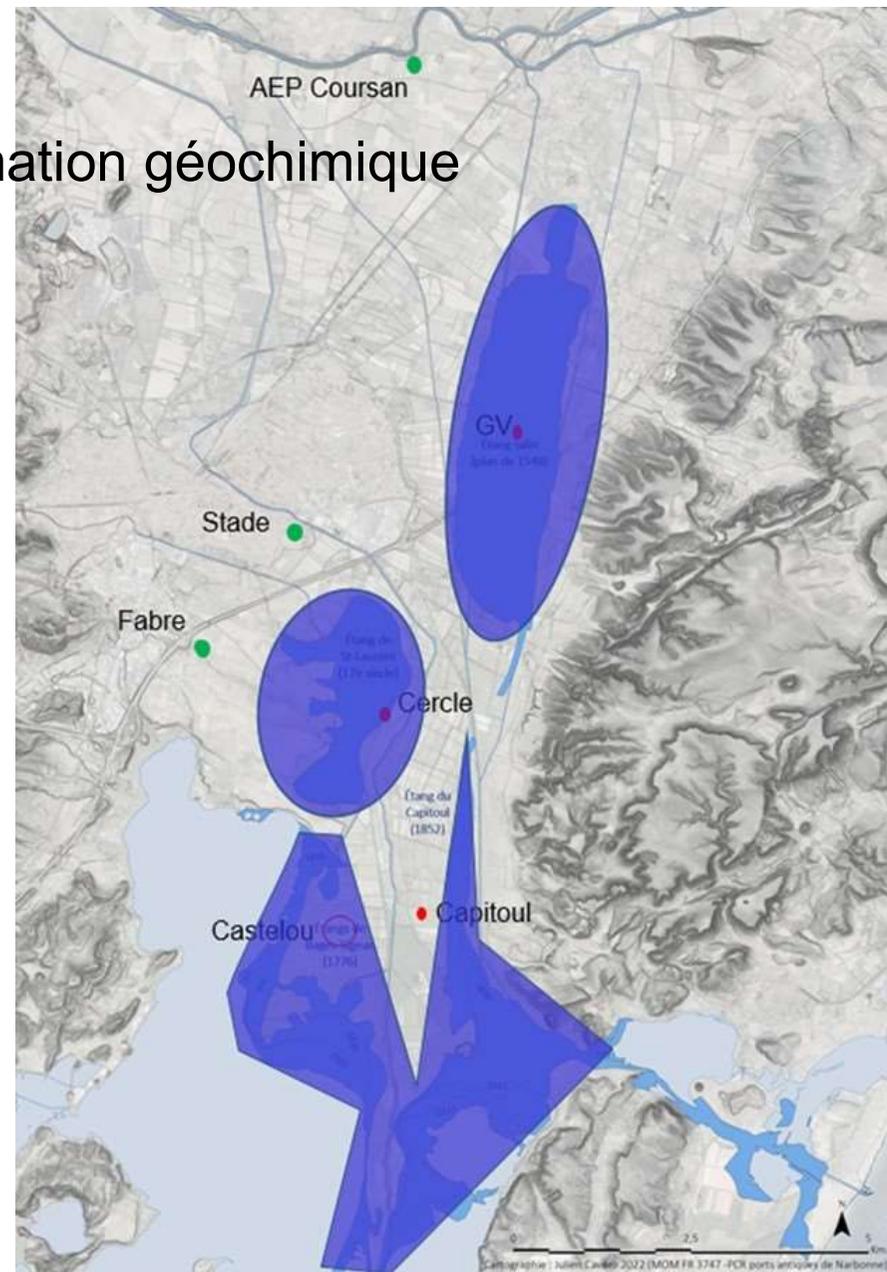
SEQUENCE 1

Recoupement cartographie historique et confirmation géochimique



Hypothèse : infiltration eau sursalée en lien présence anciens étangs salés

Etudes en cours Univ Montp 3 labo Archéo
Travaux sur anciens étangs narbonnaise
Julien Caverro, Corine Sanchez



Une salinité avérée des sols en cohérence avec celle des eaux souterraines

Des parties du territoire particulièrement concernées par une salinité en grande partie héritée (infiltration d'eaux marines évaporées / sur salées de quelques siècles)

... et actuellement gérée par des apports d'eau importants

Echanges sous forme de questions – réponses

❖ SEQUENCE 1

*Les sols et nappes de la BPA sont-ils salés ? Avec quelle intensité ?
Quelle est l'origine ou les origines de ce sel ?*

❖ SEQUENCE 2

Quels sont les impacts des pratiques de gestion actuelles ? Sont-elles efficaces ?

❖ SEQUENCE 3

Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique attendus ?

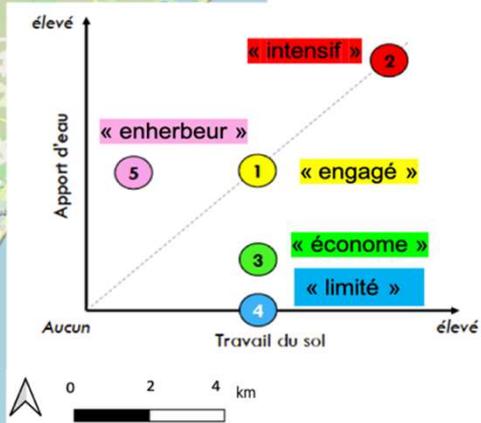
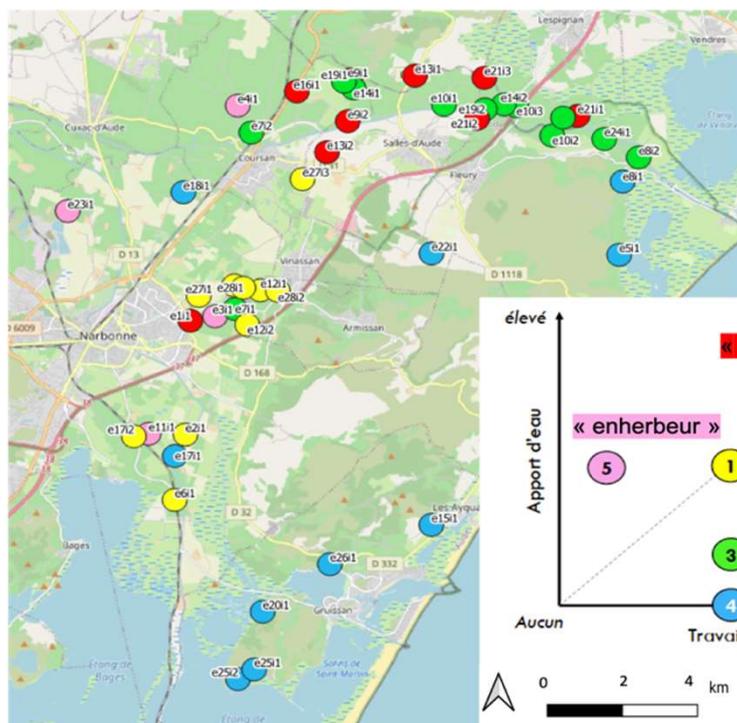
Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement, et comment ?

❖ CONCLUSIONS

SEQUENCE 2

Quels sont les pratiques de gestion actuelles ?

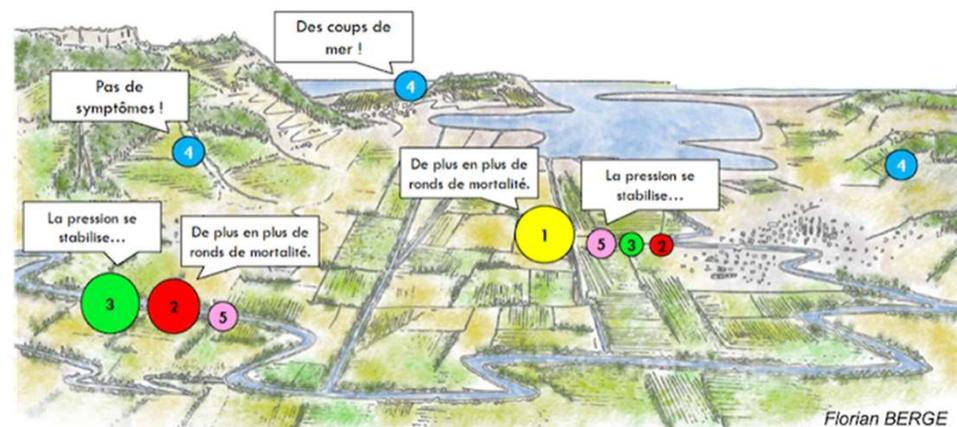
Une diversité de pratiques en lien avec la salinité (viticoles)



sectorisation des pratiques

perception de la pression saline et de l'efficacité des pratiques variée

→ intérêt du partage d'expérience



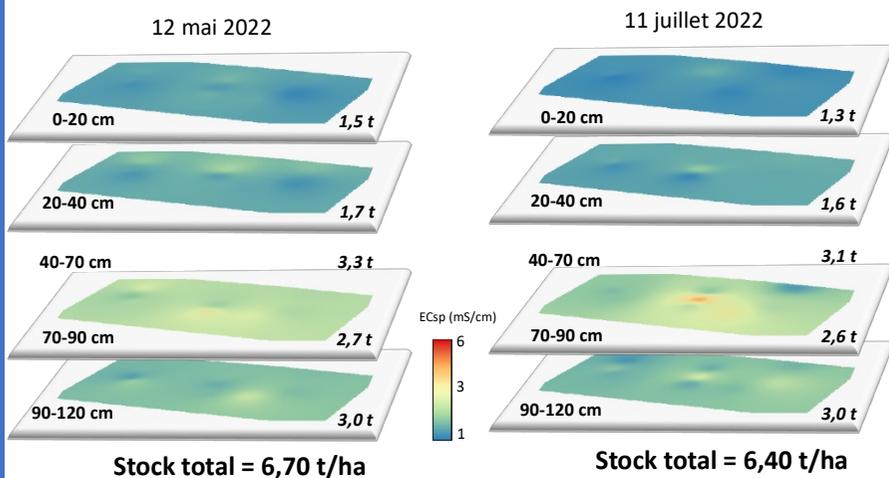
SEQUENCE 2

**Quelles sont les pratiques de gestion actuelles ?
Sont-elles efficaces ?**

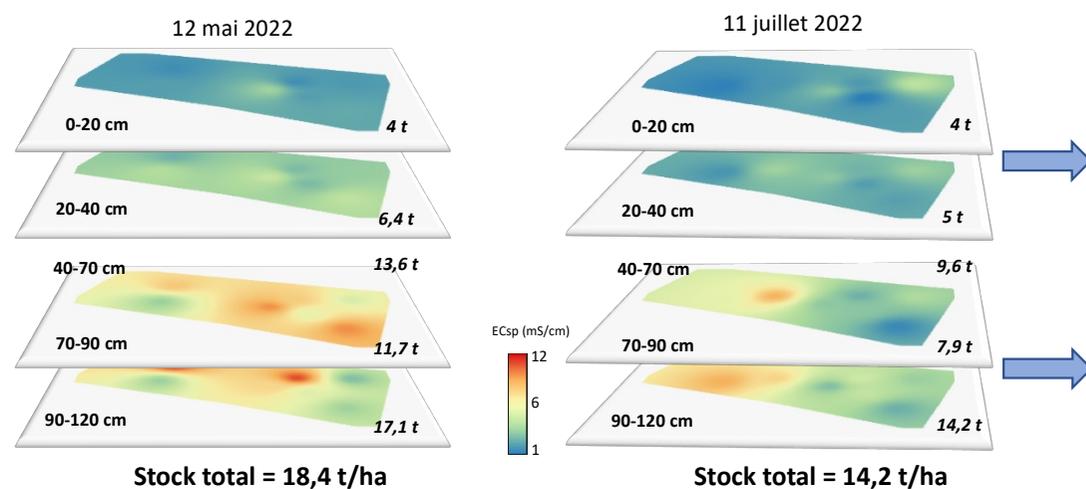
Effet d'une submersion sur les sols



Parcelle du Cercle



Parcelle de Grand-Vignes



Dessalement par les canaux superficiels et plus profonds
remobilisation du sel en profondeur en saison sèche

SEQUENCE 2

Quelles sont les pratiques de gestion actuelles ? Sont-elles efficaces ?

→ Les submersions : effet sur les nappes

Suivi submersion parcelles 2-3 Ha :
(secteur Cercle et Grand-Vigne)

Export \approx plusieurs centaines kg sel
2 submersions / an \approx 1 T sel

Stock 0-3 m $>$ 50 T sel

Durée plusieurs décennies à siècles
Avec pratiques actuelles
(disponibilité ressource en eau)

Dessalement \rightarrow temps long

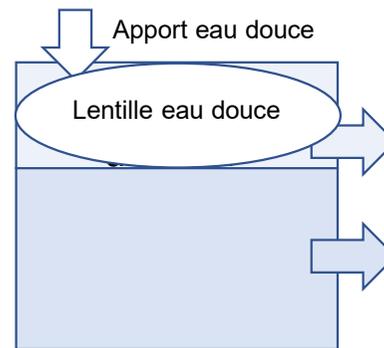


SEQUENCE 2

Quelles sont les pratiques de gestion actuelles ? Sont-elles efficaces ?

Notion de lentille d'eau douce

→ les submersions permettent de créer une forte stratification de la salinité des eaux souterraines qui protège les sols de la salinisation par remontées capillaires



Les stocks en sel intégrés sur la profondeur restent importants dans certains secteurs :

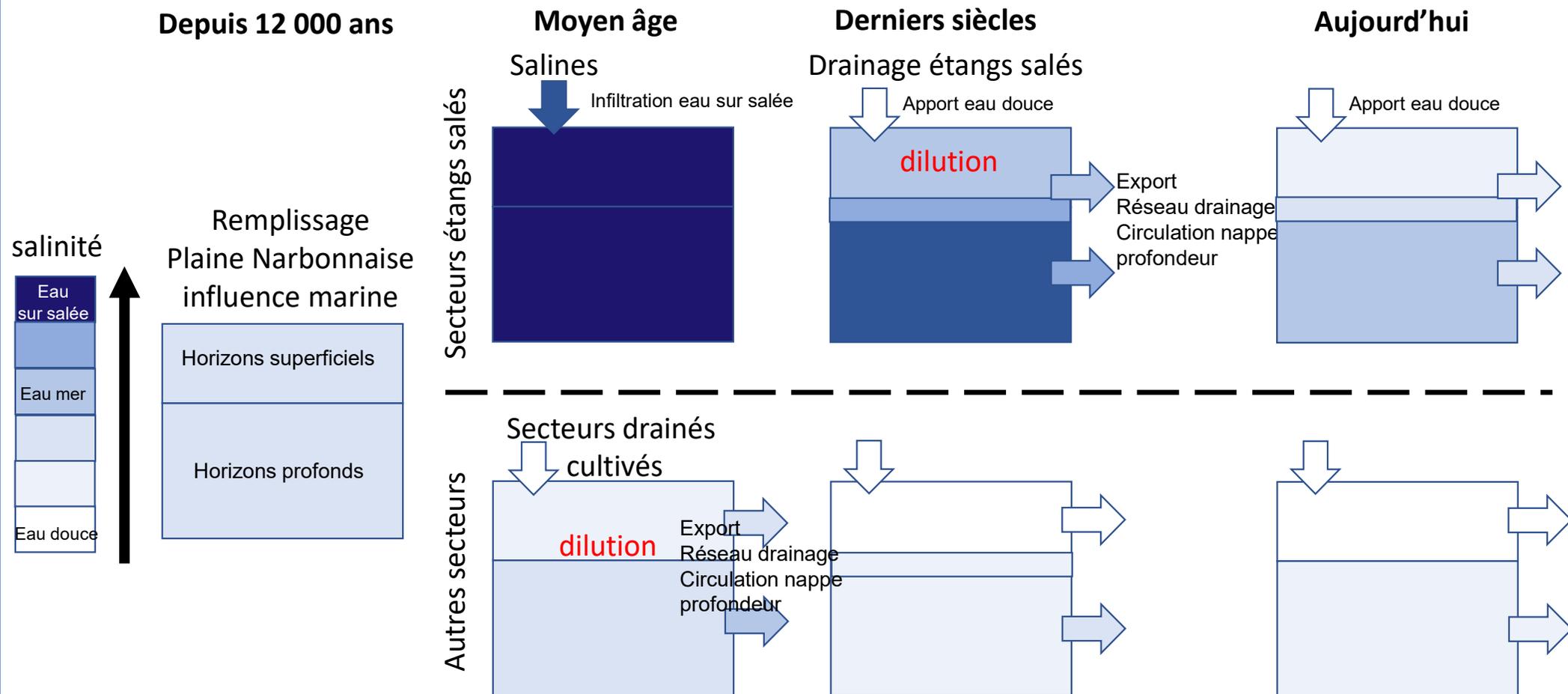
→ ces stocks constituent une source de salinisation sur le long terme

SEQUENCE 2 – Ce qu’il faut retenir ...

ECHANGES / DEBAT

L’apport d’eau contribue :

- à une atténuation du stress hydrique à court terme
- à un dessalement à long terme



Echanges sous forme de questions – réponses

❖ SEQUENCE 1

*Les sols et nappes de la BPA sont-ils salés ? Avec quelle intensité ?
Quelle est l'origine ou les origines de ce sel ?*

❖ SEQUENCE 2

Quels sont les impacts des pratiques de gestion actuelles ? Sont-elles efficaces ?

❖ SEQUENCE 3

*Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique attendus ?
Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement, et comment ?*

❖ CONCLUSIONS

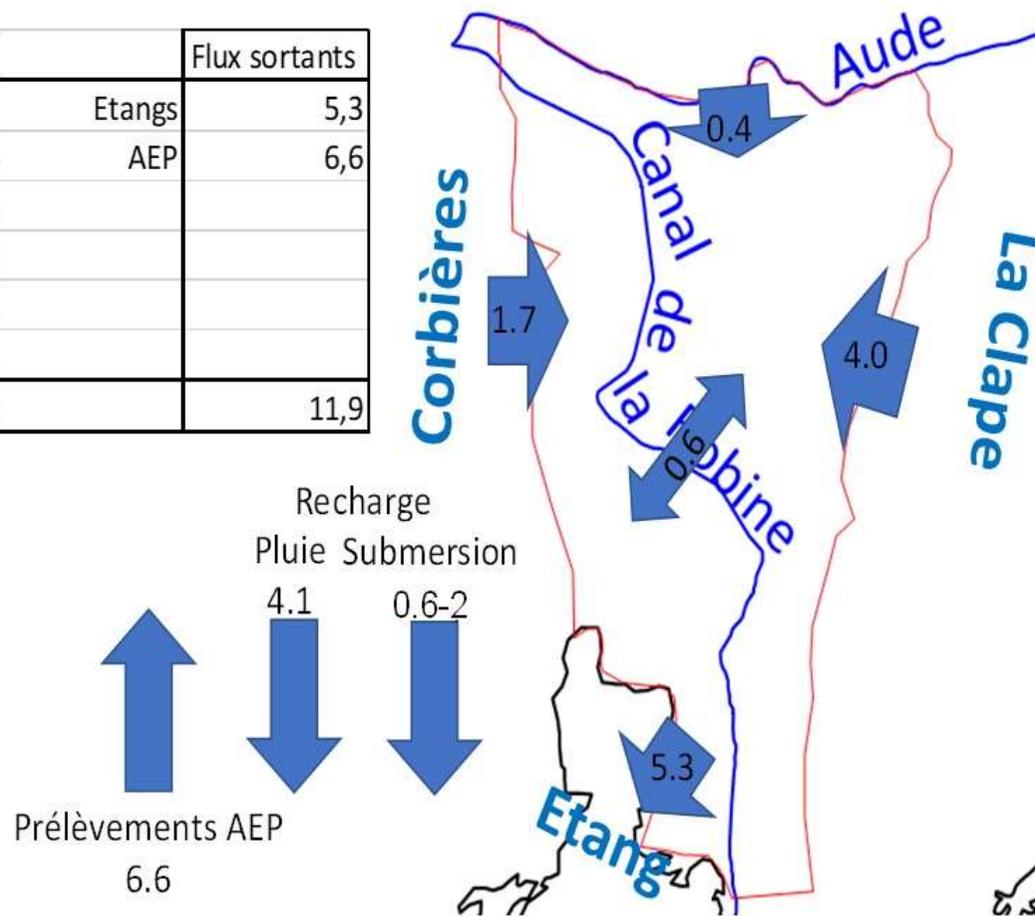
SEQUENCE 3

Situation actuelle des nappes

BILAN DES FLUX SOUTERRAINS

Flux en Millions m³/an - **Ordres de grandeur**

	Flux entrants		Flux sortants
Corbières	1,7	Etangs	5,3
Clape	4	AEP	6,6
Aude	0,4		
Robine	0,6		
Recharge (Pluie)	4,1		
Submersions	0,6 à 2		
Somme	11,4 à 12,8		11,9



SEQUENCE 3

Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique (CC) attendus ?

Impact du changement climatique :

Horizon 2050 :

- *Augmentation ≈ 2 °C par rapport 1976-2005*
- *diminution de 15-20 % de la recharge*

Périodes	1981-2010	2021-2040	2041-2060	2071-2090
RCP2.6	Actuel	Horizon 2030	Horizon 2050	Horizon 2080
Pluie efficace (mm/an)	120.6	103.7	102.8	112.9
MAD (30 simulations)	37%	46%	35%	48%
Anomalie		-14%	-15%	-6%

Périodes	1981-2010	2021-2040	2041-2060	2071-2090
RCP8.5	Actuel	Horizon 2030	Horizon 2050	Horizon 2080
Pluie efficace (mm/an)	114.8	89.3	87.8	67.8
MAD (24 simulations)	40%	46%	42%	38%
Anomalie		-22%	-23%	-41%

- Augmentation stress hydrique végétation (amplifié sur les secteurs de sols salés)
- Diminution des écoulements au sein de la nappe vers les étangs

SEQUENCE 3

Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique (CC) attendus ?

Impact du changement climatique :

Horizon 2050 :

- Augmentation ≈ 2 °C par rapport 1976-2005
- diminution de 15-20 % de la recharge

- Augmentation stress hydrique végétation (amplifié sur les secteurs de sols sales)
- Diminution des écoulements au sein de la nappe vers les étangs

- Élévation du niveau de la mer et submersion marine

Périodes	1981-2010	2021-2040	2041-2060	2071-2090
RCP2.6	Actuel	Horizon 2030	Horizon 2050	Horizon 2080
Pluie efficace (mm/an)	120.6	103.7	102.8	112.9
MAD (30 simulations)	37%	46%	35%	48%
Anomalie		-14%	-15%	-6%

Périodes	1981-2010	2021-2040	2041-2060	2071-2090
RCP8.5	Actuel	Horizon 2030	Horizon 2050	Horizon 2080
Pluie efficace (mm/an)	114.8	89.3	87.8	67.8
MAD (24 simulations)	40%	46%	42%	38%
Anomalie		-22%	-23%	-41%



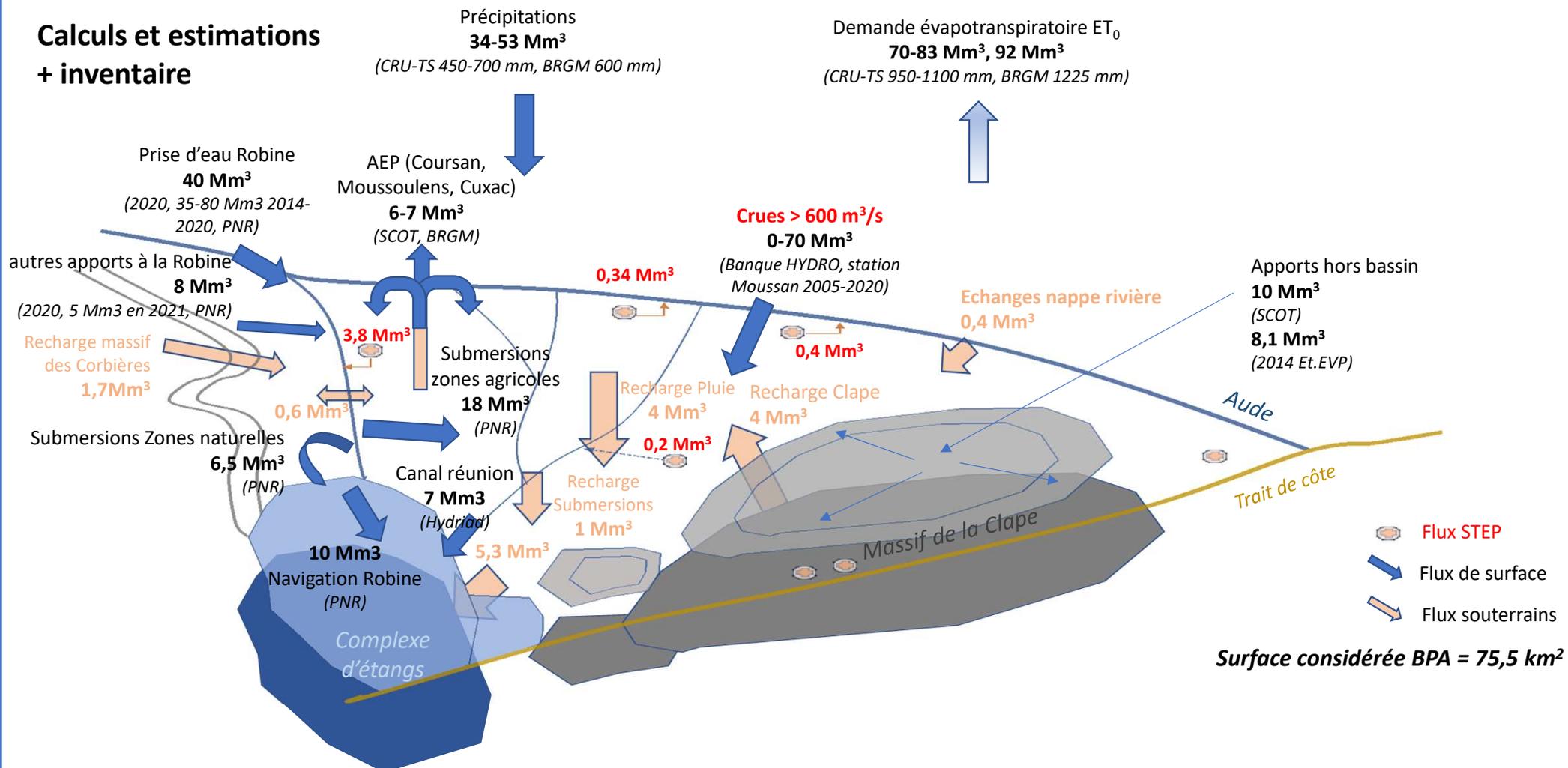
	2030-2050
Scénario permanent	Ⓜ + 0.4 m NGF ■

→ Vulnérabilité forte secteurs des étangs à la salinisation

SEQUENCE 3

Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique (CC) attendus ?

**Calculs et estimations
+ inventaire**



SEQUENCE 3

Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du CC attendus ?

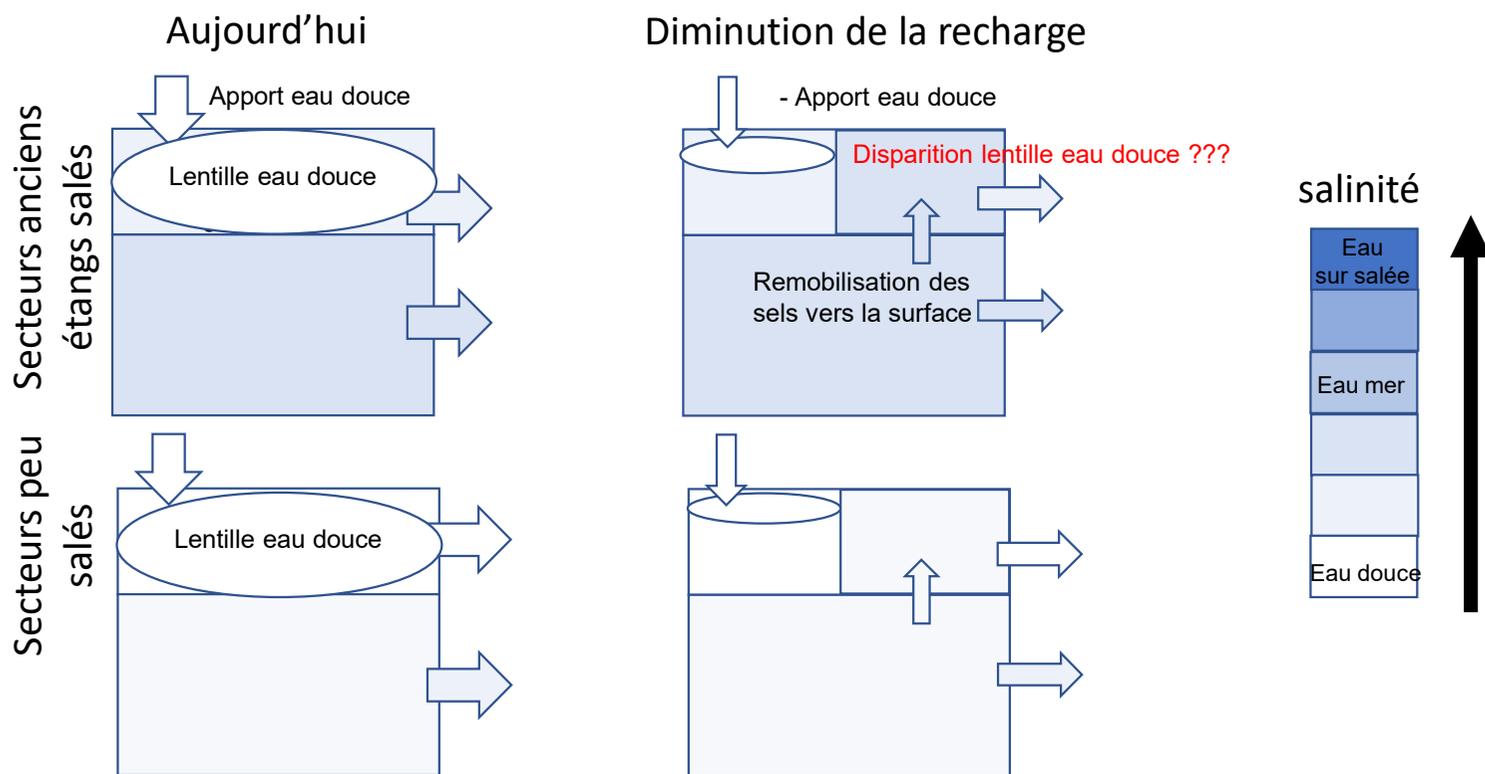
Le dessalement du territoire se poursuit globalement

- pas d'intrusion saline MAIS en contexte de CC (augmentation T°C, périodes sècheresse), végétaux subissent stress hydrique + en + important amplifié sur les secteurs salés

- secteurs proches étangs subissent déjà CC

Accentué par abandon de l'entretien et des aménagements hydrauliques et submersion

→ salinisation rapide des sols par remontée des sels horizons + profonds (disparition lentille eau douce)



SEQUENCE 3

Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement, et comment ?

Partager les constats, les expériences pour engager une prospective

← des référentiels communs (diagnostic de l'état actuel, perceptions partagées, retour d'expérience sur les différentes pratiques actuelles)

← des outils d'aide à la réflexion et à la décision (exemple d'un outils de simulation des réponses des plantes aux stress hydriques et salin)

Un monitoring pour suivre l'évolution et pouvoir capitaliser l'efficacité des solutions

→ poursuite du réseau piézométrique (une dizaine de points mis en place en 2020), zones naturelles, agricoles et prélèvements eau potable

→ salinité des sols multi-échelle (actions locales, vision globale) par des suivis géophysiques

SEQUENCE 3

Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement, et comment ?

Quelques « champs des possibles » ... à combiner entre eux :

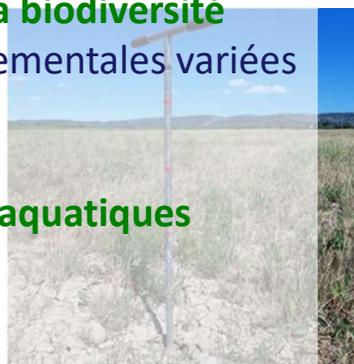
- Modifier la **répartition spatiale des apports d'eau** : concentrer les apports sur des secteurs stratégiques et renoncer à des secteurs en prise avec les salinités les plus fortes
- Modifier la **gestion de l'eau dans le temps** : tirer le meilleur parti des eaux disponibles (périodes de hautes eaux) pour réduire/stopper les apports en période critique (étiages)
- Adapter les **volumes à partir du besoin des plantes**
- Modifier les **usages de terres** et les **occupations du sol** : revoir la répartition cultures/zones naturelles, recourir à des plantes plus résistantes, envisager des zones de repli

Opportunité pour les écosystèmes

- **Maintien et développement de la biodiversité**
- Garantir des conditions environnementales variées

Opportunité la gestion de l'eau

- **Gestion des crues et des milieux aquatiques**
- **Zones humides**
- **Sécuriser l'AEP**



Opportunité pour les sols

- **Restaurer la qualité des sols**

Opportunité pour l'agriculture

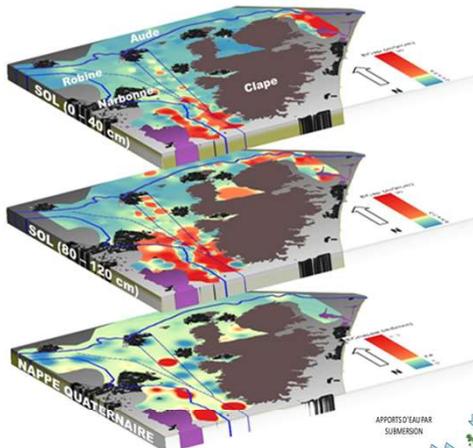
- **(Ré-)Orientations de la production**
- Valorisation des spécificités
- Variétés résistantes
- Évolution des pratiques



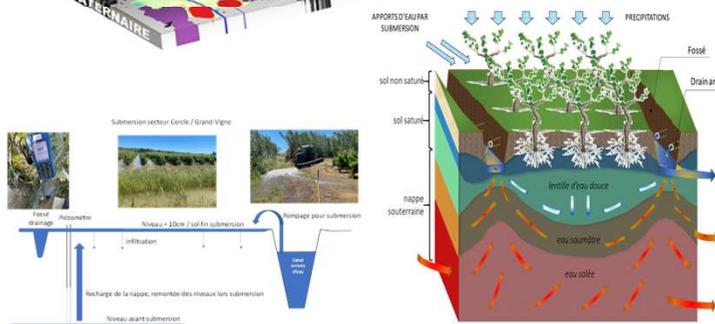
Le contexte de CC et de raréfaction de la ressource en eau impliquent des adaptations pour préserver les ressources en sol, la biodiversité et la production agricole

- Besoin de compléter les connaissances actuelles sur les apports des crues de l'Aude, la dynamique spatio-temporelle des lentilles d'eau douce, la trajectoire historique*
- Nécessité d'engager une prospective entre acteurs du territoire*
- Tester et simuler différentes solutions avec l'appui des scientifiques*

S.A.L.I.N. I (2019-2022)

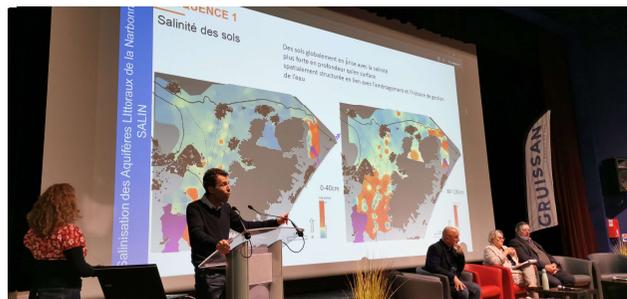
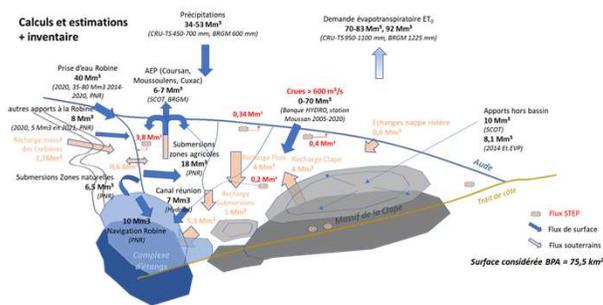


- > **Spatialisation** du phénomène (BPA non uniforme)
- > **Origine** du phénomène (anciens sels; « Salinité » VS « Salinisation »)
- > **Efficacité** des pratiques de gestions actuelles (submersion)
- > **Projection** changement climatique (augmentation T° et baisse recharge nappe)



-> **Pistes concrètes** d'évolution / adaptations de la gestion de l'eau et des sols naturels, semi naturels et agricoles :

- répartition spatiale et temporalité de la **gestion de l'eau**,
- efficacité / **besoin des plantes**,
- adaptation des **cultures** et/ou **usages des sols**

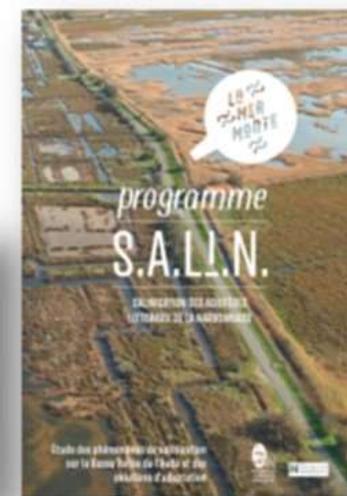


Conclusions – « Et maintenant? »

Perspectives à court terme (2023) et moyen terme (2024...)

Diffusion, partage et échanges sur les résultats

→ Plaque de synthèse finale S.A.Li.N.



Co construction d'une suite opérationnelle :

- Poursuite du travail scientifique de suivi, de compréhension du système et d'aide à la décision
- Elaboration collective de scénarios d'adaptation (sur la base des connaissances déjà acquises sur le fonctionnement nappes/sol)
- Recherche et engagement de parcelles « test » avec l'appui des professionnels agricoles et des scientifiques (essai et suivi d'efficacité de solutions d'adaptation de la gestion de l'eau et des sols agricoles, semi naturels et naturels)

SA.LI.N. II (2024-2027) : Objectifs opérationnels (rappel)



« PASSEZ DU DIAGNOSTIC À L'ACTION »

1 - Dynamique du système de « salinité »

- secteurs à « Risque Sel » et zones « propices » au dessalement
- besoin en eau des plantes en contexte +/- salé
- Evolutions à venir BPA

2 - Solutions adaptatives « multi échelles » (Tests et évaluation « terrain »)

- parcelles et ilots de parcelles
- solutions de réaménagements hydrauliques à l'échelle BPA

3 - Stratégie(s) d'adaptation BPA en contexte de changement climatique et de diminution de la ressource en eau

- Solutions collectives et individuelles (espaces naturels, semi naturels, agricoles et enjeux Eau Potable)
- Conditions socio économiques réalistes et acceptables