



# Recharge de nappe Aquarenova

26 mai 2026



# Sommaire

1. Description du système d'alimentation en eau potable d'Hyères
2. Dispositif Aquarenova - Conception
3. Dispositif Aquarenova – Exploitation
4. Retour d'expérience / perspectives



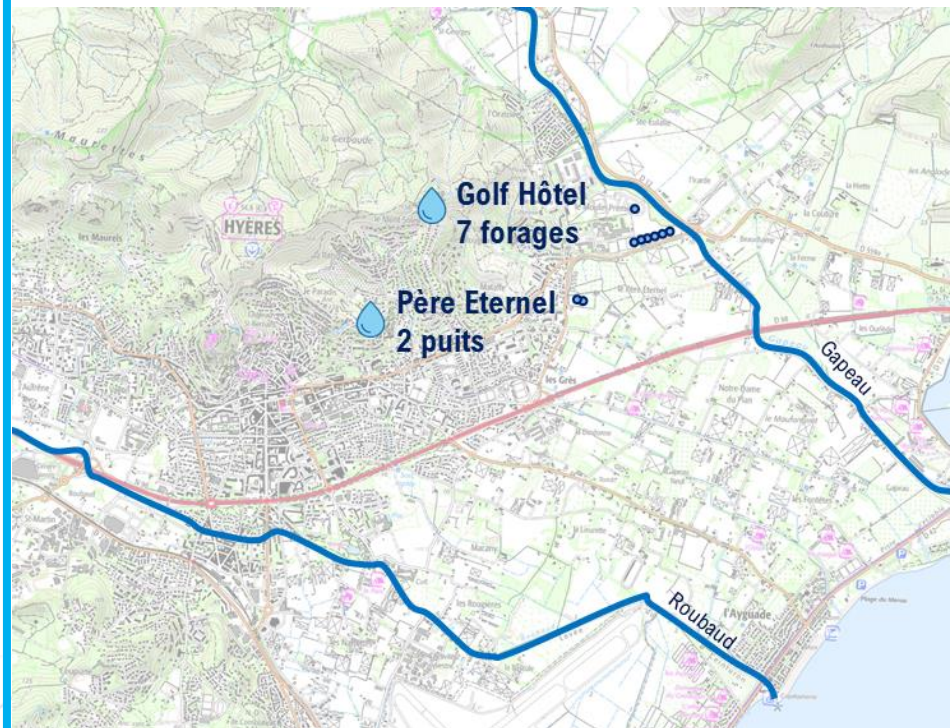
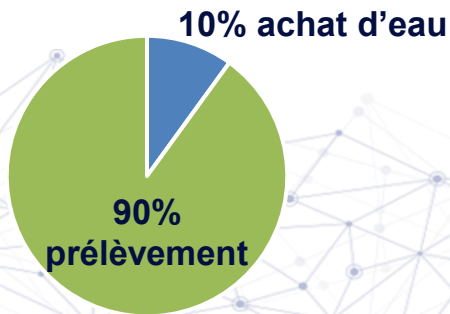
# DESCRIPTION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE D'HYÈRES



# La nappe alluviale du Bas Gapeau

La **nappe alluviale du Bas Gapeau** constitue la principale ressource en eau potable de Hyères les Palmiers (60 000 habitants – 200 000 habitants l'été).

Cette ressource historique est exploitée par 2 champs captant qui produisent en moyenne 5 Mm<sup>3</sup>/an. Cet apport est complété par des achats d'eau au Syndicat de l'Est (SIACREST) à hauteur de 0,5 Mm<sup>3</sup>/an.

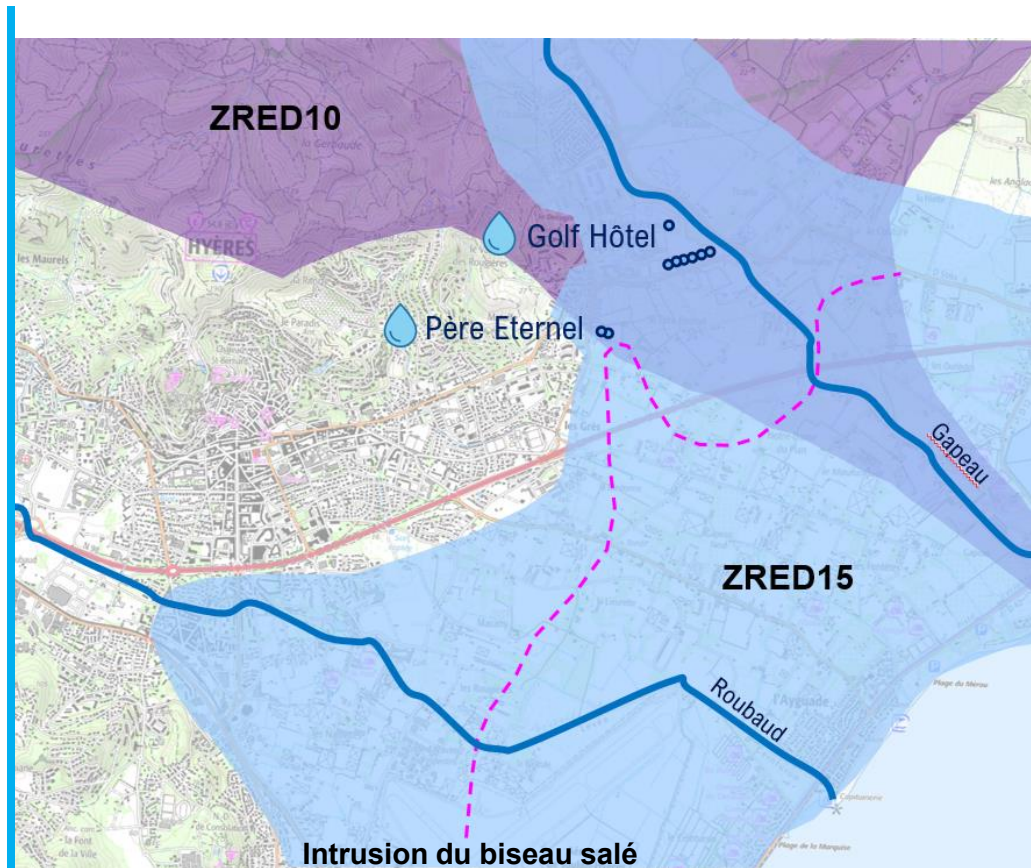


**Une ressource stratégique**

# La nappe alluviale du Bas Gapeau

Une ressource vulnérable, en milieu sensible :

- Identifiée comme vulnérable dans le SAGE
- Milieu côtier sensible à l'intrusion du biseau salé
  - 2002-2009 : Progression du biseau salé et arrêt de la production des forages du Père Eternel
- Zone de répartition des eaux :
  - De la nappe alluviale ZRED15
  - Du Gapeau ZRED10

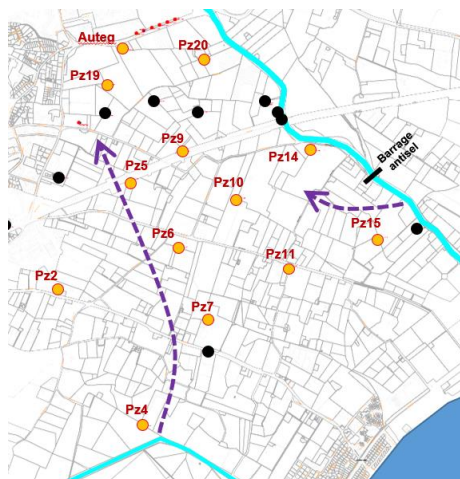


# La nappe alluviale du Bas Gapeau

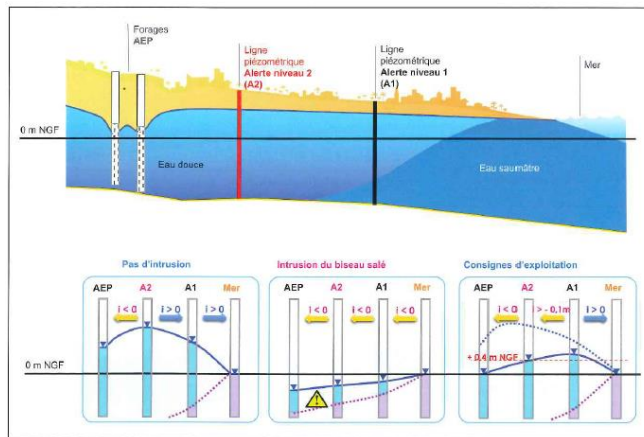
Une ressource aux conditions d'exploitation spécifiques et adaptées :

- **2012 – 2014** : Mise en place de la gestion intégrée de la nappe du Bas Gapeau
- **A partir de 2015** : Démarrage de la recharge maîtrisée d'aquifère avec Aquarenova

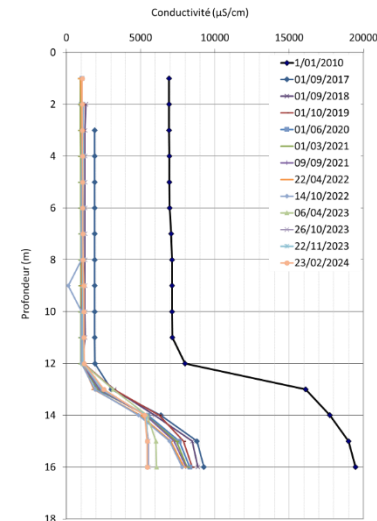
## Suivi piézométrique



## Méthode des gradients



## Suivi de la salinité



# DISPOSITIF AQUARENOVA - CONCEPTION





# Genèse du projet Aquarenova

**Projet ayant émergé en 2011 dans le cadre de la DSP**

**Plusieurs scénarios alternatifs ont été analysés sous forme multicritères:**

- Nouveau champ captant en amont : contraintes qualitative (pesticides) et quantitative
- Achats d'eau : faisabilité technique et coût
- Pérennisation de la ressource de la nappe alluviale du Bas Gapeau

**→ Aquarenova a été retenue comme la solution la plus adaptée** pour la pérennisation de la ressource de par sa faisabilité technico- économique

# Aquarenova : une référence

- Un projet validé en tant que contributeur du bon équilibre de l'eau souterraine par la communauté scientifique :
  - SAGE du Gapeau
  - BRGM avec le projet Smart Control
  - Agence de l'eau avec un financement d'1M€
- Un dispositif reconnu comme une référence sur le sujet de la recharge de nappe et dans la lutte contre l'intrusion du biseau salé en milieu côtier.



**SAGE**  
Schéma d'Aménagement  
de Gestion des Eaux du  
Bassin Versant du Gapeau

Plan d'Aménagement et de Gestion Durable  
Adopté par la CLE le 10 juin 2021  
Approuvé par le Préfet du Var le 28 juillet 2021



Géosciences pour une Terre durable  
**brgm**



**D.1.4**  
Gérer durablement la nappe alluviale du Gapeau

**LES TECHNIQUES DE RECHARGE MAÎTRISÉE D'AQUIFÈRES**  
Des solutions envisageables pour la constitution de ressources de substitution dans le cadre des PTGE

*“Définir les conditions et modalités du maintien de la réalimentation de la nappe via le dispositif AquaRenova, nécessaire à une **gestion durable de la nappe alluviale du Gapeau** »*



Systeme de recharge de l'aquifere côtier du Gapeau par des eaux de riviere "Aquarenova", développé par Suez à Hyères (83).  
© Géraldine Ploot-Cobbeaux



Water/PI project  
**SMARTControl**

Smart framework for real-time monitoring and control of subsurface processes in managed aquifer recharge (MAR) applications

**Deliverable D5.3**

**Real-time observation platform at MAR scheme in Toulon (Gapeau), France**  
Modeling of groundwater mound and effect of MAR on saline intrusion in a coastal aquifer



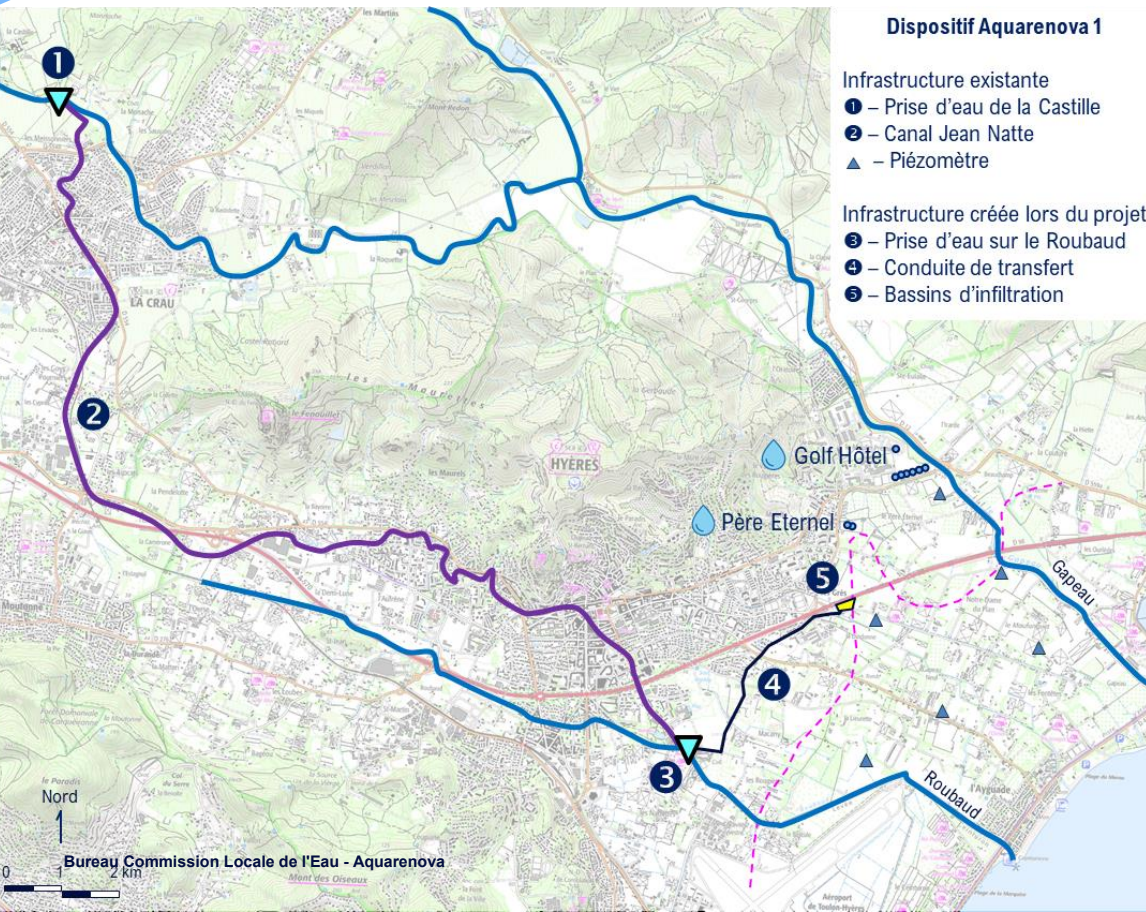
**SAUVONS L'EAU!**

Lyon, 1<sup>er</sup> juillet 2016

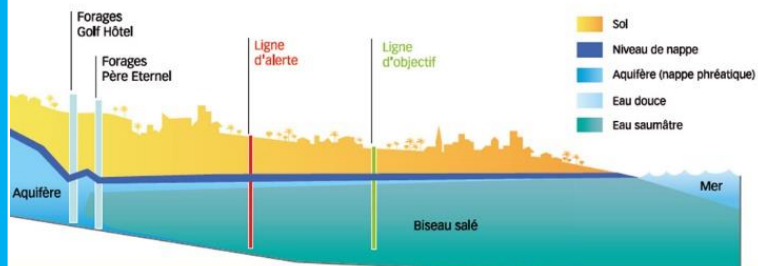
COMMUNIQUE DE PRESSE

L'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse investit 160 M€ pour l'eau au 2<sup>ème</sup> trimestre 2016

# Aquarenova : description

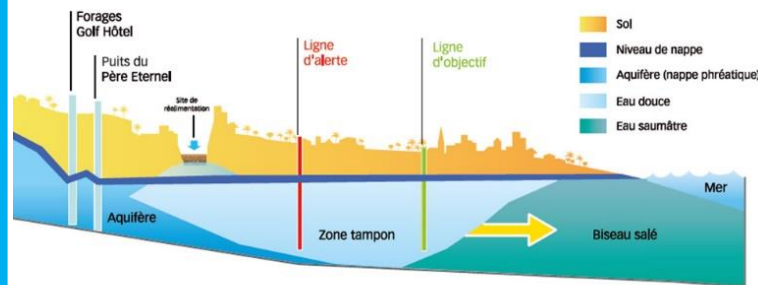


## POLLUTION DE LA NAPPE D'EAU DOUCE PAR INTRUSION D'EAU SALÉE



Sécheresse et progression du biseau salé

## RESTAURATION DE LA NAPPE



Réalimentation de la nappe (novembre à avril – situation au printemps)

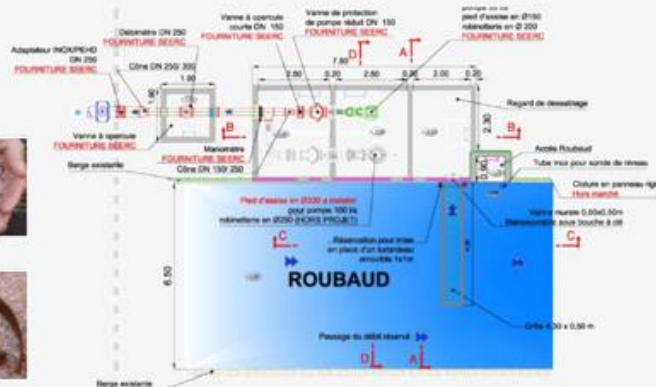
# AQUARENOVA

## Localisation du dispositif



# AQUARENOVA

## Phase 2 : Prise d'eau du « Roubaud »



### ASPECTS QUANTITATIFS

- Capacité du « Roubaud » : **270 l/s**
- Capacité de production de la prise d'eau de novembre à avril : **50 l/s**
- Débit réservé de **50 l/s > enjeu anguille**

### ASPECTS QUALITATIFS

- Mise en place de 2 stations Sirène®
- Monitoring continu de nombreux paramètres (arrêt automatique du pompage en cas de dépassement de seuils)

- Hydrocarbures
- Absorption UV
- Turbidité
- pH, température
- Conductivité
- Oxygène dissous
- Ammonium
- Chlorures
- Potassium, nitrates
- Potentiel Redox



### Caractéristiques

- Longueur : 2 200 m
- Diamètre de la conduite : 350 mm
- Matériaux : PEHD

3

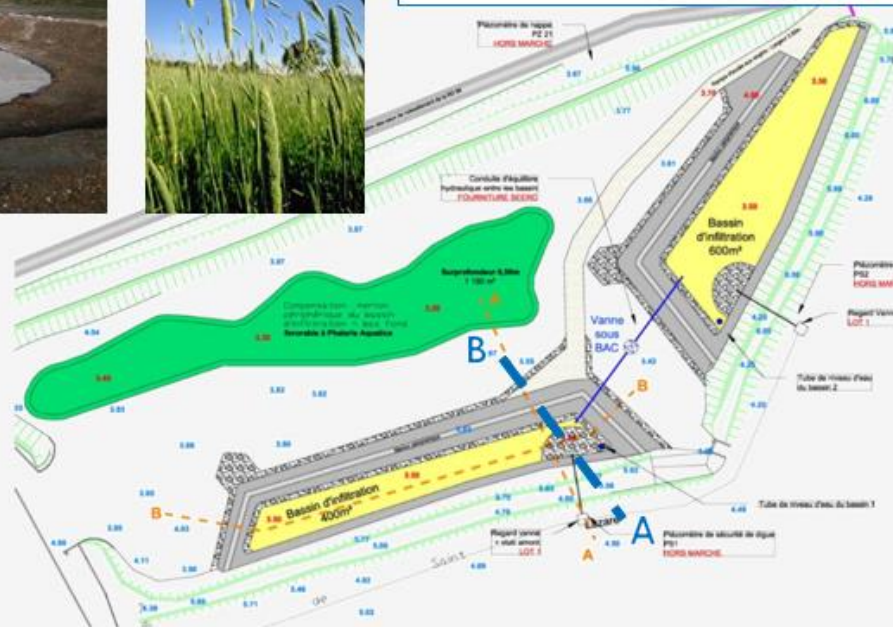
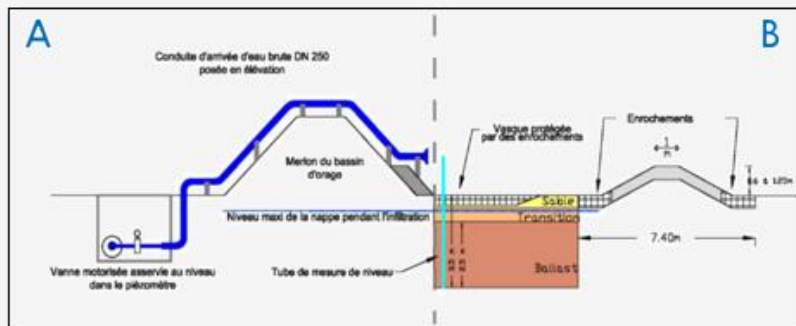
## AQUARENOVA

## Phase 2 : Les bassins d'infiltration

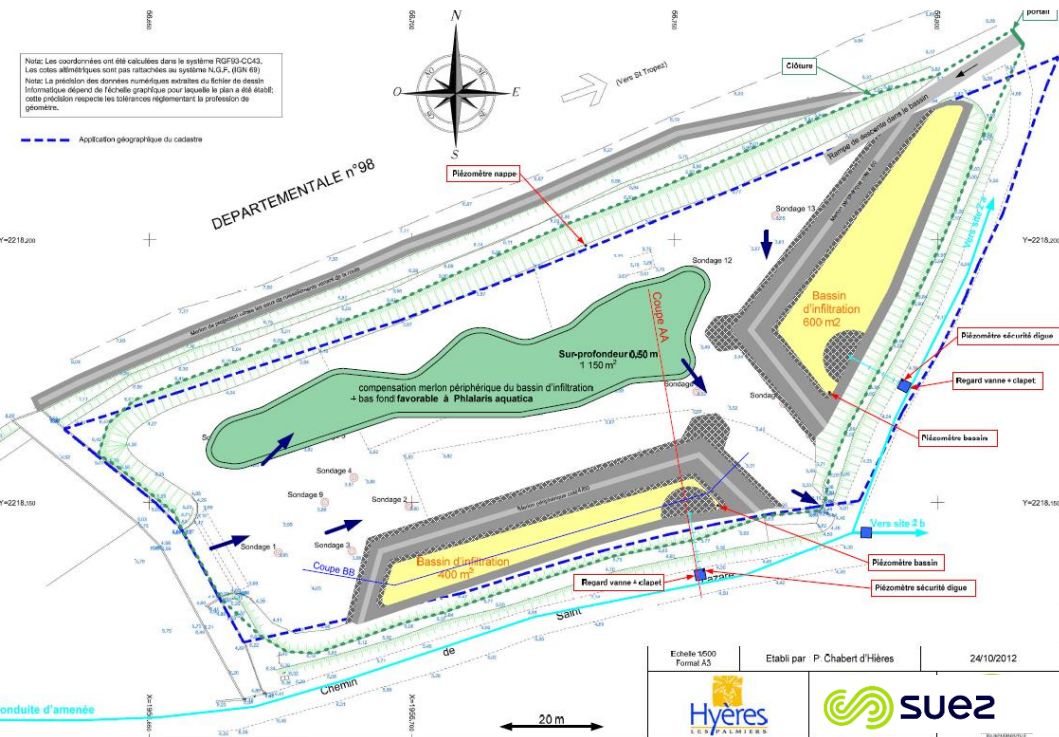
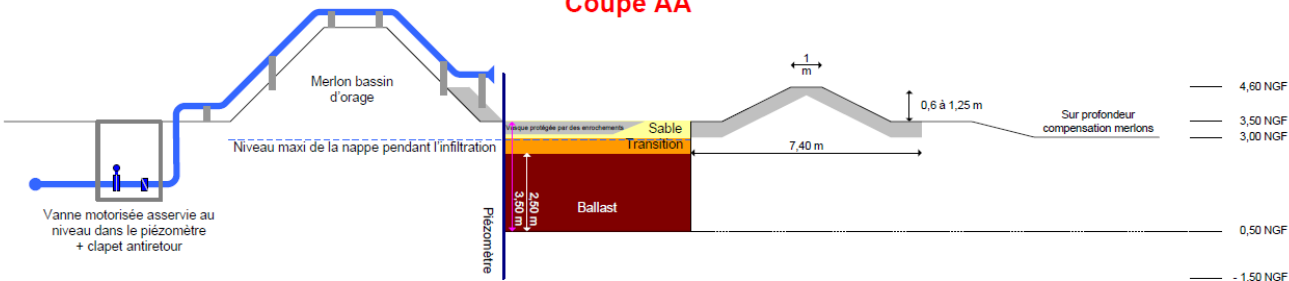


## Contraintes du site

- Maintenir la fonction de bassin d'orage du site
- Ne pas colmater les bassins d'infiltration
- Aquifère localement confiné
- Préservation d'espèces protégées (Phalaris Aquatica : suivi annuel)
- Risque de pollution avec la présence de la route départementale 98



## Coupe AA

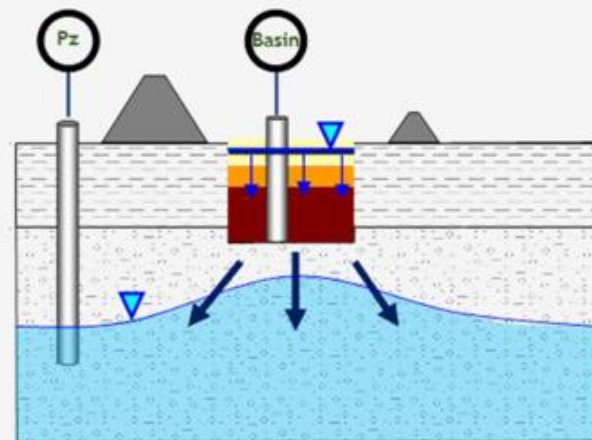


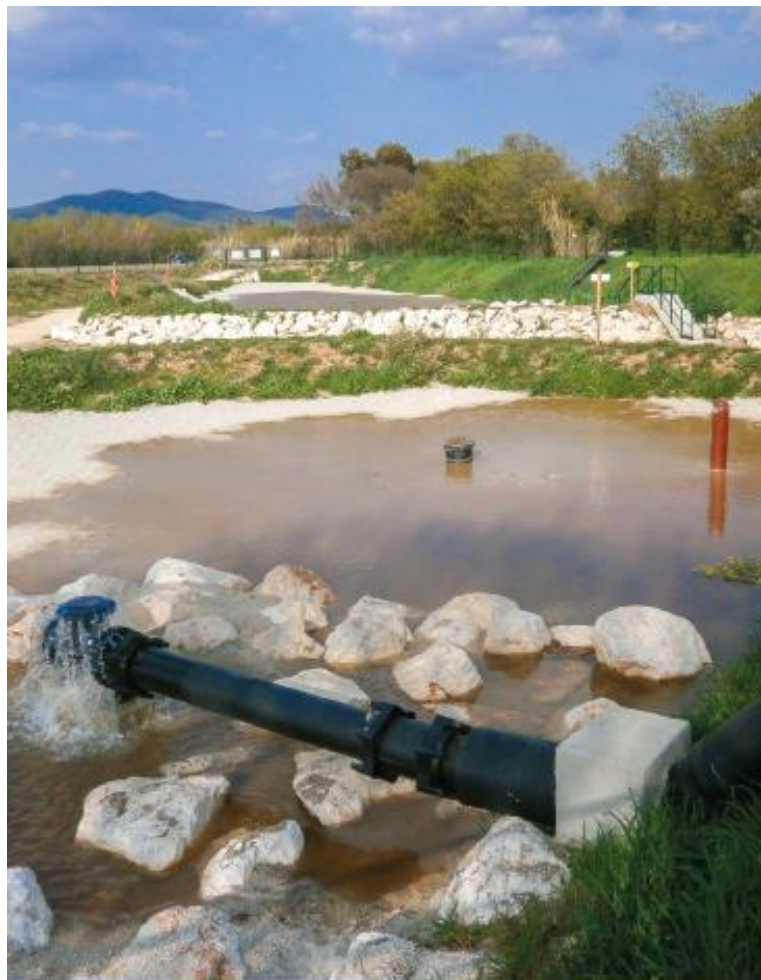
- La réalisation de deux fosses de 3,50 m de profondeur sur une surface cumulée de 1000 m<sup>2</sup> (400 et 600 m<sup>2</sup>),
- Le comblement des ces fosses par :
  - une première couche de 2,50 m de gravier 20/ 40 mm en fond de fosse,
  - une couche de transition de 0,50 m de gravier 6/14 mm,
  - une couche superficielle de 0,50 m de sables filtrant de 0,2/5 mm,
- La réalisation de merlons périphériques compactés,
- L'enrochement des zones sensibles aux érosions,
- La réalisation d'un merlon de protection contre les eaux de ruissèlement venant de la RD98,
- La mise en place de piézomètres de contrôle des niveaux d'eau (bassin et nappe),
- La mise en place d'une clôture périphérique et d'un portail d'entrée.

3

## AQUARENOVA

## Phase 2 : Les tests d'infiltration (Novembre 2015)





Bassin de réinfiltration de la nappe



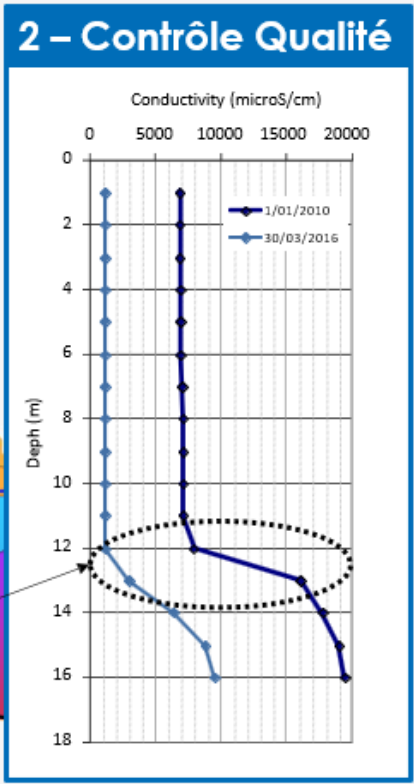
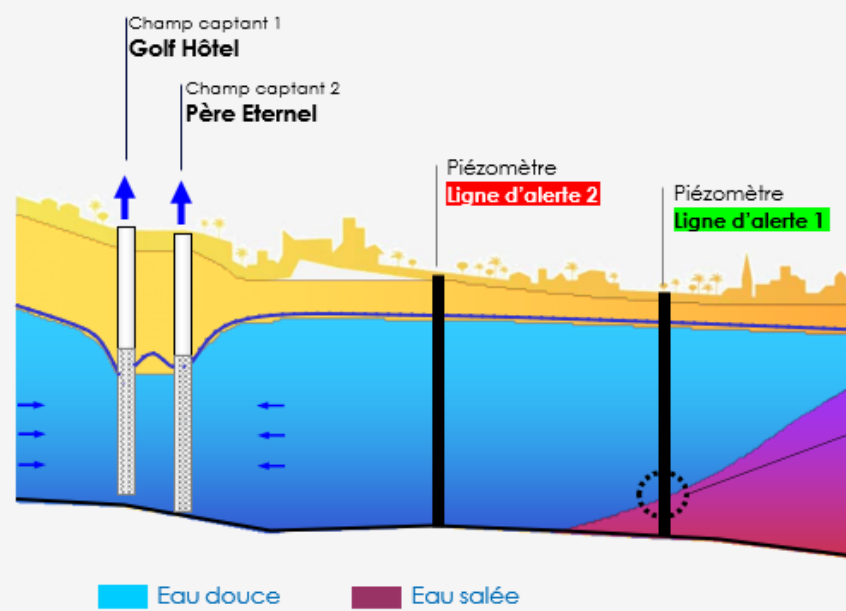
# DISPOSITIF AQUARENOVA - EXPLOITATION



2

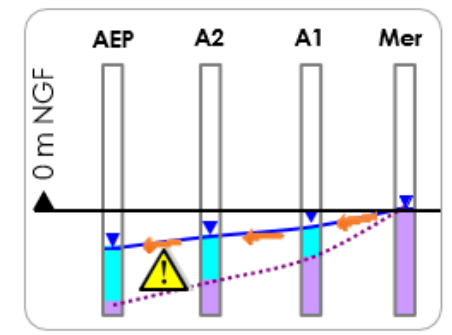
# AQUARENOVA Phase 1 (depuis 2011) : Méthode des gradients

Le temps de la mise en œuvre du projet de réalimentation de nappe, la méthode des gradients a été appliquée à la gestion de l'aquifère du Bas Gapeau pour garantir un maintien du biseau salé à distance des champs captant.

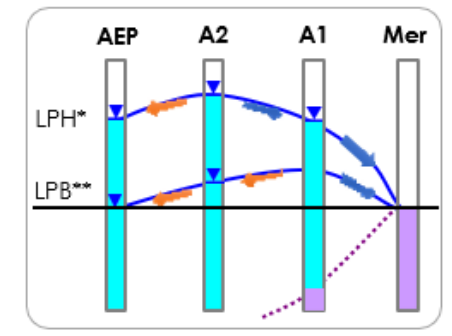


## 1- Contrôle dynamique

Période 2003 à 2006



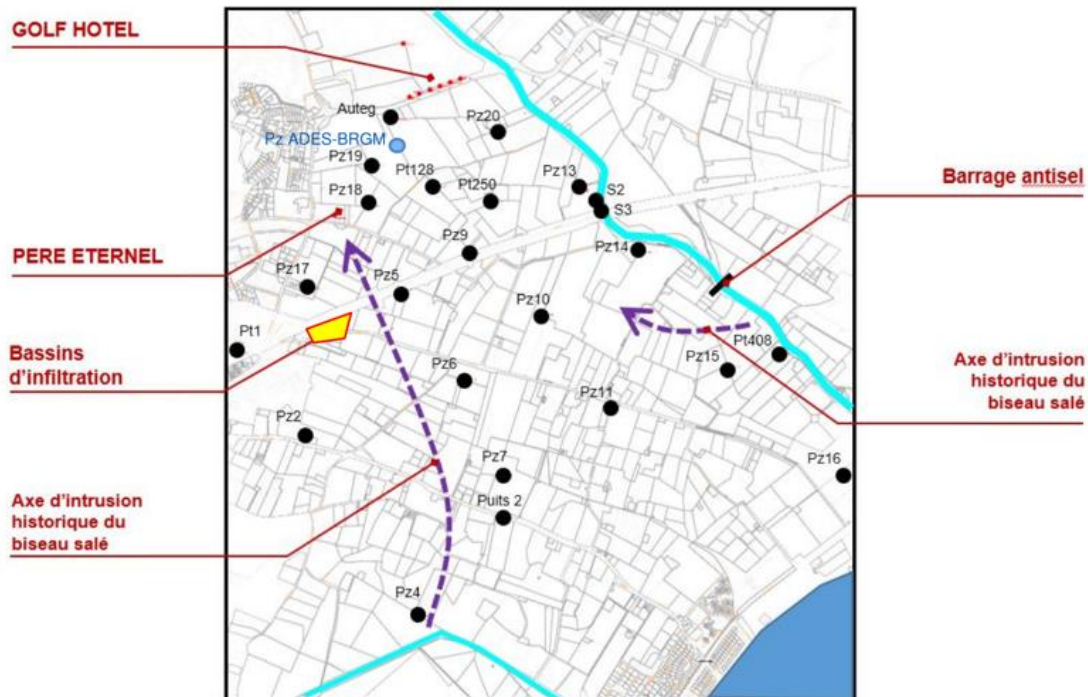
Nouvelles conditions d'opération



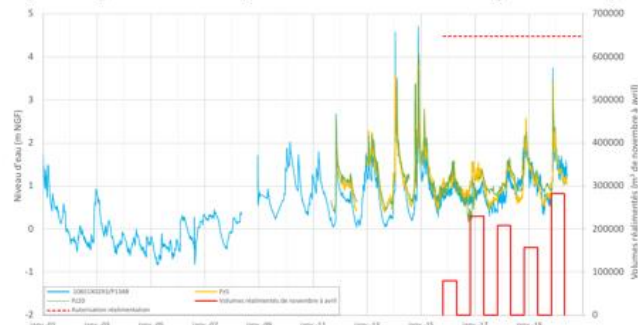
\* Ligne Piézométrique Haute  
\*\* Ligne Piézométrique Basse

# AQUARENOVA

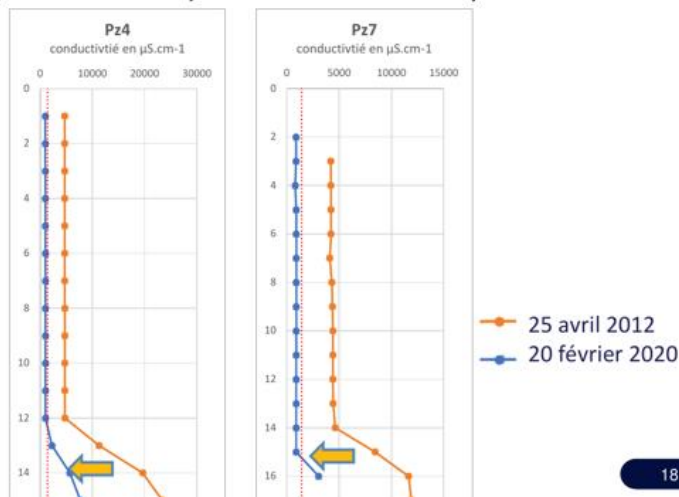
## Le suivi du dispositif



## 1 Contrôle de la dynamique du biseau salé (suivi piézométrique – méthode des gradients)



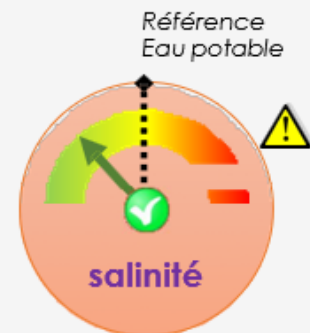
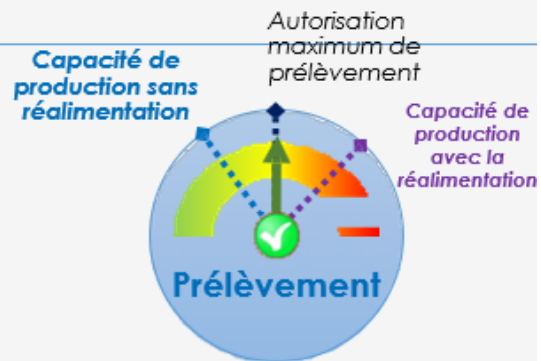
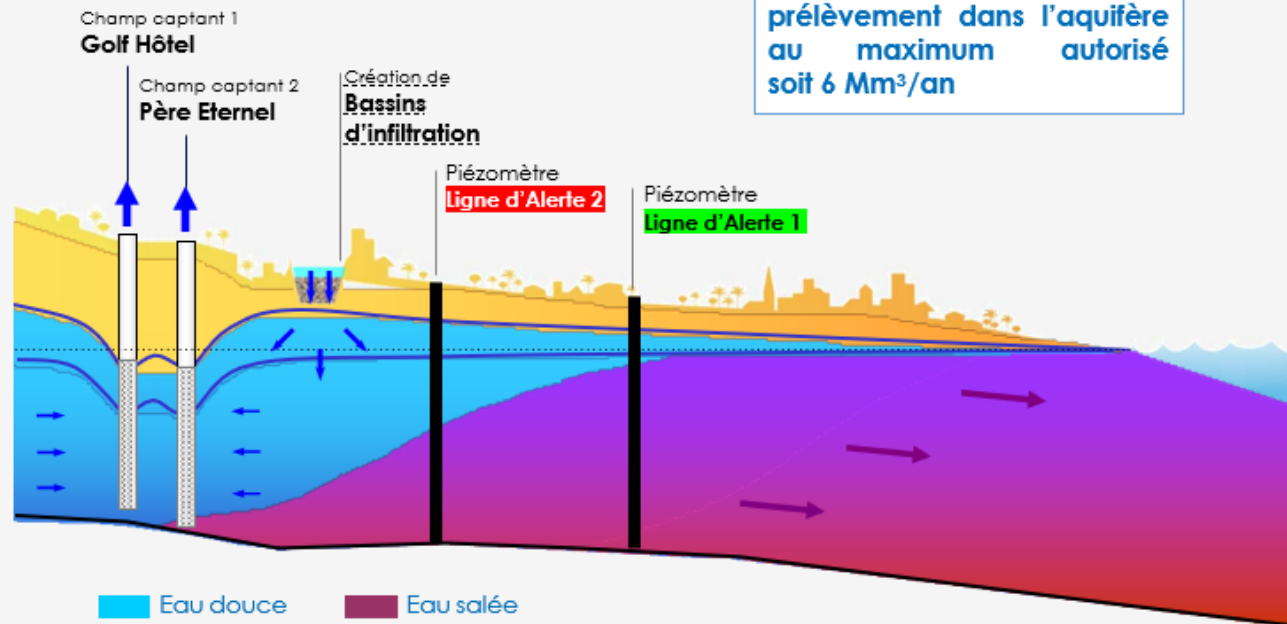
## 2 Contrôle de la position du biseau salé (Réalisation de profils de conductivité)



## Phase 2 (depuis 2015) : La réalimentation de nappe

Recharge de l'aquifère  
de Novembre à Avril

En période de recharge  
déficitaire, la réalimentation  
de nappe permet **un  
prélèvement dans l'aquifère  
au maximum autorisé**  
soit **6 Mm<sup>3</sup>/an**



# Aquarenova : un site monitoré

Arrêté préfectoral du 16 juin 2014

<b>Débit de refoulement maximum</b>	50 L/s soit 180 m <sup>3</sup> /h
<b>Volume annuel prélevé maximum</b>	648 000 m <sup>3</sup>
<b>Période d'exploitation maximum</b>	1 <sup>er</sup> novembre au 30 avril (6 mois)



Bureau Commission Locale de l'Eau - Aquarenova

General

## Période d'exploitation

Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
------	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

## Dispositif de contrôle de l'impact d'Aquarenova

### Suivi quantitatif :

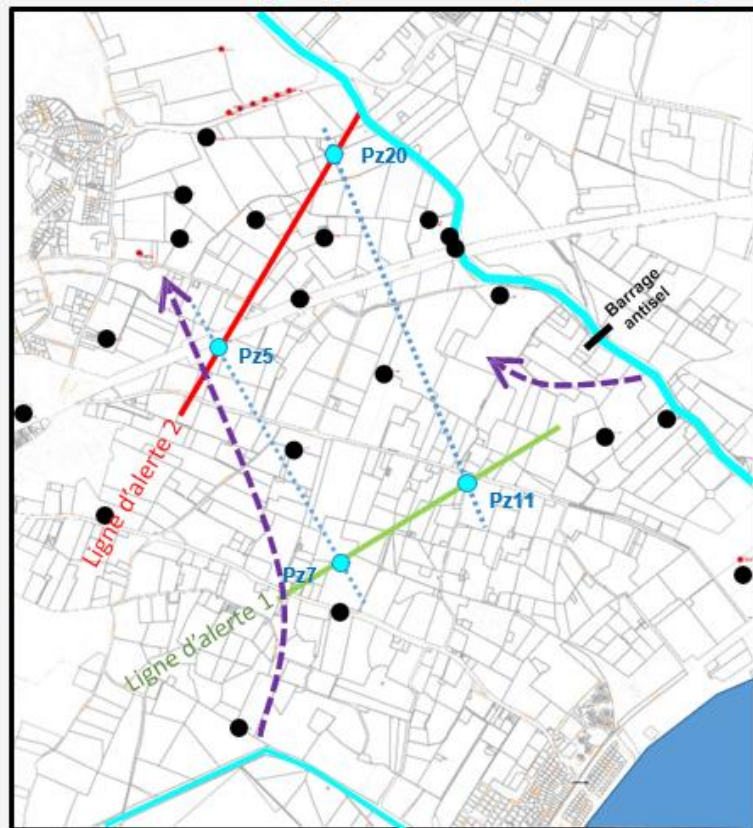
- Comptage des volumes prélevés ;
- Piézomètres de bassin ;
- Piézomètres de nappe.

### Suivi qualitatif :

- Station d'alerte au niveau de la prise d'eau du canal Jean Natte (Castille) ;
- Station d'alerte au niveau de la prise d'eau de réalimentation ;
- Piézomètre de contrôle dans la nappe ;
- Pilotage de la recharge selon des seuils qualité.

## Rapport annuel présenté aux services de l'Etat

## Phase 1 (depuis 2011) : Consignes d'exploitation



## Seuils de régulation des débits d'exploitation

## Période hivernale : hautes eaux

H nappe minimum hiver : + 0,4 m NGF

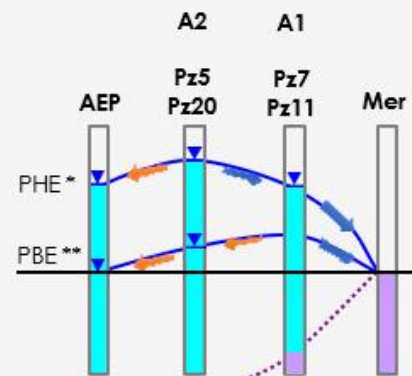
H ligne A2 – H ligne A1 &gt; + 0,2 m

## Période estivale : basses eaux

H nappe minimum été : + 0,3 m NGF

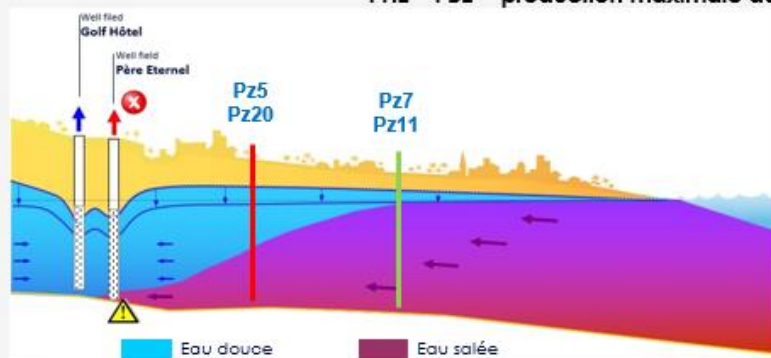
H ligne A2 – H ligne A1 &gt; - 0,1 m

Débordement du Gapeau



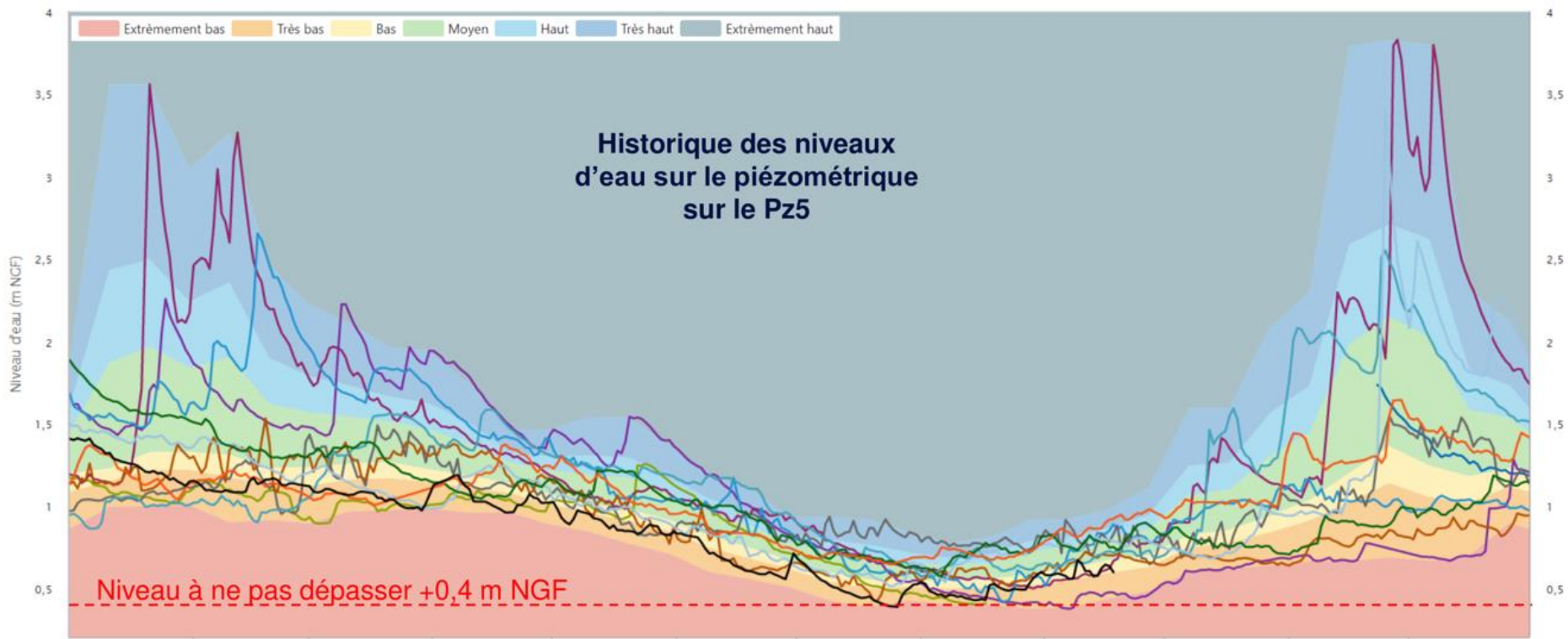
\* Profil Hautes Eaux \*\* Profil Basses Eaux

PHE – PBE = production maximale autorisée



## ① Contrôle de la dynamique du biseau salé (1/2)

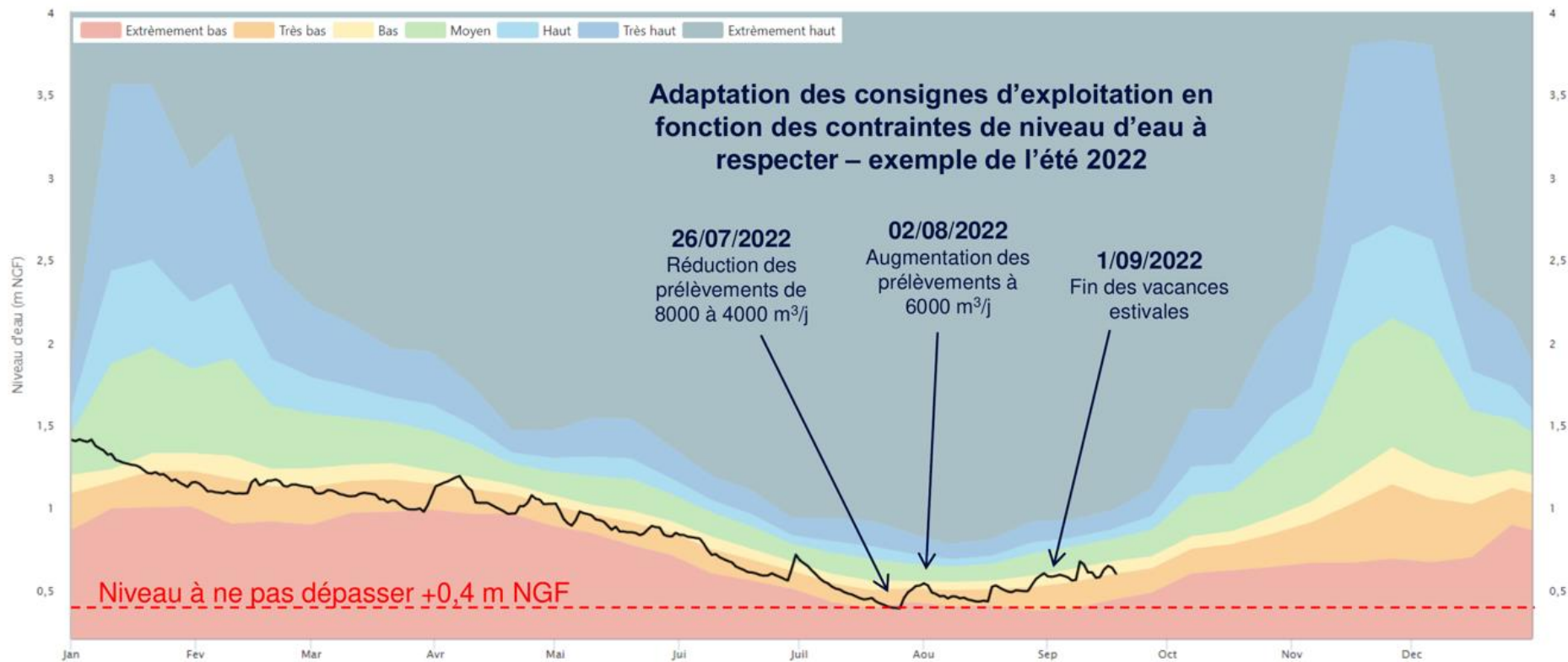
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022



## 1 Contrôle de la dynamique du biseau salé (2/2)

Indicateur sécheresse Statistiques   Tous les comptes > HYERES > Golf Hôtel > Hy Pz5

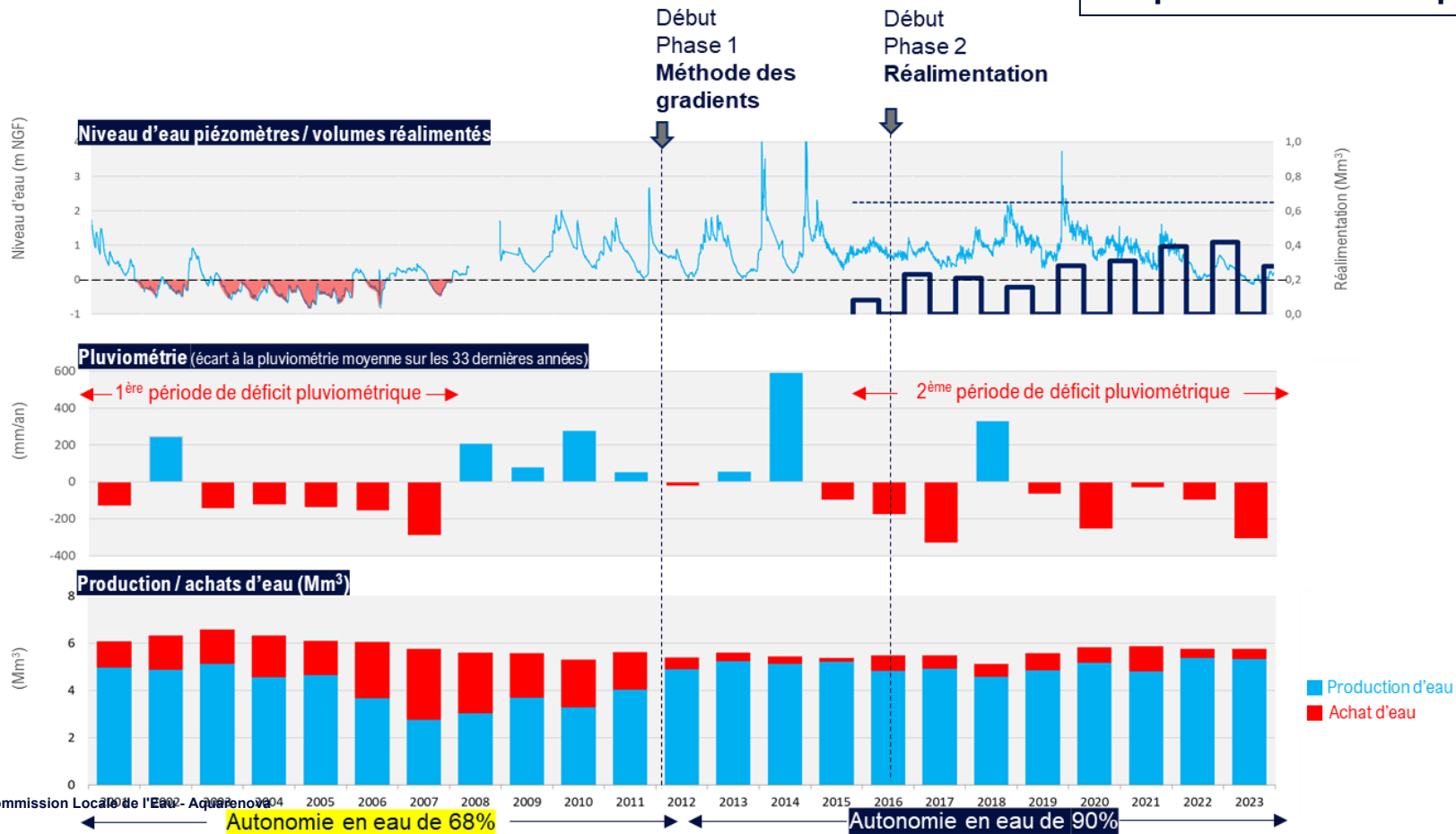
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022





# Aquarenova : un dispositif efficace

Amélioration de l'état  
quantitatif de la nappe



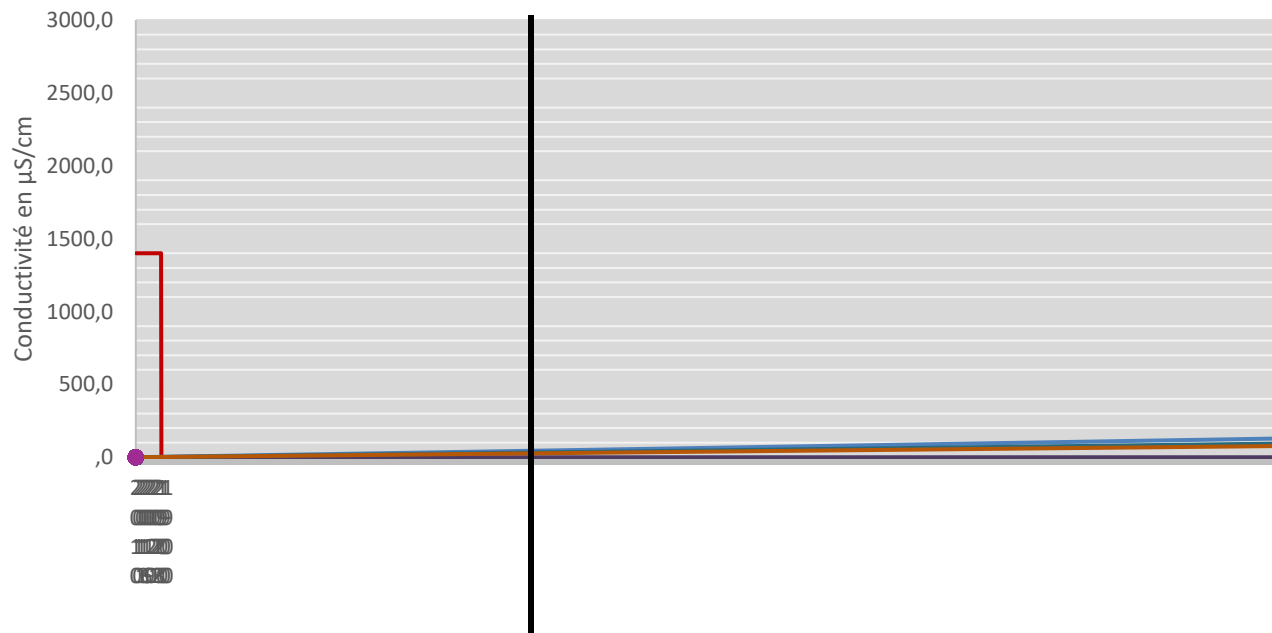


# Aquarenova : un dispositif efficace

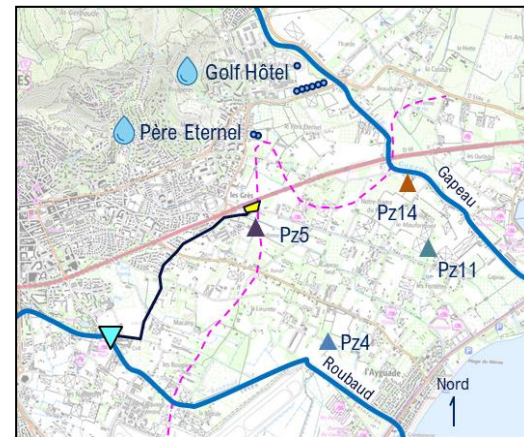
Recul du biseau salé et  
amélioration de l'état qualitatif  
de la nappe

Evolution de la conductivité à 8m de profondeur

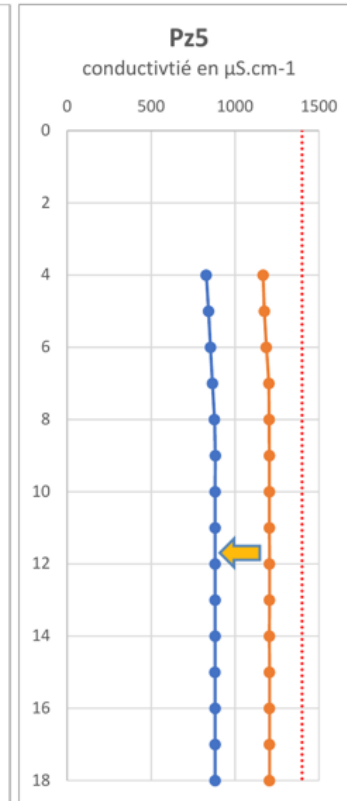
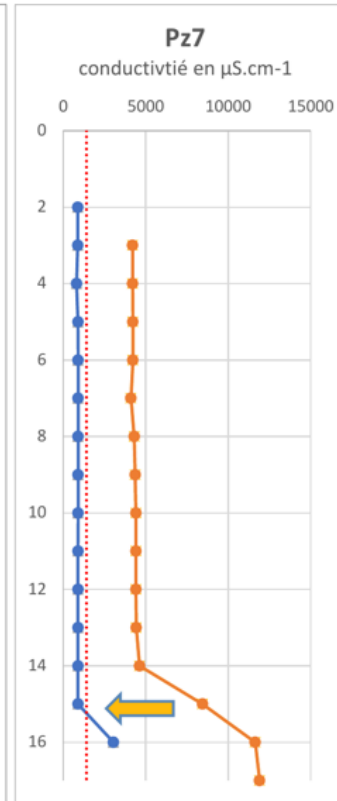
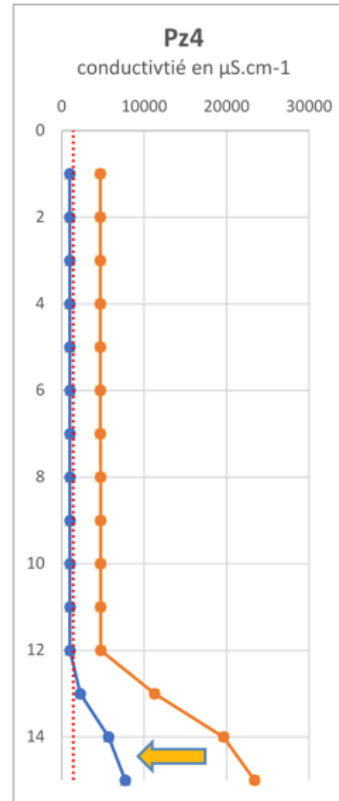
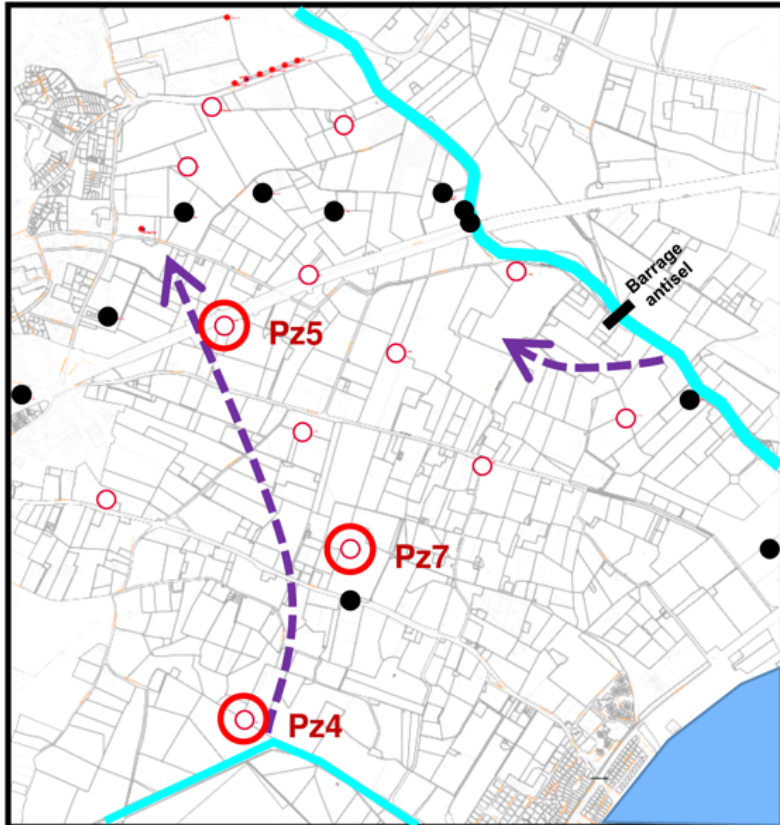
— Limite 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$     ● PZ4    ● PZ5    ● PZ11    ● PZ14



Aquarenova



## ② Contrôle de la position du biseau salé – profils de conductivité



# RETOUR D'EXPÉRIENCE PERSPECTIVE





# Conditions de réussite

- Concertation amont des parties prenantes dans le cadre des schémas de gestion établis et de la réglementation --->
- Un réseau de suivi piézométrique suffisamment dense avec historisation --->
- Maitrise foncière et choix d'implantation du dispositif --->
- Limitation des impacts hydrologiques et environnemental en aval de la prise d'eau --->
- Débit d'étiage



# Limites

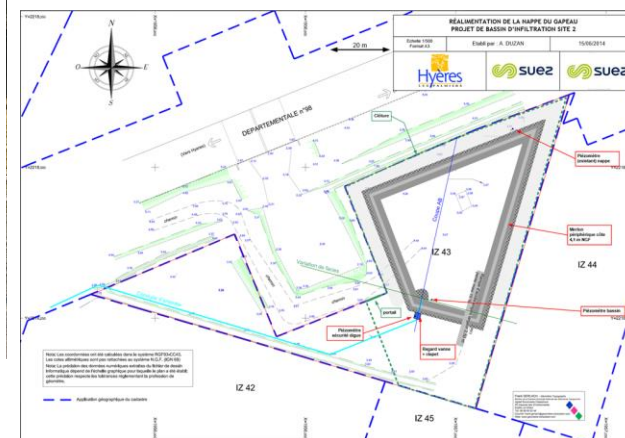
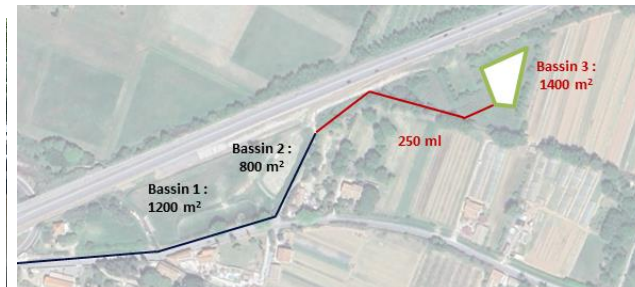
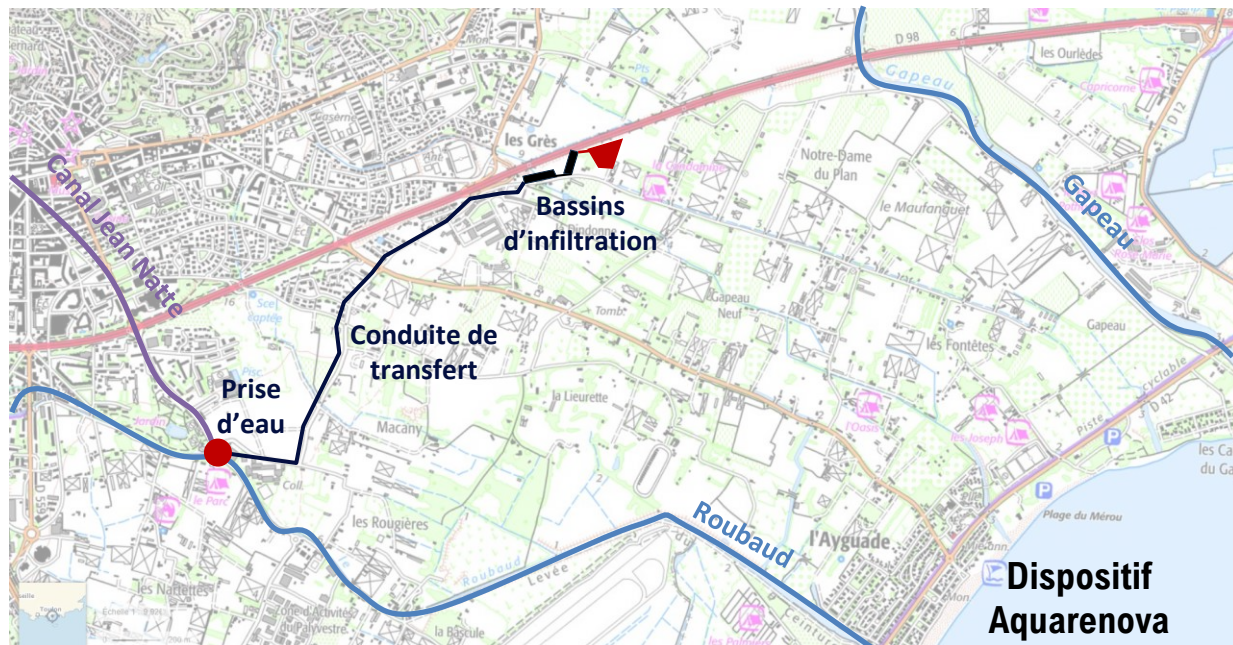
- Une technique qui n'est pas sans risque sur la qualité de l'eau, car les cours d'eau en surface sont plus vulnérables à la pollution et donc susceptibles de contaminer les nappes. => **Suivi analytique adapté (nouvelles molécules) et la possibilité d'évolution**
- Contrainte patrimoniale d'entretien et de gestion du canal artificiel. => **Convention d'entretien / conditions d'alimentation du canal**
- Changement climatique

# Renforcement d'Aquarenova : Pourquoi ?

Cause	Conséquence	Impact	Risque	Réponse
Dérèglement climatique	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Hausse du niveau de la mer</li><li>○ Déficit pluviométrique</li><li>○ Sécheresse hivernale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Intrusion du biseau salé</li><li>○ Déficit quantitatif de la nappe</li><li>○ Réduction de la période de réalimentation</li></ul>	Aggravation de la vulnérabilité de la ressource qui pourrait devenir inexploitable et abandonnée et <b>conflit d'usage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Augmentation de la capacité instantanée d'Aquarenova</li><li>○ Renforcement de la barrière hydraulique</li></ul>

# Aquarenova : Comment ?

1. Adaptation de la prise d'eau
2. Création d'un 3<sup>ème</sup> bassin d'infiltration
3. Pose de 250 m de conduite de refoulement



**BACK UP**



# Solutions d'anticipation déployées

**Plan de sobriété**

**Réhabilitation** des ouvrages de production d'eau

**Renforcement** de la capacité instantanée de recharge de nappe **AQUARENOVA**

*Protéger les ressources et sécuriser  
l'alimentation en eau potable du territoire*



# Plan de sobriété

Une volonté de s'inscrire dans **une démarche de réduction des prélèvements** en lien avec le **Plan Eau 2023** pour une gestion sobre, résiliente et concertée de la ressource

**La démarche de sobriété intègre :**

- ❖ **La télérelève** des compteurs des usagers associé au service d'alerte fuite (sms /mail) et au suivi de consommations (paramétrage de seuil individuel)
- ❖ Un chemin de performance **rendement de réseau** ambitieux de 86,6% à 90 % sur 12 ans.
- ❖ Un fond de développement durable de 20 k€/an permettant de financer des **actions de communication spécifiques**

Des engagements contractuels intégrés dans la délégation de service publique de l'eau potable permettant au terme du contrat d'atteindre une économie moyenne projetée de **345 000 m<sup>3</sup>/an d'eau laissée dans le milieu**

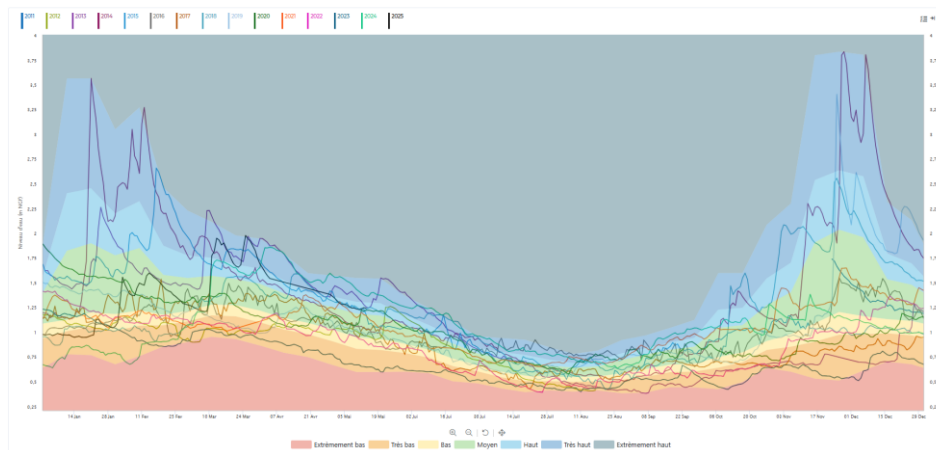
Nombre d'abonné de **+0,5%/an**

Consommation spécifique par abonnés de **-0,5%/an**



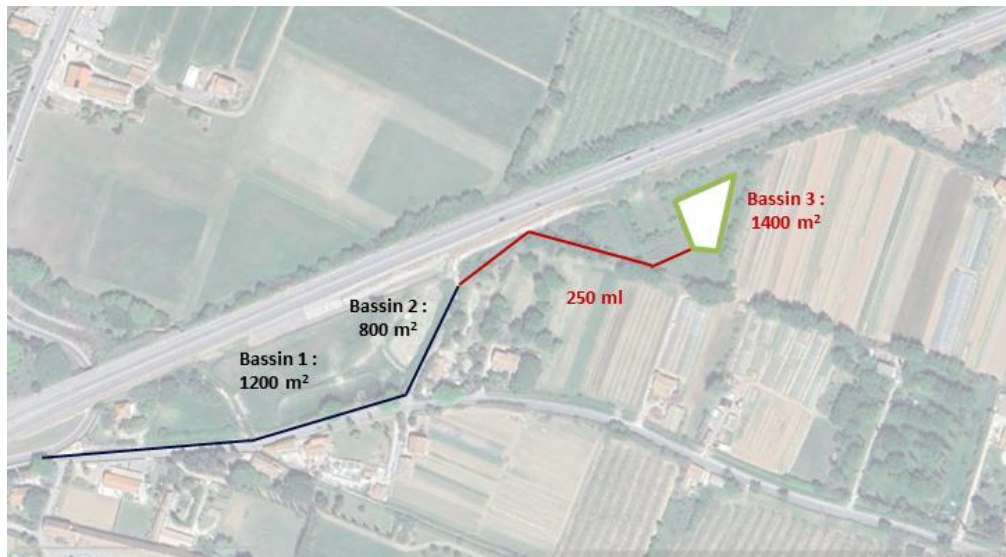
# Programme de maintenance et de suivi des captages

- **Maintenance et nettoyage** des captages d'eau de Golf Hôtel et Père Eternel
- **Remplacement** d'un forage de Golf Hôtel effondré
- **Instrumentation et suivi en continu** des captages et de la ressource avec 26 nouveaux capteurs



# Renforcement de la capacité instantanée d'Aquarenova

Porter la capacité instantanée de recharge à 150 L/s via la création d'un nouveau bassin de réalimentation



Pour compenser le déficit de recharge naturelle, se donner la possibilité de doubler le volume annuel de réalimentation pour renforcer la barrière hydraulique

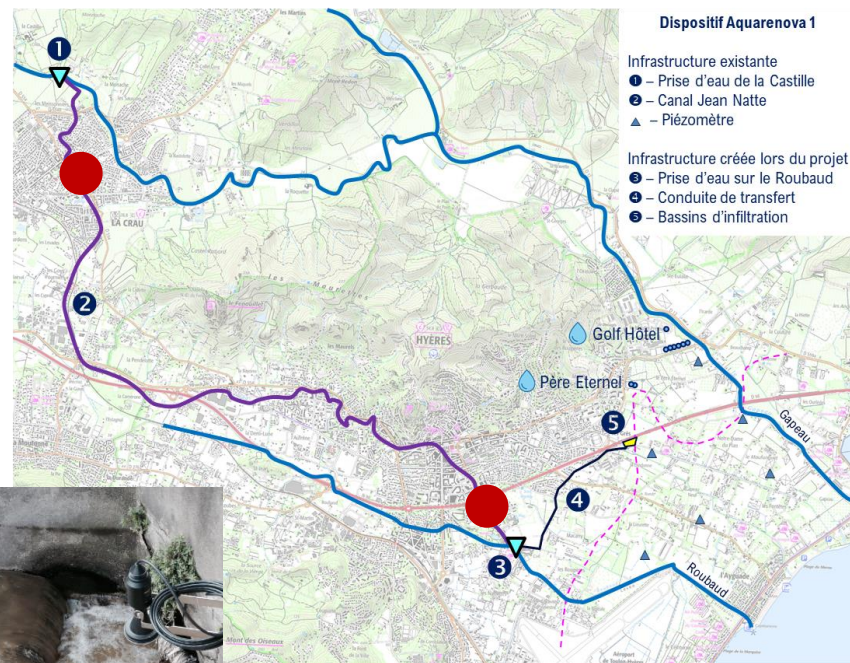
# Hydrologie du Gapeau

## Le dispositif Aquarenova et son extension :

- **Maintien du fonctionnement en période hivernale, 6 mois de l'année**

Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
------	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

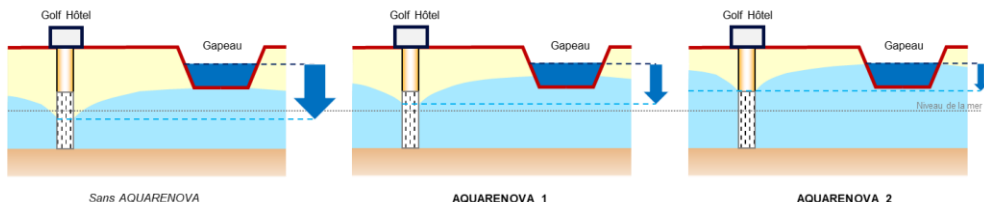
- **Ne fonctionne que lorsque l'eau de surface du Gapeau est disponible** en application des conditions définies permettant l'alimentation du canal
- **Améliore la connaissance du système Gapeau / canal par l'installation d'instrumentation complémentaire** sur le canal Jean Natte
- **Respect du SAGE**



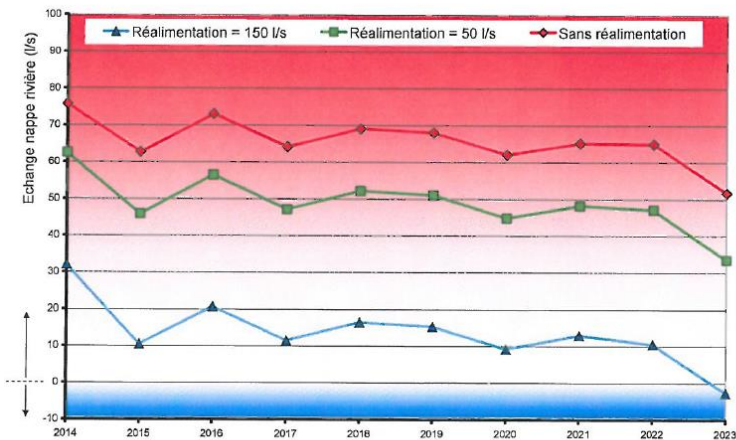
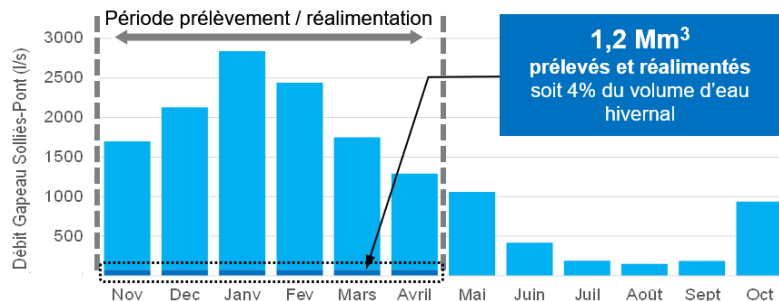
# Hydrologie Gapeau

- Capacité maximale de 1,2 Mm<sup>3</sup>/an soit ~77L/s sur 6 mois qui représente **4% du volume d'eau du Gapeau entre novembre et avril**
- **Aquarenova vient en soutien du Gapeau en étiage**
- La réalimentation de nappe induit une diminution significative des transferts d'eau du Gapeau vers la nappe, réduisant fortement l'impact des prélèvements sur le fleuve
- **Modèle et étude en cours** portés par le SMBVG et SUEZ-TPM

## Echanges nappe <-> rivière



## Débit moyen mensuel du fleuve Gapeau à Solliès-Pont (Hydroportail)



Q > 0 : débit entrant dans la nappe depuis le fleuve Gapeau  
Q < 0 : débit sortant de la nappe vers le fleuve Gapeau

Bilan annuel entrée / sortie « Gapeau »



# Nappe alluviale du Bas Gapeau

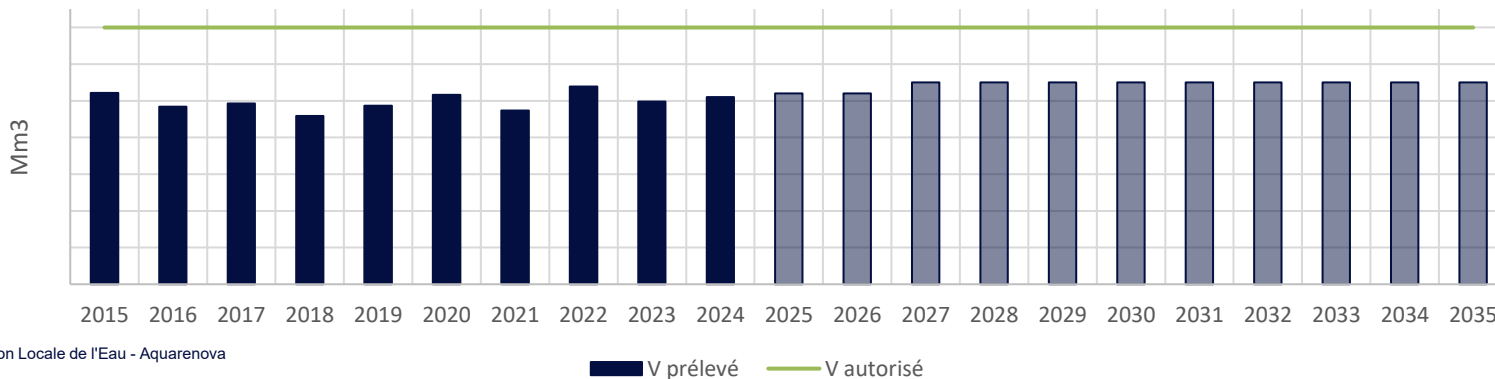
## QUANTITATIF

- Pas de prélèvement supplémentaire dans la nappe en accord avec le SAGE
- Sécuriser la capacité de prélèvement existante pour l'AEP

## QUALITATIF

- Amélioration de la qualité de la nappe
- Renforcement du suivi en temps réel de la salinité avec une instrumentation complémentaire en cours
- Suivi en collaboration avec l'ARS

Prélèvement historique, projeté et autorisé dans la nappe alluviale du Bas Gapeau par MTPM





# CONCLUSION

**Le dispositif Aquarenova a permis de reconquérir la  
ressource de la nappe alluviale du Bas Gapeau sur la période  
2015 - 2025**

**Le projet d'extension nous permettra de pérenniser la  
ressource face au dérèglement climatique et ses impacts  
2025 - 2050**

# Des scénarios climatiques impactant

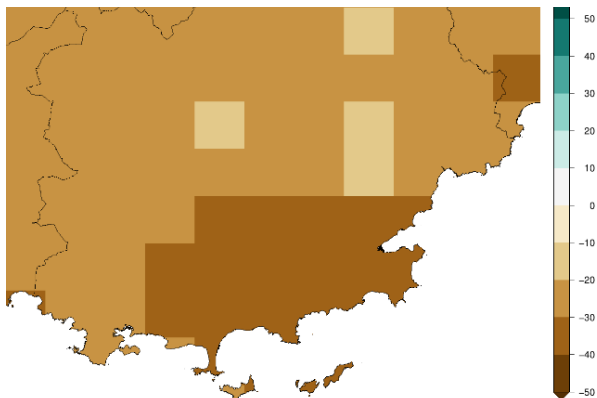
## Dérèglement climatique

Ecart relatif du cumul de précipitations à Hyères

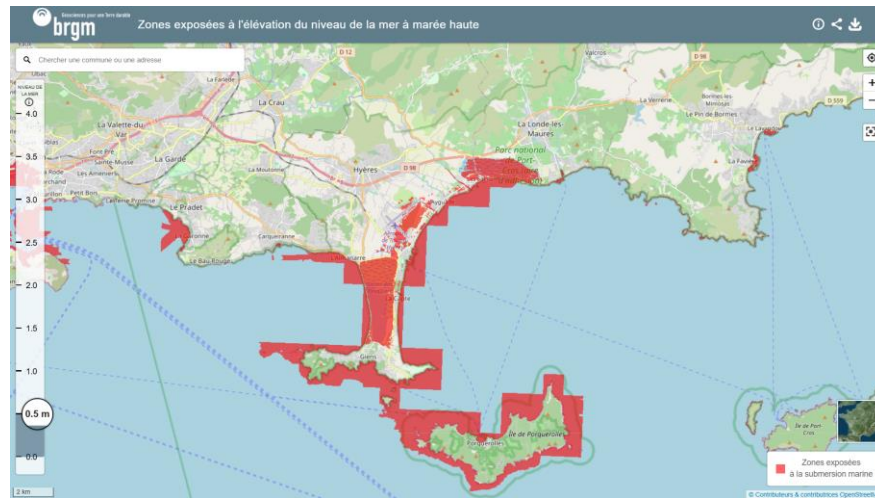
Précipitations	2030	2050	2100
Annuel	=	-1%	-6%
Hivernal	+9%	+10%	-2%
Estival	-7%	-3%	-35%



Ecart relatif du cumul de précipitations annuel à Hyères en 2100



## Réhausse du niveau de la mer



Zones exposées à l'élévation du niveau de la mer à marée haute  
(Source : BRGM)

**Une nécessité de s'adapter conformément au SAGE**

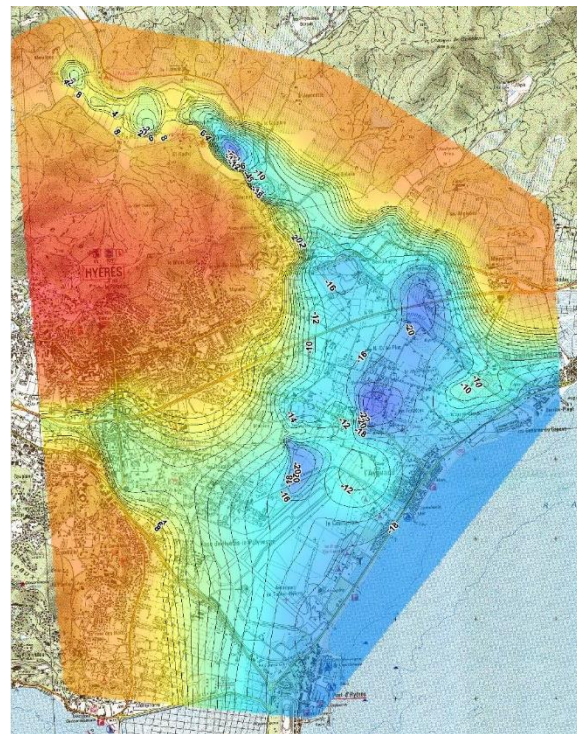
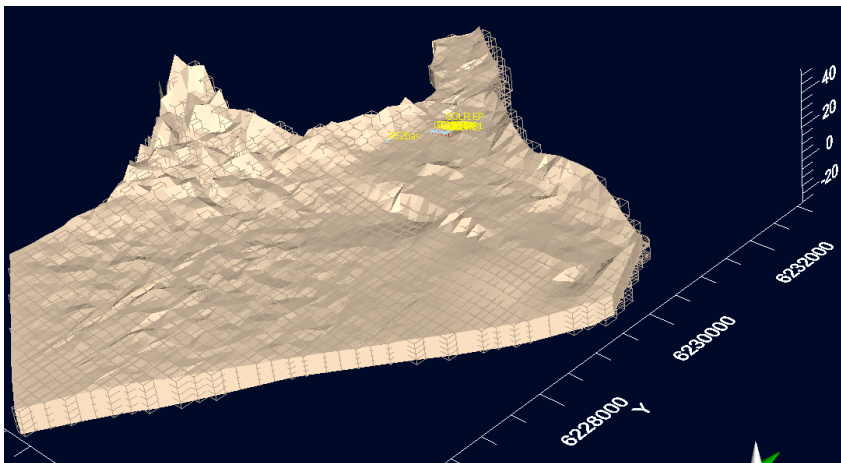
Les impacts du changement climatique sur les ressources en seront importants. Le bassin versant du SAGE du Gapeau est identifié dans le SDAGE 2016-2021 (OF 0) comme bassin vulnérable nécessitant des actions fortes d'adaptation au changement climatique.

# Eaux souterraines : modélisation

**OBJECTIF :** Modélisation de l'efficacité quantitative et qualitative du dispositif

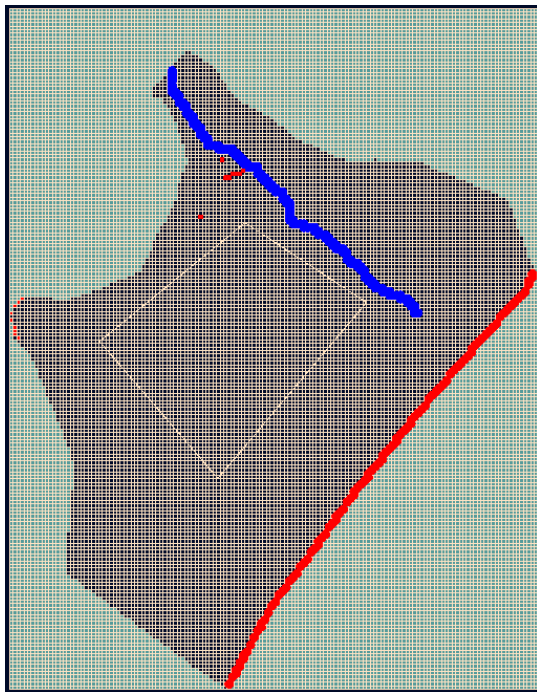
## Modèle hydrogéologique de la nappe du Gapeau

- Périmètre modélisé : plaine du bas Gapeau
- Maillage : 50\*50 m
- Calage en régime transitoire : 01/2000 – 12/2024



# Eaux souterraines : modélisation

## Conditions aux limites



- Flux nul : massifs cristallins au nord, à l'est, à l'ouest
- Charge imposée : mer Méditerranée,
- Flux imposés :
  - Les prélèvements (AEP et agricole) ;
  - Les flux en provenance de la vallée du Roubaud ;
  - La recharge par les précipitations ;
  - La recharge par la réalimentation du bassin d'infiltration (à partir de 2015) ;
- Mixte : le Gapeau



# Eaux souterraines : Scénario de pollution

## OBJECTIF :

Caractériser la vulnérabilité des captages AEP dans le cas d'une pollution provenant du Roubaud  
Définir des mesures de suivi et de protection des captages AEP

## SCENARIO :

Evenement	Début	Décembre	Janvier				Février	
		S4	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Prélèvement n-1	t - 1 jour		▼					
Prélèvement n	t +14 jours			▼				
Réception des résultats d'analyse	t + 28 jours					▼		
Switch vers la prise d'eau de sécurisation	t + 28 jours					▼		
Début de la pollution	t0							
Réalimentation depuis prise d'eau Roubaud								
Réalimentation depuis prise d'eau de sécurisation	t + 28 jours							

# Eaux souterraines : Scénario de pollution

## TIMELINE :

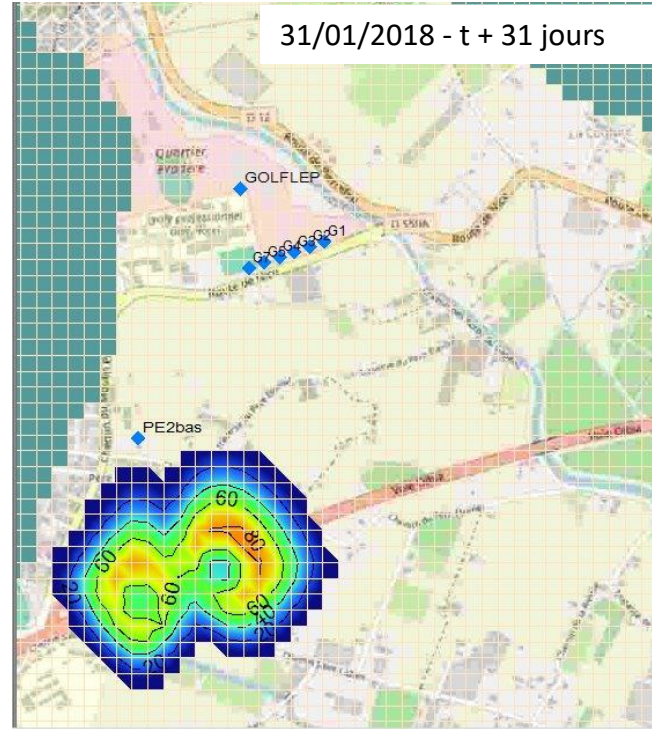
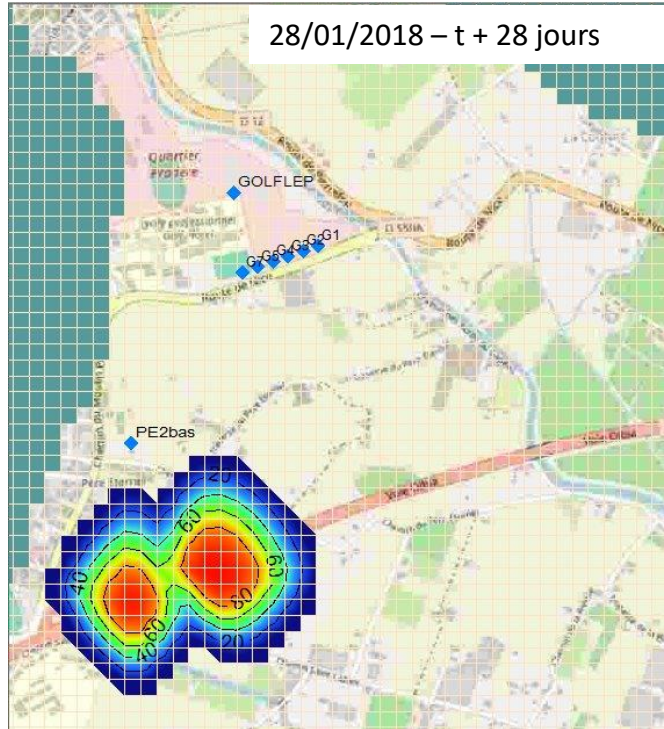
		2018												
Evènement	Caractéristiques	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Réalimentation	Q = 150 l/s	[Barre bleue]												
Pollution	C = 100 ng/l	[Barre orange]												
		2019												
Evènement	Caractéristiques	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Réalimentation	Q = 150 l/s	[Barre bleue]												
Pollution	C = 100 ng/l													
		2020												
Evènement	Caractéristiques	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Réalimentation	Q = 150 l/s	[Barre bleue]												
Pollution	C = 100 ng/l													

## CONDITIONS HYDROLOGIQUES :

- Années 2018 à 2020 (années env. moyennes)
- Fonctionnement de la réalimentation au débit nominal de 150 l/s entre novembre et avril ;
- Exploitation des captages à hauteur des besoins 2035

Vol. Journalier	Père Eternel	Golf Hotel	Total
Année	2000	12000	14000
Eté	6000	9000	15000

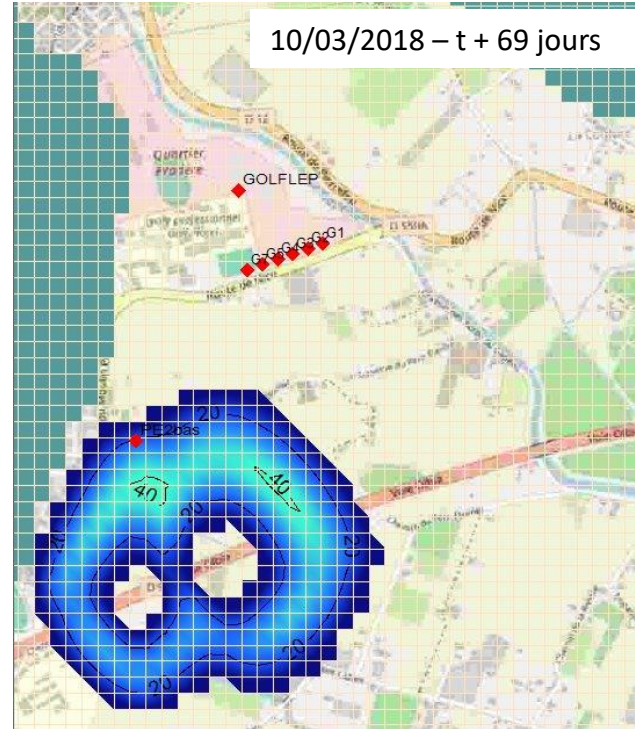
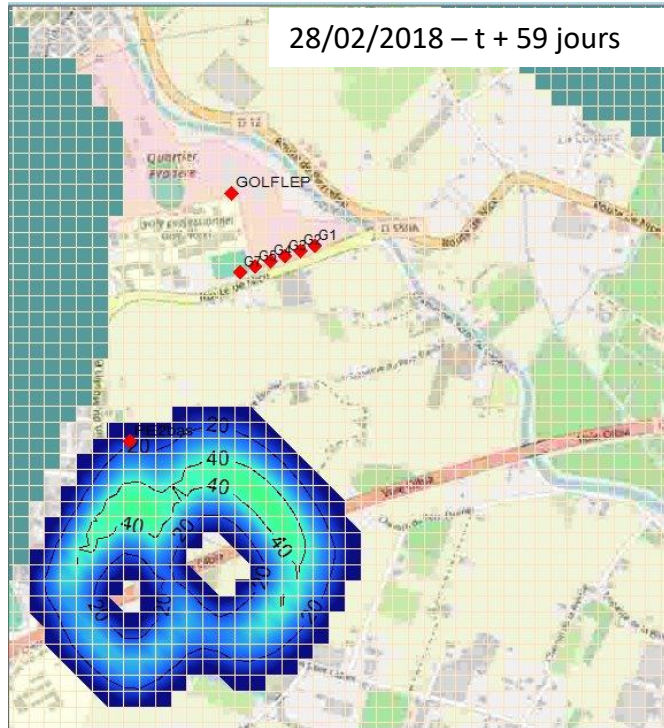
# Eaux souterraines : Scénario de pollution



## Legend

Color	Conc...
Red	100
Orange	90
Yellow	80
Light Green	70
Green	60
Cyan	40
Blue	30
Dark Blue	20
Very Dark Blue	10

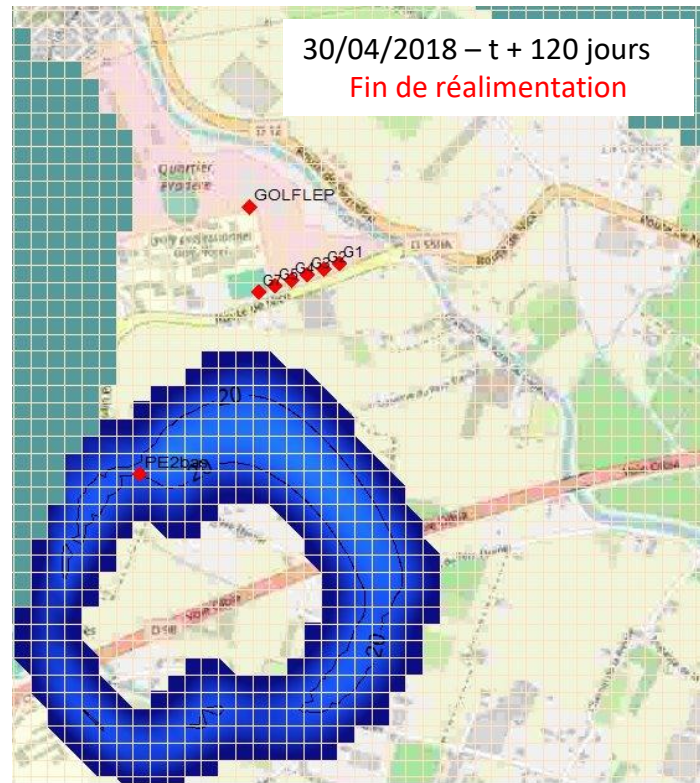
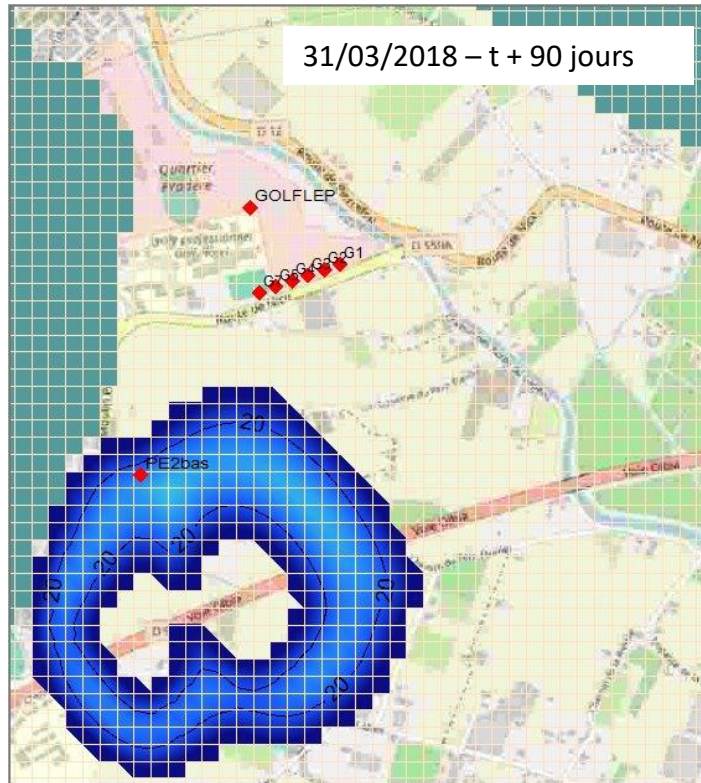
# Eaux souterraines : Scénario de pollution



Legend

Color	Conc...
Red	100
Orange	90
Yellow	80
Light Green	70
Green	60
Cyan	40
Blue	30
Dark Blue	20
Very Dark Blue	10

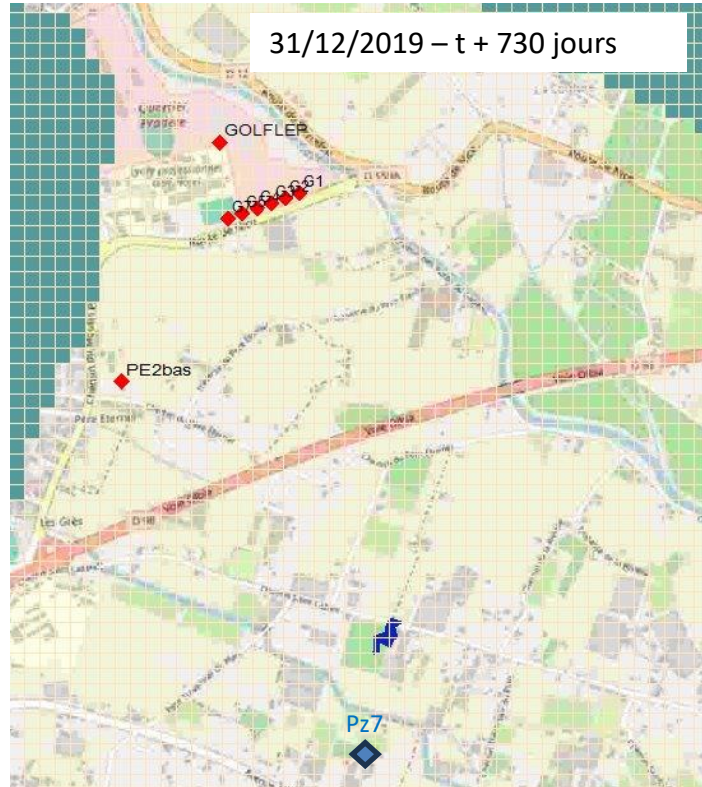
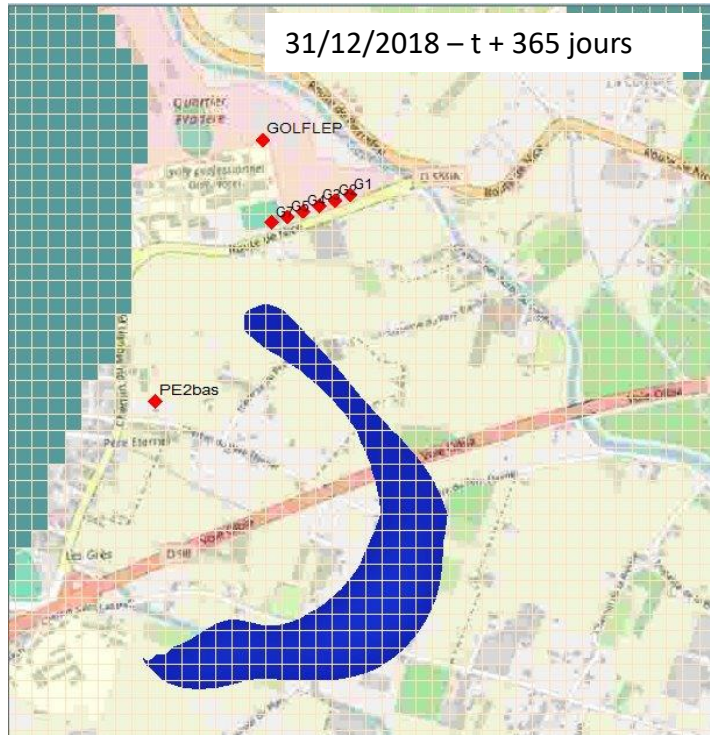
# Eaux souterraines : Scénario de pollution



## Legend

Color	Conc...
Red	100
Orange	90
Yellow	80
Light Green	70
Green	60
Cyan	50
Blue	40
Dark Blue	30
Very Dark Blue	20
Black	10

# Eaux souterraines : Scénario de pollution



Legend

Color	Conc...
Red	100
Orange	90
Yellow	80
Light Green	70
Green	60
Cyan	50
Blue	40
Dark Blue	30
Very Dark Blue	20
Black	10