

1 - Site de Cadarache



Vallées de Cadarache (1^{er} plan)
et de la Durance (2nd plan)

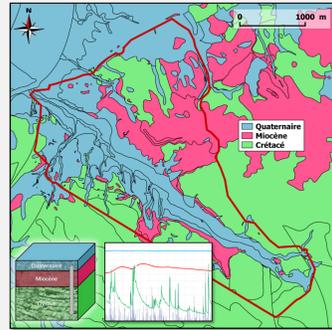
Caractéristiques générales

- 1 600 hectares, dont 900 **clôturés**
- ≈ 5 000 personnes
- plus de 600 bâtiments
- **34 installations** à caractère nucléaire

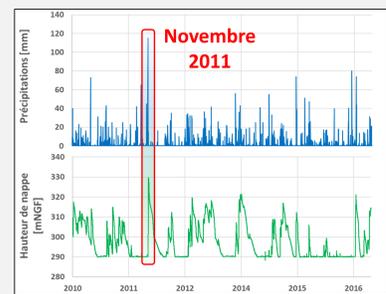
Contexte hydrogéologique

Le site est caractérisé par 3 aquifères :

- **Quaternaire** et **Miocène** :
→ nappes peu réactives aux précipitations
- **Crétacé** :
→ nappe très réactive
→ **risque inondation par remontée de nappe**



Carte des affleurements de Cadarache
et réactivité des aquifères



Pluviométrie et niveaux de nappe

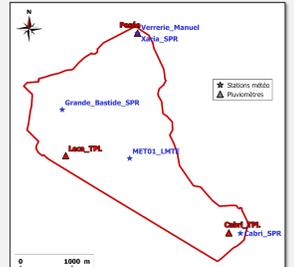
Episode pluvieux de Novembre 2011

- Plus fortes précipitations depuis 1960 :
→ 115 mm en 24h, **213 mm** en 72h
→ ≈ **30%** de pluviométrie annuelle
- Remontées de nappe record :
→ jusqu'à **40 mètres** en 48h
→ phénomène d'artésianisme
→ forts enjeux de **sûreté**

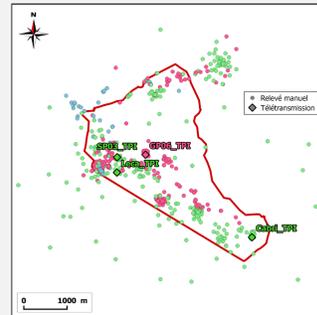
2 - Acquisition de mesures et de prévisions

Mesures météorologiques

- 1960 : premières données (création du centre)
- 1993 : stations de mesure automatique
- 2017 : 2 pluviomètres à télétransmission
- 2018 : 1 pluviomètre à pesée (haute précision)
→ 8 stations dont **5 disponibles en temps réel**



Equipements météorologiques



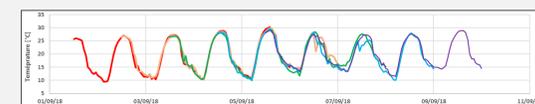
Parc piézométrique

Mesures piézométriques

- 1960 : premiers relevés manuels
- 1998 : enregistrements automatiques
- 2017 : 4 stations à télétransmission
→ **400 piézomètres** (180 avec sonde autonome)
→ **4 stations** disponibles en **temps réel**

Prévisions météorologiques locales

- Outil interne Previ-MISTRAU
- Simulations **quotidiennes** (WRF)
→ domaine centré sur Cadarache
→ prévisions à 4,5 jours
- Superposition : indice de confiance



Prévisions mondiales
Global Forecast System,
NOAA – 27 km



Simulations WRF
France – 9 km
PACA – 3 km

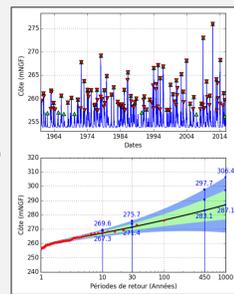
4 mailles
couvrant
le site



3 - Modèle Pluie-Niveau

Développement du modèle et application

- Travaux de thèse de KENZA NAJIB (CEA-HSM, 2008)
- Reconstitution des niveaux de nappe à cinétique rapide
- Etude des **événements extrêmes**
→ MECK : **Méthode d'Evaluation des Crues Karstiques**



Application de MECK

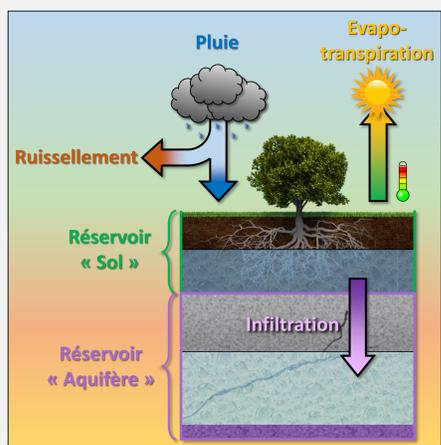


Schéma de principe du modèle pluie-niveau

Principe

- Modèle de type **réservoirs** :
→ « Sol » : zone superficielle
→ « Aquifère » : zone saturée
- Calage manuel sur les observations
- Calcul itératif et cumulatif

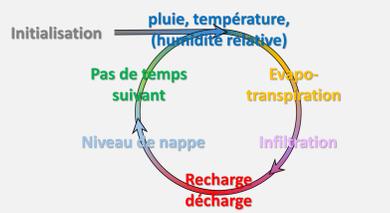
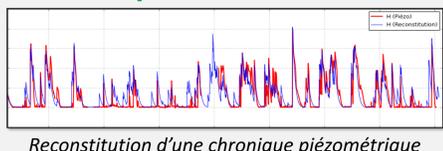


Schéma de calcul du modèle pluie-niveau

Reconstitution d'une chronique piézométrique

- Entrée : données **météorologiques**
- Pas de temps journalier
→ Calage ajusté pour une meilleure restitution des **niveaux hauts**



Reconstitution d'une chronique piézométrique

4 - Plateforme PERISCOP

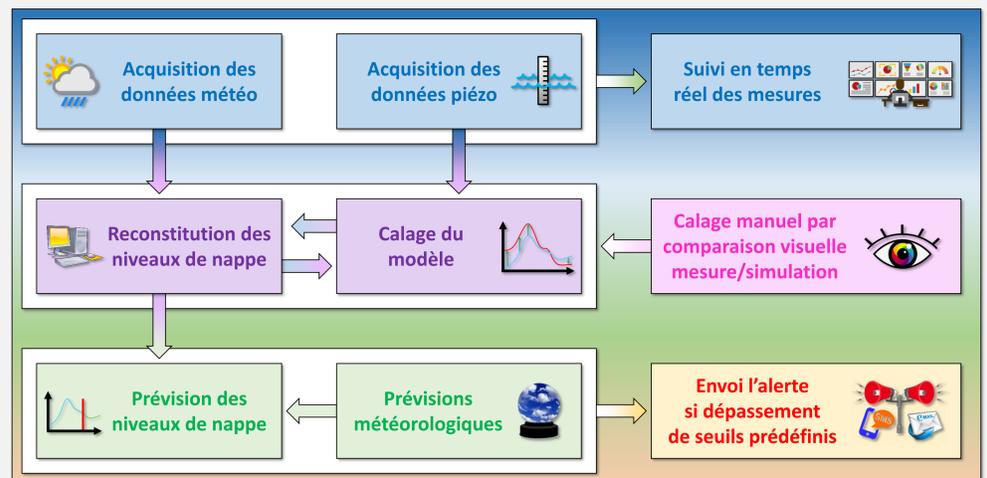


Schéma du principe et des fonctionnalités de la plateforme PERISCOP

Outil de surveillance

- Mise en place pour un point d'étude :
- **hiérarchisation** des données météo (représentativité, fiabilité, ...)
- **calage** du modèle
- Boucle de fonctionnement autonome :
- calcul de la **prévision** des niveaux (périodicité : jour, heure, ...)
- **comparaison** des niveaux aux seuils (envoi d'**alertes** si nécessaire)
- affichage en **temps réel** des données (météorologie, niveaux de nappe)



Outil de crise

- Fonctionnement en cas de **crise** :
→ perte du réseau électrique : sur ordinateur **portable**
→ perte du réseau informatique : données en **local**

Adaptation du pas de temps de calcul

- modèle actuel : pas de temps **journalier**
- données disponibles jusqu'à **10 minutes**
→ influence du pas de temps sur les résultats ?

Modèle multi-sources

- modèle actuel : **1 source** de données météo à la fois
- la **combinaison des sources** permettrait de considérer :
→ les phénomènes convectifs (très localisés)
→ la spatialisation des pluies à l'échelle du site

5 - Evolutions et perspectives

Calage automatique

- modèle actuel : **calage manuel**
- méthodologie de **calage automatique** :
→ définition de critère(s) de « bon calage »
→ méthode d'inférence bayésienne
- calage rapide, fiable et robuste statistiquement
- recalage avec l'acquisition de nouvelle données

Affinage de la discrétisation verticale

- modèle actuel : 1 ou 2 **milieux** verticaux
- augmentation du nombre de milieux :
→ **meilleure représentativité de l'aquifère**

Vers un modèle « 3D » ?

- Reconstitution :
→ en **tout point** de mesure existant sur le site
→ **surface piézométrique dynamique**
- Simulation d'une **onde de crue** souterraine ?