



**Syndicat mixte de gestion de  
la nappe phréatique de la  
Crau**

Etude  
**Sinergi**

Sensibilité de la nappe  
aux conditions de prélèvements  
et de recharge & gestion de crise

Opération inscrite au



Analyse prospective de la sensibilité de la  
nappe de la Crau aux conditions de recharge  
et de prélèvements pour définir les termes  
quantitatifs d'une gestion durable de la res-  
source à l'horizon 2050

## **ANNEXES**

Juillet 2020



# 1 LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 .....	P 5
Occupation du sol de la nappe de la Crau en 2016 - Rapport technique synthétique - Décembre 2016	
Annexe 2 .....	P 15
Synthèse des connaissances sur les aquifères bordiers de la nappe de la Crau et implications pour la stratégie de modélisation - Juillet 2018	
Annexe 3 .....	P 65
Rapport de stage de Benoit GUIRAL (2018) Nappe de la Crau : un ou plusieurs aquifères ? Apports des données récentes sur l'interprétation de la géométrie du réservoir	
Annexe 4 .....	P 89
Dépendance des zones humides avec la profondeur de la nappe – Décembre 2018	
Annexe 5 .....	P 115
Tableaux des pluies mensuelles relevées sur les stations climatiques en Crau	
Annexe 6 .....	P 119
Description des méthodes de calcul de drainage en fonction de l'occupation des sols	
Annexe 7 .....	P 123
Fiche synthétique des résultats de la simulation de référence 2013-2018	
Annexe 8 .....	P 131
Fiches de synthèse des résultats de l'analyse de sensibilité aux conditions de recharges et de prélèvements	
Annexe 9 .....	P 175
Restitution de la concertation sur les scénarios de gestion future de la ressource en eau "Demain... Quelles évolutions et quels usages de la nappe de la Crau ?" – décembre 2018	
Annexe 10 .....	P 209
Fiches de synthèse des résultats de l'analyse prospective à l'horizon 2050	
Annexe 11 .....	P 259
Fiches de synthèse des résultats de l'analyse des scénarios de gestion sécheresse	

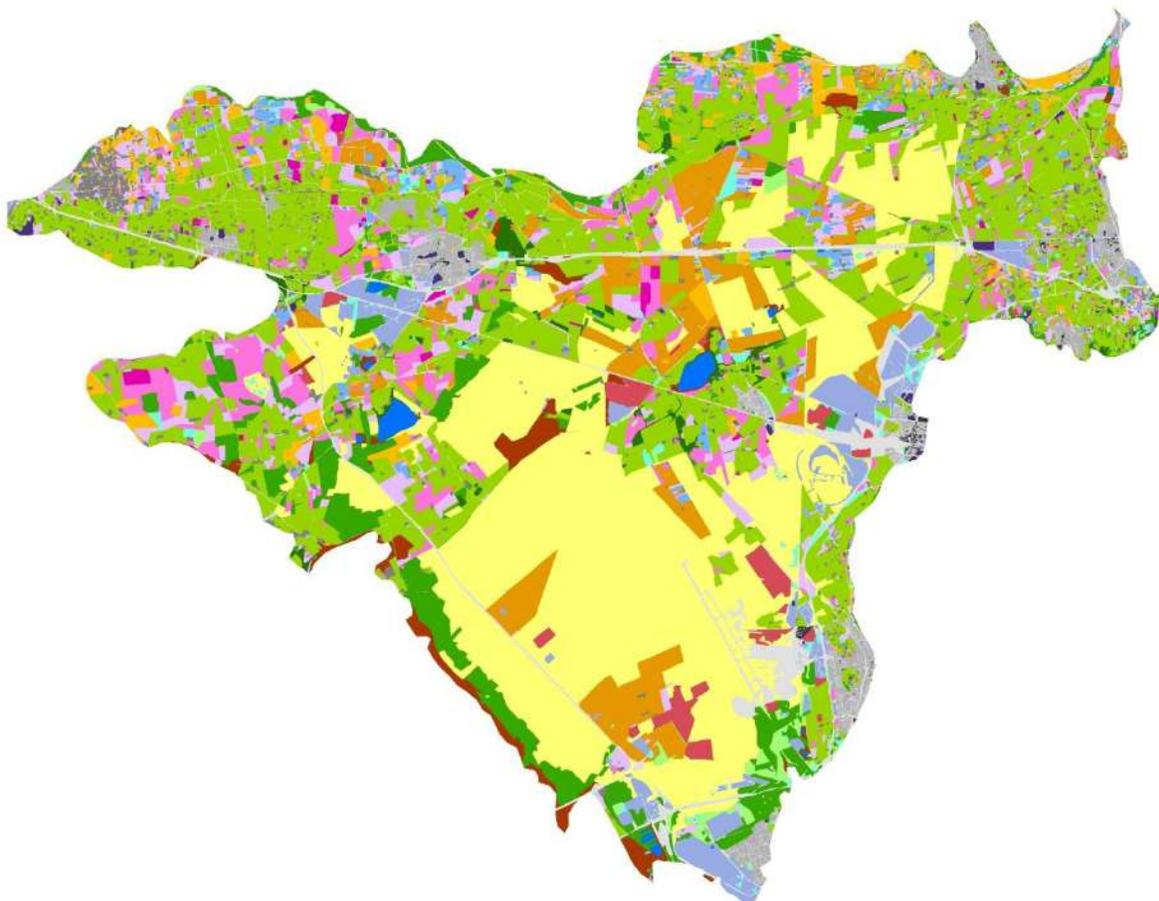


**2 ANNEXE 1 - OCCUPATION DU SOL DE LA NAPPE DE LA CRAU  
EN 2016 - RAPPORT TECHNIQUE SYNTHETIQUE - DECEMBRE  
2016**





## Occupation du sol de la nappe de la Crau en 2016



### Rapport technique synthétique

21 décembre 2016

Rédacteur

---

Philippe Rossello, GeographR

Destinataire

---

Syndicat mixte de gestion de la nappe phréatique de la Crau (SYMCRAU)

20 cité des Entreprises, Av. du Tubé, 13800 Istres

Contact : 04.42.56.64.86, [contact@symcrau.com](mailto:contact@symcrau.com)

**Sommaire**

1. Objectif de l'étude ..... 3

2. Convention de partenariat et d'accueil ..... 3

3. Périmètre géographique de l'étude et données sources ..... 3

4. Méthodologie générale ..... 4

5. Qualité des résultats ..... 8

Pour tout contact ..... 8

## 1. Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude était de cartographier l'occupation du sol en 2016 délimitée par l'emprise de la nappe phréatique de la Crau, à partir d'images satellites à haute résolution spatiale et d'une image aérienne à très haute résolution spatiale. Au total, sur demande du SYMCRAU, 21 classes ont été identifiées : sol nu, zones humides, forêts alluviales, grandes cultures d'hiver et de printemps, grandes cultures d'été, vergers secs, vergers irrigués, serres, prairies irriguées, pelouses sèches, autres cultures, végétation semi-dense à dense, végétation clairsemée herbacée et arbustive, tissu urbain compact, tissu urbain lâche, tissu urbain diffus, tissu d'activités économiques industrielles et tertiaires, réseaux ou espaces de transports et de communication, exploitation anthropique et transferts de matériaux, espaces récréatifs, eau.

## 2. Convention de partenariat et d'accueil

Afin de cartographier l'occupation du sol délimitée par l'emprise de la nappe phréatique de la Crau dans les meilleures conditions et donc de fournir des résultats fiables, une convention de partenariat et d'accueil a été signée entre le SYMCRAU, l'Institut national de la recherche agronomique d'Avignon (UMR EMMAH) et GeographR, le prestataire<sup>1</sup>. Cette convention<sup>2</sup> a notamment donné accès aux logiciels ENVI (Harris Geospatial Solutions) et ArcGIS (ESRI) à GeographR, et a permis de capitaliser l'expérience acquise lors des précédentes productions d'occupation du sol (1975, 1989, 1997 et 2009). Les délais administratifs de l'Inra n'ont pas permis à GeographR de débiter le traitement de données début septembre 2016 comme initialement prévu. Sur les six semaines de retard pris au démarrage, GeographR a rattrapé trois semaines, soit une livraison finale des données enregistrée le 21 décembre 2016.

## 3. Périmètre géographique de l'étude et données sources

Le périmètre de l'étude a été défini par le SYMCRAU<sup>3</sup>. Il couvre l'emprise de la nappe phréatique de la Crau. Le parcellaire fourni au format shape<sup>4</sup> compte 67031 parcelles au total.

Un jeu de données a été mis à disposition de GeographR pour réaliser la carte d'occupation du sol (OS) de 2016 :

- 1 image aérienne IGN prise en 2014 : 15 cm de résolution spatiale, (RGF-93) projection Lambert-93
- 2 images satellites SPOT 6, prises le 12 mars<sup>5</sup> et le 24 juin<sup>6</sup> 2016 : 1,5 m de résolution spatiale, (RGF-93) projection Lambert-93. GeographR a identifié en amont les deux images d'intérêt avant commande effective par SYMCRAU via le programme GEOSUD (données gratuites). Avant livraison, les images satellites ont été mises en forme et préparées par l'IGN. Compte tenu de l'important volume des données, les deux images SPOT ont été découpées en sous-images avant livraison, ce qui a nécessité un travail préalable de

---

<sup>1</sup> GeographR, 1 rue de Taulignan, 84000 Avignon. Téléphone : 04.84.15.22.99 ou 06.84.35.21.05  
Email : [geographr@numericable.fr](mailto:geographr@numericable.fr) / URL : [geographr.typepad.fr](http://geographr.typepad.fr)

<sup>2</sup> Se référer à la dite convention signée par les trois parties

<sup>3</sup> Voir fichier : Limite\_aquifere\_Crau.shp

<sup>4</sup> Voir fichier : Parcellaire\_Crau.shp

<sup>5</sup> Référence : DS\_SPOT6\_201603121008402\_FR1\_GS1\_FR1\_GS1\_E005N44\_02358

<sup>6</sup> Référence : DS\_SPOT6\_201606241008160\_FR1\_FR1\_FR1\_FR1\_E005N44\_01862

mosaïquage assuré par GeographR. Deux images<sup>7</sup> supplémentaires prises en 2015 ont également été récupérées à la demande de GeographR, mais n'ont pas été utilisées pour cartographier l'OS de 2016. SYMCRAU dispose des métadonnées associées aux 4 images SPOT 6 et 7 prises en 2015 et 2016

- le réseau routier de la BD Carto (IGN, 2012)
- la carte d'occupation de surface de 2009 réalisée par l'Inra et le CEREGE : format vecteur (parcellaire)
- document de finalisation du pré-inventaire des zones humides au titre de la loi sur l'eau dans le département des Bouches-du-Rhône - Atlas départemental des zones humides (Décembre 2013, ECO-MED et O2TERRE)
- cartes scannées de localisation de forêts alluviales et relevés terrain (données non exhaustives) fournis par Marine Scarpari, responsable Natura 2000, mairie de Saint-Martin-de-Crau. Des documents complémentaires d'Elodie Gerbeau (animatrice 2000) relatifs aux zones humides, coussoul et friches ont aussi été transmis par Antoine Baillieux
- observations terrain fournies par Axel Wolf du Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau.

#### 4. Méthodologie générale

Comme mentionné dans la partie 3, un important travail de mosaïquage des sous-images SPOT 6 livrées par l'IGN a été nécessaire avant le traitement des données. Le nombre des sous-images et le volume des données ont demandé un temps de « reconstitution » des images SPOT conséquent (non prévu lors de l'élaboration du cahier des charges, car nouvelle méthode de livraison<sup>8</sup>). Chaque image SPOT a été mosaïquée, puis découpée selon l'emprise de la nappe phréatique de la Crau.

Pour identifier les différentes classes de l'occupation du sol de 2016, une série de traitements de données a été mise en œuvre par étape. Le choix de la technique a été déterminé selon le type de classe : classifications supervisées, classifications non supervisées, détection de changement selon les dates de la prise de vue, photo-interprétation directe ou indirecte... Chaque résultat par classe (hors photo-interprétation directe) a été vérifié post-traitement. À noter : une validation intermédiaire des classes après chaque livraison a été effectuée par Antoine Baillieux du SYMCRAU.

Compte tenu des objectifs de l'étude, de la typologie particulière des classes, de la qualité exigée et des contraintes de la haute et très résolution spatiale, la photo-interprétation des images SPOT et de l'image aérienne IGN a été au final la technique la plus utilisée, contrairement à ce qui était prévu en amont de l'étude. Le temps de traitement a ainsi été décuplé, au profit de la qualité des résultats.

Le tableau ci-après récapitule les différentes techniques exploitées pour identifier les classes de l'OS de 2016 :

---

<sup>7</sup> Images prises le 27 mars 2015 (SPOT 7) et le 19 août 2015 (SPOT 6) : 1,5 de résolution spatiale, projection géographique : (RGF-93) projection Lambert-93

<sup>8</sup> L'IGN délivre désormais les images SPOT 6 et 7 à très haute résolution spatiale en sous-images pour faciliter le transfert des données

Num	Intitulé	Description (appel d'offre)	Méthodes techniques
1	sol nu	Sols nus libres, non urbanisés ou artificialisés et non agricoles. Sols dont l'appartenance est peu claire et pas définie. Ils se retrouvent en milieux urbains ou ruraux comme des espaces libres ou inutilisés. Dans la nature, on retrouve de grands espaces de sols nus suite à l'érosion de massifs rocheux. Ils correspondent notamment à des sentiers ou des routes de campagne ou à l'extension de zones de végétations rares et sèches	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
2	zones humides	Mares temporaires ou secteurs où la nappe phréatique est sub-affleurante. Présence de végétations permanentes hydrophiles et hygrophiles pouvant supporter une mise hors d'eau variable dans le temps (typiquement roselière dans le milieu le plus humide et joncs dans le milieu le plus sec), herbacés autour des canaux, zones clairsemées de végétations sur des parcelles parfois inondées	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN + contrôles à partir des données transmises par Axel Wolf et l'atlas départemental des zones humides (2013)
3	forêts alluviales	Zones humides arborées, typiquement constituées de peupliers et saules. Forêt en bord d'étangs et de canaux. Forêt dans des zones de dépression proche de la nappe (talwegs et anciennes carrières)	sélection à partir des cartes scannées de Marine Scarpari et Elodie Gerbeau (forêts alluviales présumées par photo interprétation, 2012-2013) + cartes détaillées des localisations avec retours de terrain des gardes + photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN. Les parcelles forestières sélectionnées contiennent des peupliers et des saules, mais aussi d'autres espèces (mixité)
4	grandes cultures d'hiver et de printemps	Par exemple : orge et blé	classifications supervisées à partir images satellites SPOT, détection de changement et photo-interprétation images satellites SPOT (si validation de SYMCRAU, utiliser les images satellites)
5	grandes cultures d'été	Par exemple : tournesol et maïs	classifications supervisées à partir images satellites SPOT, détection de changement et photo-interprétation images satellites SPOT (si validation de SYMCRAU, utiliser les images satellites)
6	vergers secs	Oliviers, vignes	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
7	vergers irrigués	Vergers industriels irrigués ou en jachère	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
8	serres	Serres	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
9	prairies irriguées	Prairies de foin irriguées de manière gravitaire	classifications supervisées et non supervisées, détection de changement, photo-interprétation images satellites SPOT (si validation de SYMCRAU, utiliser uniquement les images satellites) + contrôles à la demande d'Antoine Baillieux

10	pelouses sèches	Coussouls, pelouse steppique	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN. Remarque : du sol assimilé à première vue à du coussoul, a été déclassé dans certains cas, car il s'agit en réalité d'une pelouse steppique altérée <sup>9</sup> (coupe, sol semi-artificialisé...)
11	autres cultures	Autres cultures, jachère (sol nu agricole), friches agricoles	classifications supervisées à partir images satellites SPOT, photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN (si validation de SYMCRAU, utiliser uniquement les images satellites) + contrôles à la demande d'Antoine Baillieux
12	végétation semi-dense à dense	Garrigues, forêt, végétation semi-dense à dense	classifications supervisées à partir images satellites SPOT, photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
13	végétation clairsemée herbacée et arbustive	Garrigues dégradées, végétation clairsemée	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
14	tissu urbain compact	Ce sont les zones de bâtis regroupés, de forte densité. On ne distingue pratiquement pas les rues et chemins qui les parcourent. Cette classe est plutôt représentée dans les grandes agglomérations ou villes anciennes au coeur desquelles se sont développés des noyaux, un centre historique avec la conservation d'édifices anciens et massifs. Dans les grandes agglomérations, ces zones sont représentées par les îlots d'immeubles compacts. Le taux d'imperméabilisation avoisine les 80%	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN. Cette classe inclut les noyaux historiques, les continuités urbaines denses... Les immeubles abritant une forte densité de population ont été sélectionnés, même s'ils sont distants les uns des autres. Les surfaces imperméables les relient (voirie)
15	tissu urbain lâche	Ce sont les zones de bâtis regroupés avec une densité moindre. On distingue les routes, les places, les espaces végétalisés interstitiels, les jardins... On regroupe dans cette classe, les zones bâties clairement espacées par le réseau de transport et les quartiers résidentiels pavillonnaires. Le taux d'imperméabilisation avoisine 30%.	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN. Le bâti et les jardins associés sont le plus souvent sélectionnés
16	tissu urbain diffus	Ce sont les zones de bâtis désorganisés ou de bâtis isolés dans le milieu (rural) naturel ou agricole : maisons, fermes isolées ou regroupées.	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN

<sup>9</sup> Voir notamment le secteur de l'autodrome de Miramas

17	tissu d'activités économiques industrielles et tertiaires	Ce sont les grands espaces dédiés aux activités du secteur industriel lourd (sidérurgie, pétrochimie...) et du secteur tertiaire, telles que le commerce local ou exporté, les services, la logistique, le fret...	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
18	réseaux ou espaces de transports et de communication	Il s'agit des infrastructures routières et ferroviaires et des espaces associés. On tient compte dans cette classe uniquement de l'emprise du réseau	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN (principalement). La fonction de la parcelle prend parfois très localement le pas sur l'espace majoritaire si ce dernier n'a pas de rôle clairement défini (sol altéré dépendant directement du réseau ou espaces de transports et de communication). Cela permet d'obtenir un réseau et une surface totale plus réalistes, et ce malgré le morcellement des parcelles
19	exploitation anthropique et transferts de matériaux	Ce sont les espaces utilisés pour le stockage, le traitement des déchets ménagers et l'exploitation de matériaux miniers (gravières en activités et anciennes carrières en friche non recolonisées par la végétation ou non devenues des zones humides)	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
20	espaces récréatifs	Ce sont les espaces utilisés pour les loisirs et les activités sportives (par exemple, espaces verts et terrains de sport)	photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN
21	eau	Eaux de surface permanentes, libres ou stagnantes	classifications supervisées et non supervisées, photo-interprétation images satellites SPOT et image aérienne IGN

Une classe d'OS a été attribuée à chaque parcelle<sup>10</sup> sur le territoire délimité par l'emprise de la nappe phréatique de la Crau. De manière générale, pour chaque parcelle, l'occupation de surface majoritaire prévaut (voir colonne « méthodes utilisées » dans le tableau). Attention : en cas de validation post-livraison, le SYMCRAU doit avant tout s'appuyer sur les images SPOT. En effet, l'information de référence provient principalement des images SPOT de 2016 (année de référence de l'OS produite) et dépend de leur résolution spatiale. Selon les classes, il est donc inutile de se référer à l'image IGN. En plus du parcellaire, une image raster à 1,5 m de résolution spatiale a été livrée, (RGF-93, projection Lambert-93, 8 bits, nombre de colonnes et lignes : 25472, 19668). Elle est issue de la conversion des données vecteurs en données raster.

<sup>10</sup> Se référer au fichier OS\_Crau\_2016\_parcellaire.shp fourni par GeographR

## 5. Qualité des résultats

Toutes les classes ont été vérifiées par photo-interprétation (images satellites SPOT et/ou image aérienne IGN), ce qui explique pourquoi l'indice de confiance par parcelle n'est pas indiqué. Cette technique réduit les incertitudes liées au « bruit » des traitements automatiques ou semi-automatiques des images satellites et renforce ainsi la fiabilité des résultats. L'erreur d'attribution est donc limitée. Elle peut venir d'une interprétation erronée ou, en cas de validation post-livraison, d'une interprétation différente de celle du contrôleur. En effet, l'occupation du sol peut parfois être incertaine ou sujette à débats (occupation du sol partagée, signal de qualité médiocre, sol altéré, occupation du sol masquée par un feuillage dense...), mais ce problème concerne un faible nombre de parcelles par rapport au nombre total d'individus. La carte d'occupation du sol de 2016 répond donc aux attentes du SYMCRAU.

Pour le SYMCRAU, il sera difficile de comparer les occupations du sol de 1975, 1989, 1997 et 2009 à celle de 2016, car la résolution spatiale diffère très nettement, ce qui a un impact direct sur la précision des résultats. Il est impossible d'obtenir une précision comparable avec des images satellites à 30, 20 ou 1,5 m de résolution spatiale<sup>11</sup>, sans même évoquer les 15 cm de l'image aérienne produite par l'IGN

Pour information, après constat, l'OS de 2009 comporte des erreurs d'attribution parfois surprenantes qui découlent très probablement des résultats cartographiques à 20 m de résolution spatiale (objets lissés à cheval sur deux parcelles, par exemple), mais aussi du transfert des données raster vers vecteur ou encore (peut-être) des mises à jour ultérieures. Le SYMCRAU doit être vigilant sur ce point. De plus, contrairement à l'OS de 2016 (sur demande du SYMCRAU), des parcelles de pelouses sèches, par exemple, ont été classées en 2009 en sols artificialisées (zone militaire secteur Baussenq ou autodrome de Miramas), ce qui est un parti pris défendable, mais cette différence d'approche doit accroître la vigilance de SYMCRAU en cas de comparaisons d'OS multi-dates.

---

### Pour tout contact

Syndicat mixte de gestion de la nappe phréatique de la Crau (SYMCRAU)

20 Cité des Entreprises

Avenue du Tubé

ZI du Tubé Sud

13800 Istres

Téléphone : 04.42.56.64.86

Email : [contact@symcrau.com](mailto:contact@symcrau.com)

URL : [www.symcrau.com](http://www.symcrau.com)

---

<sup>11</sup> Seule la résolution de 2,5 m utilisée par le CEREGE pour l'identification des zones artificialisées (1997, 2009) se rapproche des 1,5 m des images SPOT 6

### **3 ANNEXE 2 - SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES AQUIFERES BORDIERS DE LA NAPPE DE LA CRAU ET IMPLICATIONS POUR LA STRATÉGIE DE MODÉLISATION - JUILLET 2018**





**Accompagnement à la réalisation du projet**

**SINERGI**

**Sensibilité de la nappe aux conditions de prélèvements et de recharge  
& gestion de crise**

**NOTE TECHNIQUE**

**SYNTHESE DES CONNAISSANCES SUR LES AQUIFERES BORDIERS  
DE LA NAPPE DE LA CRAU ET IMPLICATIONS POUR LA STRATEGIE  
DE MODELISATION**

Rédaction :

**P. Fénart – Docteur en hydrogéologie  
HYDROFIS  
Quartier du Puey  
06 450 La Bollène-Vésubie**

Pour le compte de :

**Syndicat Mixte de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau  
20, Cité des Entreprises ZI du Tubé Sud  
13800 ISTRES**



## SOMMAIRE

<b>I . Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Définition de la mission .....</b>	<b>7</b>
Contexte administratif .....	7
Objectifs de la mission .....	8
<b>Contexte hydrogéologique .....</b>	<b>9</b>
Rappel sur les caractéristiques de la nappe de la Crau .....	9
Substratum des épandages des épandages de cailloutis de la Crau .....	9
Typologie des massifs bordiers de la Crau .....	11
<b>Moyens .....</b>	<b>18</b>
Stratégie globale.....	18
Détermination de la pluie efficace utile à l'alimentation des aquifères bordiers.....	18
<b>II . Caractérisation des aquifères bordiers .....</b>	<b>19</b>
<b>Dépression des Baux.....</b>	<b>19</b>
Zone de contact avec les sédiments miocènes .....	20
Zone de contact avec les calcaires secondaires.....	21
<b>Massif karstique des Opies .....</b>	<b>23</b>
<b>Massif miocène du Défens .....</b>	<b>26</b>
<b>Massif karstique de Roquerousse .....</b>	<b>28</b>
<b>Miocène de Salon de Provence .....</b>	<b>34</b>
<b>Miocène de Grans.....</b>	<b>37</b>
<b>Massif Miocène de Miramas .....</b>	<b>39</b>
<b>III . Implications pour la modélisation .....</b>	<b>42</b>
<b>Bilan .....</b>	<b>42</b>
<b>Recommandations .....</b>	<b>44</b>
Quelle représentation pour les flux d'alimentation ? .....	44
Quelle représentation pour les flux drainants ? .....	45
<b>IV . Références bibliographiques .....</b>	<b>46</b>



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Contexte géologique (extrait de la carte géologique du BRGM au 1 : 250 000). .....	10
Figure 2 : Coupe géologique des massifs bordiers orientaux de la Crau (extrait de la BD LISA du BRGM). .....	12
Figure 3 : Coupe géologique des massifs bordiers orientaux de la Crau (extrait de la BD LISA du BRGM). .....	13
Figure 4 : Situation hydrogéologique du secteur de l'étang de Lavalduc. ....	17
Figure 5 : Situation hydrogéologique du secteur Ouest de la Dépression des Baux. ....	19
Figure 6 : Situation hydrogéologique du secteur Est de la Dépression des Baux. ....	21
Figure 7 : Coupe géologique du massif des Opies (d'après Gouvernet et al., 1971). ....	23
Figure 8 : Situation hydrogéologique du massif des Opiès. ....	24
Figure 9 : Situation hydrogéologique du massif du Défens. ....	26
Figure 10 : Situation hydrogéologique du massif karstique de Roquerousse. ....	29
Figure 11 : Contexte hydrogéologique des plaquages miocènes du massif de Roquerousse (Cova, 1965). ....	30
Figure 12 : Contexte hydrogéologique des sources des Aubes (Cova, 1965). ....	32
Figure 13 : Ecorché paléogéographique fin messinien de la Plaine de la Crau dans le secteur de Salon (Cova, 1965). ....	33
Figure 14 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Salon de Provence. ....	34
Figure 15 : Contexte hydrogéologique du Miocène de Salon (Cova, 1965). ....	35
Figure 16 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Grans. ....	37
Figure 17 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Miramas. ....	40
Figure 18 : Synthèse cartographique des échanges entre nappe de Crau et aquifères bordiers. ....	42
Figure 19 : Synthèse des échanges entre nappe de Crau et aquifères bordiers. ....	43
Figure 20 : Proposition de paramètres hydrodynamiques pour les aquifères bordiers. ....	45



## I . INTRODUCTION

### DEFINITION DE LA MISSION

#### CONTEXTE ADMINISTRATIF

La Maîtrise d'ouvrage du projet SINERGI est assurée par le Syndicat Mixte de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau (SYMCRAU). Selon le CCTP :

*« L'objet du projet SINERGI est de déterminer les conditions de recharges et de prélèvements préservant les usages prioritaires de la nappe, notamment l'approvisionnement en eau potable des populations et le maintien du bon état des milieux naturels alimentés par la nappe, et pour limiter les impacts pour les autres usagers de la ressource (secteur agricole et industriel). Cette analyse conduira à identifier et tester les mesures pouvant être mise en œuvre dans le cadre d'un plan de gestion de crise sécheresse pour rétablir les équilibres quantitatifs de la ressource. »*

*« Le projet SINERGI, qui entre dans le champ des études d'amélioration de la connaissance, n'a pas de portée réglementaire. Il s'agit d'une volonté du territoire de s'organiser pour faire face à des problématiques de gestion quantitative dans un contexte de changements globaux*

*Cette étude se distingue d'une Etude Volume Prélevable Globale (EVPG) au sens réglementaire du fait que l'aquifère de la Crau, n'étant pas en déséquilibre quantitatif, n'est pas classé en zone de répartition des eaux (ZRE). SINERGI ne revêt donc pas le caractère obligatoire d'une EVPG et ces conclusions n'ont pas de portée réglementaire ou de valeur juridique intrinsèque. Cependant les conclusions de SINERGI apporteront des connaissances intéressantes les services de l'Etat en charge des missions régaliennes de police et de politique de l'Eau, notamment dans les domaines des restrictions liées au plan d'action sécheresse, des arbitrages inter-usages économiques et de l'instruction des autorisations de prélèvements. »*

Le projet se décline en quatre sous-objectifs :

- ⊙ 1er sous-objectif : déterminer des variables et valeurs indicatrices représentant l'état quantitatif de la ressource en eau souterraine.
- ⊙ 2ème sous-objectif : établir la sensibilité de la ressource en eau souterraine à l'évolution des conditions de recharge.
- ⊙ 3ème sous-objectif : estimer la sensibilité de la ressource aux prélèvements dans la nappe.
- ⊙ 4ème sous-objectif : développer des connaissances sur le cadre d'intervention pour gérer les crises hydriques.

**Pour réaliser ces objectifs, le SYMCRAU dispose du modèle de simulation des recharges et des écoulements souterrains appelé MHYCRAU. C'est en effet un outil indispensable pour une étude de cette ambition.**

## OBJECTIFS DE LA MISSION

L'essentiel du projet SINERGI est mis en œuvre par le SYMCRAU en s'appuyant sur ses ressources internes en termes de compétences et de moyens. Le SYMCRAU possède les compétences techniques en hydrogéologie et en modélisation hydrogéologique nécessaires pour élaborer et mettre en œuvre les méthodes et les calculs, et procéder aux analyses permettant l'atteinte des objectifs.

**Afin de garantir une mise en œuvre efficace du projet dans les délais impartis, le SYMCRAU a renforcé son expertise par une mission d'assistance technique, supportée par HYDROFIS.**

La nappe de la Crau a fait l'objet de nombreuses investigations et études. C'est une masse d'eau souterraine relativement bien connue et bien décrite.

**On peut donc considérer le socle de connaissances sur la ressource en eau souterraine comme robuste et suffisant pour une démarche de modélisation.**

Cette appréciation générale doit être nuancée dans le détail, en particulier sur les points suivants :

- Les alimentations latérales de la nappe par des aquifères bordiers sur la partie Nord de l'aquifère sont mal connues et les flux proposés dans la littérature scientifique et technique relèvent d'estimations qui mériteraient d'être retravaillées.
- La distribution spatiale des flux aux exutoires naturels de la nappe relèvent d'approches de modélisation ; elle ne repose en rien sur des mesures qui permettraient de valider les distributions spatiales produites par les simulations. C'est un point important de vigilance sur la portée des résultats des approches de modélisation.

**Ce constat a motivé la réalisation d'une synthèse des connaissances sur les aquifères bordiers.**

Il s'agit d'assurer une reprise de toutes les données, études scientifiques et techniques qui intéressent les aquifères bordiers (en particulier les massifs des Alpilles mais aussi les massifs calcaires de la Trévaresse).

Il s'agit de proposer une approche de type bilan pour identifier les éléments suivants pour chaque aquifère important identifié :

- Modalités d'alimentation.
- Modalités d'exutoires.
- Bilan simplifié.

**L'objectif opérationnel est d'essayer de caractériser des déséquilibres en termes de bilan qui pourraient témoigner indirectement de recharges sous-alluviales au bénéfice de la nappe de la Crau.**

## CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

### RAPPEL SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE DE LA CRAU

**La nappe de la Crau est une nappe très bien connue, documentée et surveillée. Elle a fait l'objet de nombreuses investigations et de nombreuses études s'attachent à en décrire le comportement.**

La masse d'eau correspond à un réservoir unique constitué de dépôts de cailloutis du Plio-quadernaire, déposés par la Durance (delta fossile).

Selon la littérature scientifique et technique, trois principaux épisodes d'épandages conglomératiques peuvent être distingués, constituant de vastes plans inclinés s'abaissant du Nord-Est vers le Sud-Ouest :

- La Crau d'Arles, ou Vieille Crau à l'Ouest, centrée sur Saint-Martin de Crau, et drainée vers la dépression des marais de Meyranne (notée Fv sur la carte géologique au 1 : 250 000). Elle date du Villafranchien (Pliocène supérieur et Pléistocène inférieur) et est constituée de cailloutis et galets à éléments en grande majorité quartzitiques, et conglomérats à éléments calcaires. Ils sont souvent cimentés en poudingues. Son épaisseur est variables : de 10 à 40 m.

- La Crau du Luquier (notée Fx sur la carte géologique au 1 : 250 000), située à l'Est de la Crau d'Arles, et séparée de cette dernière par une ligne de partage des eaux correspondant à une ligne de crête du substratum, allant du signal de Mouriès au lieu-dit La Dynamite. La Crau du Luquier est datée du Quaternaire récent (Riss) ; les dépôts sont de faible épaisseur (moins de 10 m).

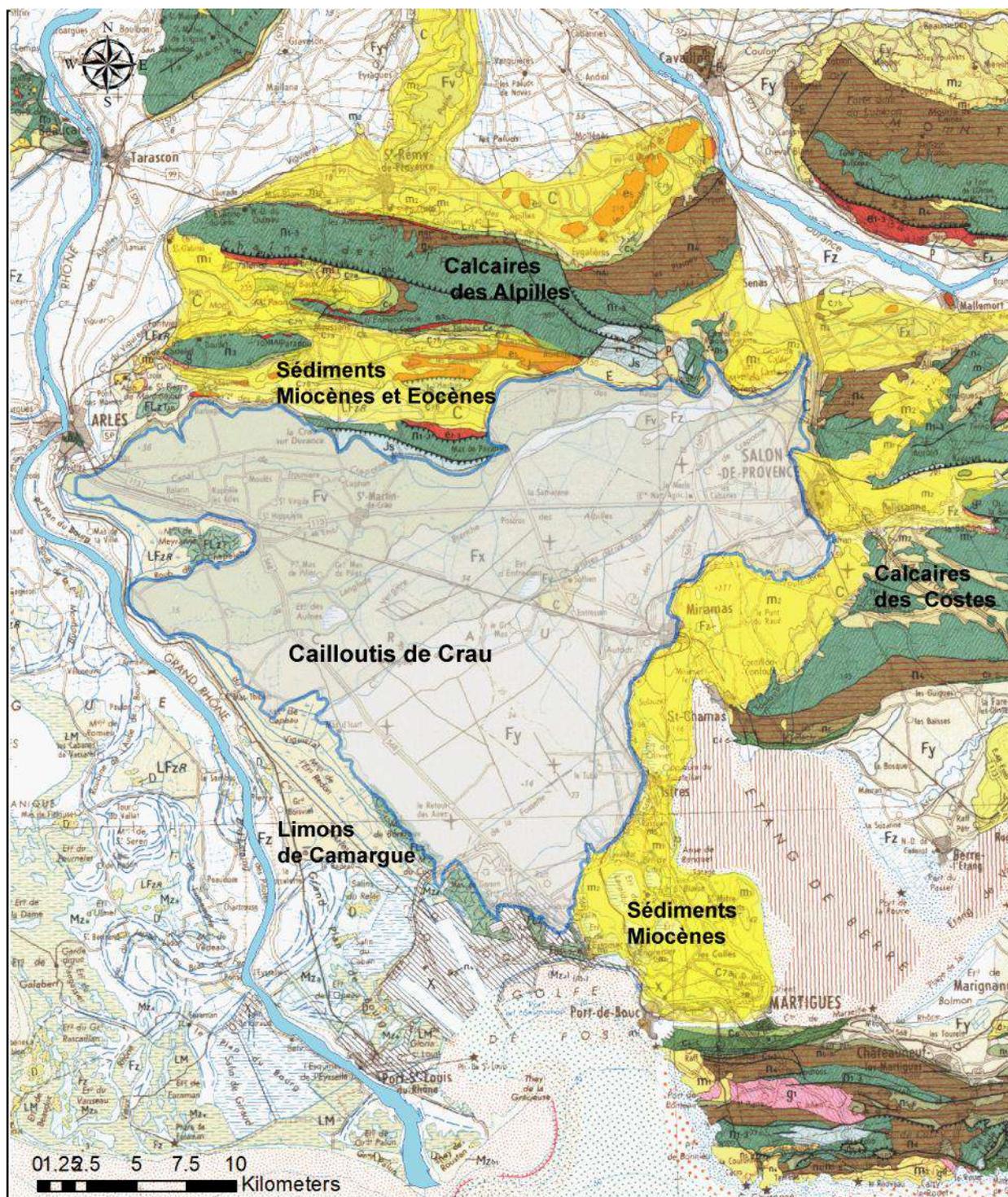
- La Crau de Miramas à l'Est (notée Fy sur la carte géologique au 1 : 250 000), couvre environ 2/3 de la superficie de la masse d'eau et date également du Quaternaire récent (Würm). Elle correspond à un ancien cône de déjection de la Durance (20 à 30 m d'épaisseur). Elle est constituée de cailloutis, galets et conglomérats à éléments dominants de quartzites, mais qui comprennent aussi des roches métamorphiques, du granite, des roches éruptives (variolites) et des calcaires. Ces cailloutis sont souvent cimentés.

### SUBSTRATUM DES EPANDAGES DES EPANDAGES DE CAILLOUTIS DE LA CRAU

Il est reconnu que le substratum des cailloutis de la Crau possède une topographie accidentée : on distingue deux principaux sillons, Est-Ouest dans le secteur d'Arles et Nord-Est/Sud-Ouest dans celui de Miramas.

Ce substratum est réputé constitué par des formations globalement assez peu perméables : Pliocène argileux ou grés-marneux sur la plus grande partie, et Miocène marneux et localement gréseux sur la partie orientale.

Figure 1 : Contexte géologique (extrait de la carte géologique du BRGM au 1 : 250 000).



## TYPLOGIE DES MASSIFS BORDIERS DE LA CRAU

### Approche au 1 : 250 000

La carte géologique permet de constater que deux types de séries géologiques sont en contact avec les cailloutis de la Crau sur leurs bordures :

- Les sédiments carbonatés du Jurassique et du Crétacé.
- Les sédiments hétérogènes du Miocène.

Le référentiel BD LISA donne un premier avis sur les structures géologiques et leur potentiel hydraulique ; pour les massifs bordiers à l'Est de la Plaine de la Crau :

*« L'entité des formations crétacées et tertiaires du bassin versant de la Touloubre et de l'ouest de l'étang de Berre fait partie de la Provence calcaire. Cette entité s'inscrit dans une succession de plissements anticlinaux crétacés de direction est-ouest, conformément à l'orientation générale de la tectonique pyrénéo-provençale. Deux grands anticlinaux encadrent l'entité, les massifs des Cotes (ou Costes) au nord et de la Fare au sud.*

*Entre ces deux axes, le cœur du bassin versant de la Touloubre a une structure synclinale est-ouest comblée par des remplissages fluviolacustres oligocènes sur les massifs de la Trévaresse et d'Eguilles, et des formations liées à la transgression miocène constituant la dépression Lambesc-Pélissanne, le cœur du synclinal entre Saint-Cannat et Venelles, et la bordure ouest de l'étang de Berre. L'anticlinal des Costes chevauche vers le sud cette structure synclinale. Quant à l'anticlinal de la Fare, il chevauche au contraire vers le nord ce bassin.*

Les formations constituant l'entité sont, de la plus récente à la plus ancienne :

- *Miocène : calcaires et molasse (sables, grès, marnes sableuses, argiles et conglomérats). Ces formations affleurent localement dans l'entité, essentiellement au cœur du synclinal entre Saint-Cannat et Venelles, dans la dépression de Lambesc - Pélissanne, et la bordure ouest de l'étang de Berre (Miramas, Istres).*

- *Oligocène : ces formations affleurent largement dans les chaînes de la Trévaresse et la chaîne d'Eguilles.*

- *Oligocène supérieur : calcaires lacustres blancs à beige, avec intercalations marneuses. La série se divise en deux termes: calcaires d'Eguilles à la base, calcaires de la Trévaresse au sommet, séparés par des niveaux plus marneux. Ces calcaires sont fissurés et peu épais. L'épaisseur de l'Oligocène sup. est d'environ 60 m.*

- *Oligocène moyen : argiles à bancs gréseux et lentilles conglomératiques, calcaires à gypse et conglomérats. L'épaisseur de cette formation est de 100 m environ.*

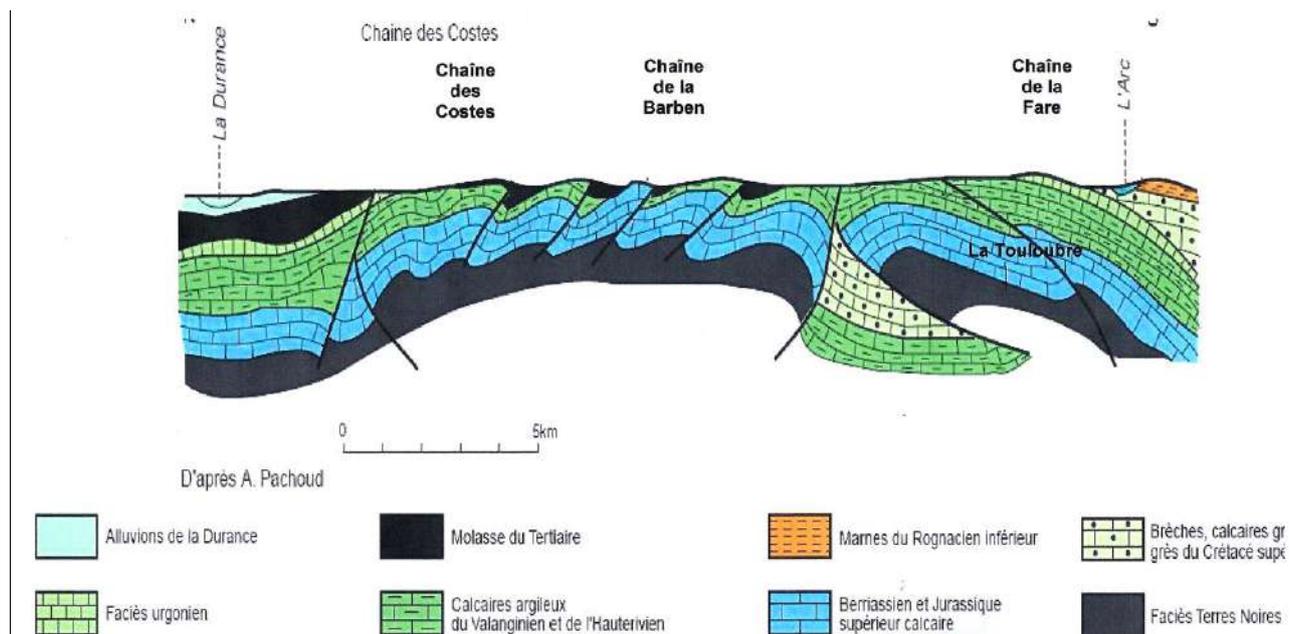
- *Béguvien (Crétacé supérieur) : calcaires marneux, argiles, grès, poudingues et brèches. Ces formations affleurent dans le prolongement de l'entité entre l'étang de Berre et la plaine de la Crau, entre St-Mitre et Martigues.*

*Le substratum est constitué par les calcaires du Crétacé inférieur, dont les reliefs environnants (Massif des Costes et de la Fare) constituent la partie « émergée ». Les formations constituant l'entité sont donc d'âge et de nature variées, mais sont dominées par les formations du Crétacé supérieur et du Tertiaire.*

*D'un point de vue hydrogéologique, les calcaires fissurés de l'Oligocène supérieur constituent la ressource principale de cette formation. Ils affleurent largement dans le synclinal de Saint Cannat sur les flancs des*

chaînes de la Trévaresse et d'Eguilles.

Figure 2 : Coupe géologique des massifs bordiers orientaux de la Crau (extrait de la BD LISA du BRGM).



Quant à la série miocène, présente de façon ponctuelle sur l'entité, qui comprend des alternances de molasses et d'argiles plus ou moins sableuses, elle ne contient que de faibles ressources en eau. Cette formation est caractérisée par une structure multicouche, où les formations géologiques potentiellement aquifères (calcaires conglomérats fissurés, sables) s'intercalent entre des formations peu perméables (argileuses).

Les nappes sont généralement libres, lorsque les formations sont affleurantes, mais peuvent devenir captives sous couverture. La recharge de l'aquifère se fait essentiellement par les précipitations.

La détermination d'une piézométrie au sein de l'entité est difficile, en raison de ce caractère multicouche, et du fait des variations latérales (variations de faciès, influence de la tectonique...) qui peuvent avoir lieu au sein de l'entité.

Les écoulements peuvent en outre être influencés par les accidents tectoniques qui jouent le rôle de drain.

L'aquifère oligocène, notamment, alimente de nombreuses sources de faibles débits. Les principales sources sont concentrées dans le secteur de Saint Cannat (source d'Arvieux (40 l/s), source du Tournon (20 l/s)), dans le lit du Budéou, un affluent de la Touloubre. Ces deux sources sont captées pour l'alimentation en eau potable de la commune de Saint-Cannat.

Plus à l'est, dans la partie amont du bassin versant, on peut noter la particularité de la source de Beaulieu (10 l/s) qui draine un petit massif basaltique.

Au sud-ouest de Salon-de-Provence, un phénomène de recharge par la nappe de Crau a lieu dans le secteur de Grans où la source Mary-Rose, qui est captée pour l'eau potable, émerge dans la vallée de la Touloubre au sein des calcarénites miocènes, mais bénéficie en fait en grande partie des eaux de la Crau.

En bordure ouest de l'étang de Berre, dans le secteur de Rassuen (Istres), des données piézométriques indiquent que la nappe des calcaires (calcarénites) du Miocène s'écoule en direction de l'étang de Berre vers l'est. On peut noter la source Saint-Martin, à l'est de Rassuen, qui émerge à la base des formations miocènes

en bordure de l'étang de Berre.

Au sud d'Istres, où les terrains affleurant sont constitués de sables et de marnes sableuses miocènes, puis de Crétacé supérieur vers Martigues, les sources sont peu nombreuses, et de faible débit. »

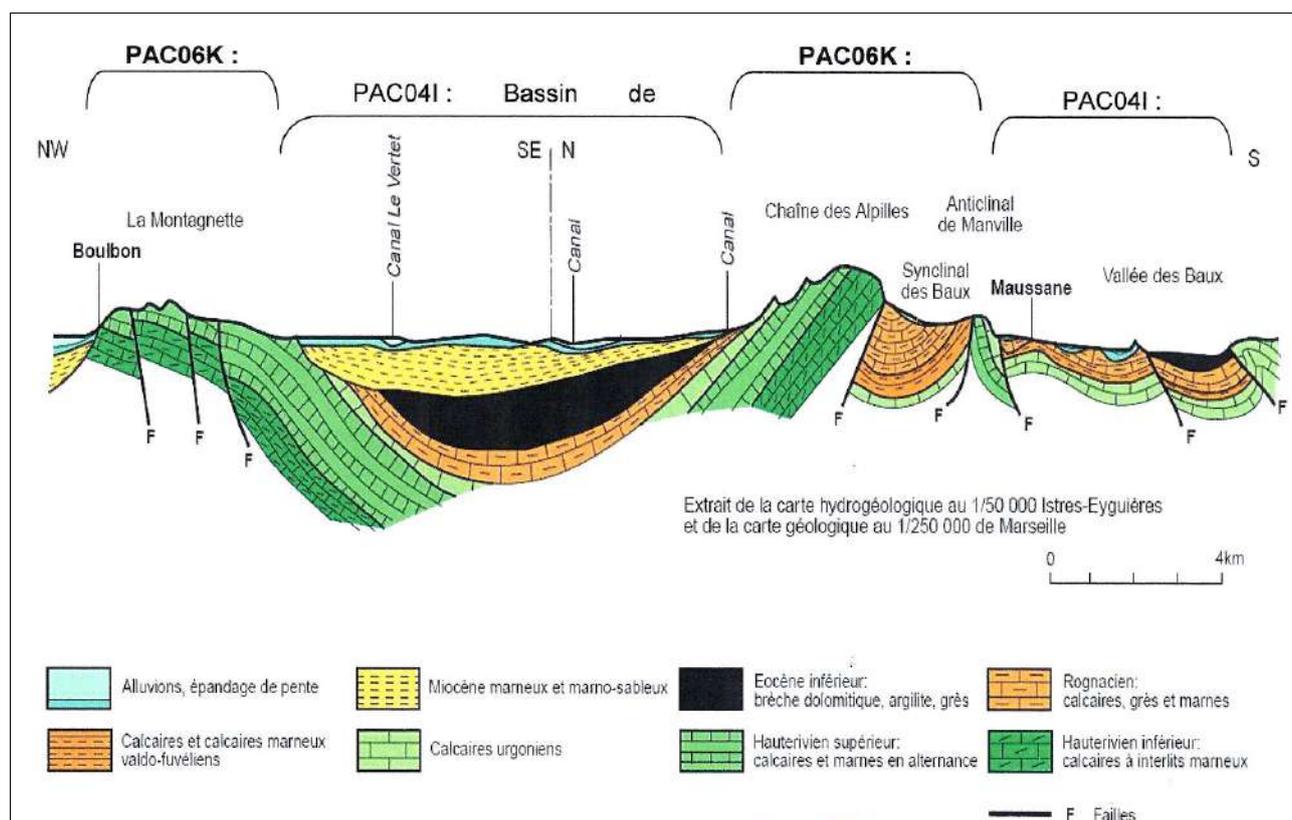
Pour les Alpilles au Nord :

« Les massifs calcaires de l'entité PAC06K s'inscrivent dans la partie ouest de la basse Provence calcaire, dont l'âge des terrains s'échelonne du Jurassique supérieur au Quaternaire. Au cours du Crétacé supérieur, une importante phase d'émergence favorise le dépôt de bauxite sur la surface affleurante du Barrémien, et vraisemblablement une karstification de cette importante formation essentiellement calcaire.

La période miocène donne lieu, lors des phases de transgression, à des dépôts sédimentaires importants. La succession de phases de transgressions et de régressions a pu jouer un rôle important dans le développement de réseaux de karstification, notamment avec l'abaissement du niveau de base à la fin du Miocène (Messinien), et le creusement du paléo-canyon rhodanien, ensuite comblé par les marnes plaisanciennes lors de la transgression pliocène.

Les massifs calcaires du Crétacé inférieur résultent de la tectonique pyrénéo-provençale à la fin du Crétacé, avec la mise en place d'un ensemble de plissements et de chevauchements orientés est-ouest. Cette dynamique a conduit à l'émergence des massifs qui correspondent à de grands ensembles anticlinaux, et à la formation de bassins sédimentaires intercalés (Graveson - Maillane, marais des Baux). On peut noter par la suite l'apparition de failles, a priori de moindre importance, orientées NE-SO et NO-SE.

Figure 3 : Coupe géologique des massifs bordiers orientaux de la Crau (extrait de la BD LISA du BRGM).



*Le massif des Alpilles est constitué essentiellement de calcaires d'âges hauterivoien et barrémien. Le flanc nord du massif est incliné vers le nord et s'enfonce sous les formations crétacées, éocènes, puis les alluvions de la plaine de Graveson - Maillane. La structure du massif est rompue axialement par l'accident des Baux (E-O). Au sud du massif, le marais des Baux correspond à une dépression synclinale (bassin des Baux) remplie de Crétacé supérieur et surmontée de Miocène transgressif. Le bassin des Baux est bordé au sud par l'anticlinal de Manville. Son extrémité sud-est est caractérisée par un redressement axial, faisant affleurer les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur (secteur des Opiès).*

.....

*Les formations calcaires du Crétacé inférieur (Hauterivoien et Barrémien), constituent un ensemble aquifère de type fissuré/karstique. Les formations calcaires et dolomitiques du Jurassique supérieur constituent également une formation aquifère, dont l'extension est toutefois réduite (secteur des Opiès).*

*Les niveaux de bauxite (minerai d'aluminium), qui recouvrent l'Hauterivoien, affleurent essentiellement dans le secteur des Baux (qui a donné son nom au minerai) et de Maussane, de part et d'autre de l'anticlinal de Manville. Le gisement a fait l'objet d'une exploitation au lieu-dit « les Canonettes ».*

*Enfin, on peut noter le rôle des formations miocènes, qui peuvent jouer le rôle d'aquifères connectés aux aquifères karstiques sous-jacents, en bordure de massif (synclinal des Baux, nord du massif de la Montagnette).*

*D'un point de vue hydrogéologique, les calcaires du Crétacé inférieur sont généralement fracturés, voire karstifiés, et présentent donc une perméabilité « en grand ». Les calcaires et dolomies du Jurassique supérieurs peuvent également présenter des caractéristiques similaires, localement. Le degré de perméabilité des calcaires dépend donc de l'importance de la karstification, et de l'éventuel colmatage des fissures par des argiles de décalcification.*

*Les écoulements étant influencés par la fracturation, ils sont probablement conditionnés par l'orientation des failles. Il s'agit d'écoulements a priori libres, mais pouvant devenir captifs sous couverture, notamment dans le synclinal des Baux.*

*Les principales émergences répertoriées apparaissent en bordure des massifs :*

- *Versant sud : source des Arcoules (40 l/s), source du château d'Escanin (30 l/s) au Paradou, source de la cluse de Manville (13 l/s), sources du Noyer (10 l/s) et de Calans (7 l/s) à l'Est de Maussane ;*
- *Bordure est : source de Roque Martine (25 l/s) ;*
- *Bordure ouest : sources de Fontvoieille (20 l/s) et la Bargeole (8 l/s) qui apparaissent dans le Miocène (recharge probable par le Crétacé).*

..

*Dans le massif des Alpilles, des constats d'assèchement de certaines sources ont été signalés et seraient liés à des phénomènes de drainage des eaux souterraines provoqués par les travaux miniers. Des forages ont été réalisés pour pallier à ce phénomène.*

*Quelques forages atteignant les calcaires crétacés ont montré des débits intéressants. Plusieurs ouvrages sont exploités pour l'alimentation en eau potable (Mallemort, Maussane), et certains correspondent à d'anciens puits liés aux anciennes exploitations minières de bauxite. C'est le cas du puits situé au nord d'Aureille (N°BSS : 09932X0151/F), profond de 17 m, et dont le débit atteint 100 m<sup>3</sup>/h.*

*D'une manière générale, on dispose de peu de données de piézométrie, par ailleurs, l'absence de données de traçages hydrogéologiques rend difficile la connaissance des écoulements. Toutefois, d'après les données disponibles, et compte-tenu de la position des principales émergences, les écoulements sont supposés orientés vers l'ouest ou le sud-ouest pour les Alpilles, sauf dans le secteur d'Orgon (écoulement supposé vers le nord-est), et vers le sud-ouest pour la Montagnette. Par ailleurs, il y a probablement une alimentation plus diffuse, mais non négligeable, des alluvions en bordure des massifs.*

*Malgré l'importance des ressources qu'ils présentent, ces aquifères ne sont que très peu exploités pour l'alimentation en eau potable de collectivités (seules les communes de Maussane-les-Alpilles et Sénas les exploitent). Dans ces aquifères calcaires, les mesures de niveau piézométriques sont rares, la recherche aléatoire de circulations karstiques et la proximité de ressource alluviale abondante n'ayant pas incité les travaux de captage d'eau souterraine. »*

### **Approche au 1 : 50 000**

Pour identifier et caractériser les aquifères en inter relations avec la nappe de la Crau, il est nécessaire d'étudier les cartes géologiques au 1 : 50 000 qui permettent de déterminer les séries en contact avec les cailloutis de Crau

En ce qui concerne la dépression des Baux (bordure Nord entre Arles et Aureille) :

- De Pont de Crau à La Taulière, contact avec les sédiments du Miocène. Dans le secteur d'Arles, ils sont décrits par L'Homer et al. (1974) comme des sables marneux avec présence de grès calcaires lenticulaires (20 m d'épaisseur à l'affleurement) ; plus à l'Est, ils sont présentés par Colomb et al. (1977) comme des sables glauconieux, localement marneux.
- De la Taulière aux Fontaines de Mouriès, les cailloutis sont en contact direct avec les séries carbonatées du Crétacé et du Jurassique (anticlinal de Manville).
- De nouveau, des Fontaines à Aureille, les cailloutis sont au contact des sables miocènes du Vindobonien.

Notons que sur tous ces secteurs, on peut observer une situation hydrogéologique particulière. Les séries aquifères au contact avec les cailloutis de Crau sont en position de relais hydraulique entre ces cailloutis au Sud et les sédiments quaternaires palustres à lacustres de la dépression des Baux. En effet, les cailloutis affleurent entre 60 et 100 m NGF au Sud alors que la Dépression des Baux présente des altitudes très faibles comprises entre 14 et 3 m NGF.

Par cohérence hydrogéologique, cette bordure sera traitée comme une seule limite dénommée Dépression des Baux (destination finale des eaux).

Plus à l'Est, d'Aureille à Eyguières, les cailloutis de Crau sont en contact avec les formations carbonatées du massif des Opies. Il s'agit des séries allant des calcaires jurassiques de l'Oxfordien aux calcaires crétacés de l'Hauterivien. Ces séries sont réputées karstifiées et ne présentent pas d'exutoire majeur. Il est possible et probable qu'ils alimentent les cailloutis de Crau par des alimentations masqués ; en effet, ce massif est en position surélevé par rapport à la plaine de Crau.

En Eyguières et Lamanon, on retrouve un contexte hydrogéologique comparable : massif constitué de roches perméables dominant la plaine, sans exutoire majeur connu. Il s'agit du massif du défens principalement constitué de la mollasse coquillière du Burdigalien.

Plus à l'Est, lorsque l'on passe le seuil de Lamanon, les cailloutis se retrouvent en contact sur un linéaire Nord-Sud important avec les séries carbonatées du massif de Roquerousse. De nouveau, ces séries aquifères sont en position d'alimenter de façon masquée les cailloutis et la littérature scientifique et technique mentionne ce type d'alimentations.

Dans le secteur de Salon de Provence, les cailloutis recouvrent en discordance les sédiments du Miocène. Au droit de la ville de Salon de Provence, on observe une structure anticlinale orientée Est-Ouest. Elle amène à l'affleurement les séries de l'Helvétien réputées peu perméables (marne sableuse, molasse et grès et sables glauconieux). Sur le flanc Nord de l'anticlinal, on observe un affleurement réduit de molasses du Tortonien, probablement drainées par les cailloutis de Crau. Sur le flanc Sud, ces mêmes séries réputées sont principalement drainées par l'appareil alluvial de la Touloubre.

Dans le secteur de Grans, la molasse est en position de relais hydraulique entre les cailloutis de Crau et l'appareil alluvial de la Touloubre ; c'est une position bien illustrée par la source de Marie-Rose qui fait émerger des eaux de Crau au travers de la molasse miocène.

Entre Miramas et l'étang de l'Olivier, on observe de nouveau les séries molassiques du Miocène. Elles sont alors en position surélevée par rapport à la plaine de Crau.

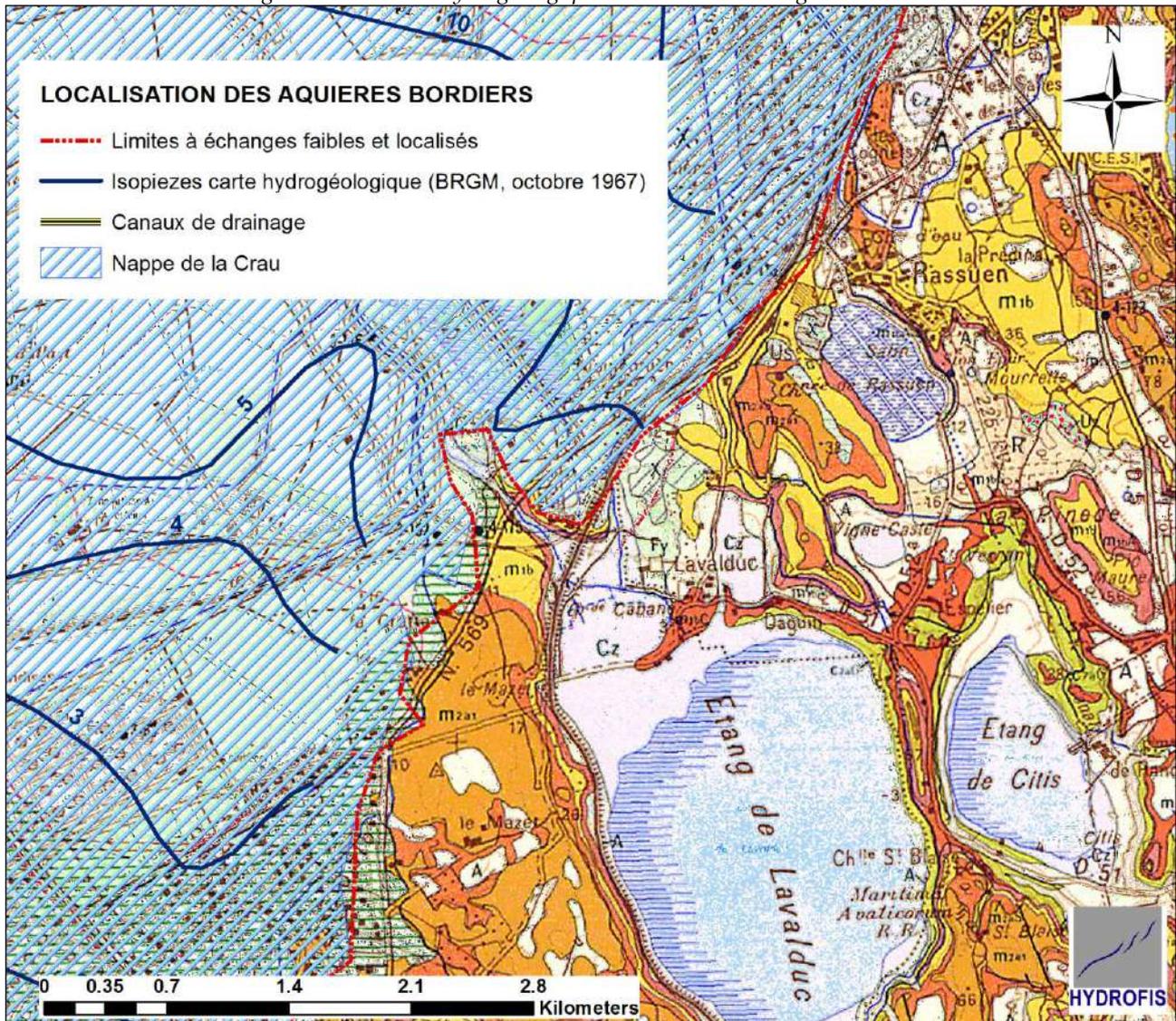
Plus au Sud, le contact est variable car les sédiments de l'Helvétien sont hétérogènes ; il peut s'agir :

- Marnes bleues et calcarénites rousses (m2 a2-3).
- Calcaires sableux (m2 a1).
- Sables et grès (m2 As).
- Argile calcaire (m3 Aa).

Globalement, ces séries sont peu perméables. De plus, on observe un léger plissement des séries qui va amener à « remonter » les argiles calcaires au coeur des anticlinaux et qui vont constituer des barrières franches aux écoulements souterrains. Cette disposition et le caractère peu perméable des séries de l'Helvétien nous conduisent à supposer des échanges faibles avec les cailloutis de Crau dans ce secteur.

Cette considération générale est à nuancer. Localement, sur la bordure Nord-Ouest de l'étang de Lavalduc, la nappe de la Crau est drainée vers l'étang au travers des séries Miocènes dans une situation hydrogéologique proche de celle de la source Mary-Rose à Grans. Archambault (1951) mentionne des débits de drainage de quelques dizaines à une centaine de l/s selon le niveau de la nappe.

Figure 4 : Situation hydrogéologique du secteur de l'étang de Lavalduc.



## MOYENS

### STRATEGIE GLOBALE

La caractérisation des aquifères bordiers a été réalisée en croisant plusieurs types d'analyses et/ou d'informations :

- Analyse des cartes géologiques au 1 : 50 000 avec reprise des données stratigraphiques et détermination des limites des aquifères au regard des structures géologiques.
- Recherche d'informations complémentaires sur les modalités d'alimentation et d'exutoires dans la littérature scientifique et technique.
- Reconnaissances de terrain (deux jours) pour identifier notamment les sources permanentes en bordure des massifs.
- Analyse des données de stratigraphie sur les forages renseignés de la BSS.
- Détermination d'un volume annuel d'alimentation des aquifères bordiers par reprise des données SAFRAN.

A partir des caractéristiques des aquifères bordiers, nous proposons dans un deuxième temps des axes d'évolution pour la stratégie de modélisation de nappe développée par le SYMCRAU.

### DETERMINATION DE LA PLUIE EFFICACE UTILE A L'ALIMENTATION DES AQUIFERES BORDIERS

La pluie efficace partiellement utile à l'alimentation des aquifères par infiltration des eaux météoriques a été reprise des travaux de Fénart et al. (2012).

Les données météorologiques utilisées étaient issues de la base de données SAFRAN de Météo-France. Safran est un système d'analyse à méso échelle de variables atmosphériques près de la surface. Il utilise des observations de surface disponibles au droit des stations météorologiques, combinées à des données d'analyse de modèles météorologiques pour produire au pas de temps horaire les paramètres suivants: température, humidité, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident. Ces paramètres sont analysés par pas de 300 m d'altitude. Ils sont ensuite interpolés sur une grille de calcul régulière (8 x 8 km). À chaque intersection de la grille, on dispose dans le cadre de cette étude des données journalières (interpolées) de précipitations liquide, solide, de la température et de l'ETP pour la période 1959-2007.

La pluie nette avait été calculée au droit des masses d'eaux souterraines de la région PACA. La pluie nette (P-ETP) a été calculée au droit de chacune des masses d'eau étudiées au pas de temps journalier puis sommée à l'échelle mensuelle.

Cela a permis les estimations suivantes :

- Pour la Crau et les aquifères miocènes de la région de Miramas, la pluie efficace annuelle est de l'ordre de 150 mm/an en moyenne.
- Pour les Alpilles au Nord et les Costières au Nord-Est, cette pluie efficace est de l'ordre de 190 mm/an en moyenne annuelle.

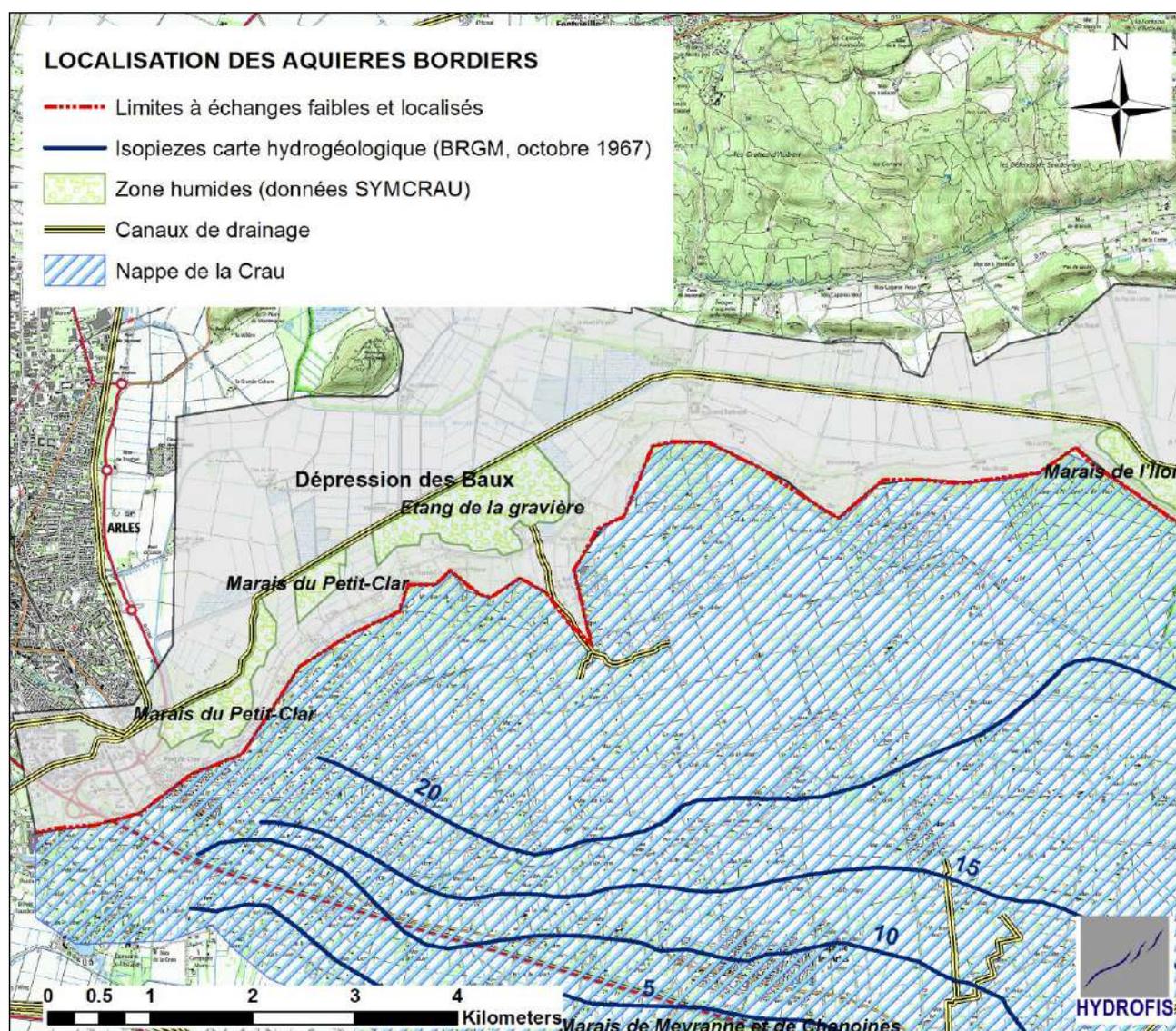
## II . CARACTERISATION DES AQUIFERES BORDIERS

### DEPRESSION DES BAUX

Rappelons qu'il est nécessaire de distinguer trois zones dans la dépression des Baux :

- Une zone orientale où les cailloutis de Crau reposent sur des séries hétérogènes du Miocène.
- Une zone centrale avec les séries carbonatées du massif karstique de l'Anellier qui sont en position intermédiaire entre les cailloutis de Crau et la Dépression des Baux.
- Une zone occidentale où, de nouveau, les cailloutis de Crau reposent de nouveau sur les séries hétérogènes du Miocène.

Figure 5 : Situation hydrogéologique du secteur Ouest de la Dépression des Baux.



## ZONE DE CONTACT AVEC LES SEDIMENTS MIOCENES

En ce qui concerne, les zones de contact avec les séries du Miocène, les cartes géologiques au 1 : 50 000 font apparaître une certaine complexité.

Dans le secteur de Beauchamp, au sein des cailloutis de la Vieille Crau d'Arles, selon L'Homer et al. (1987), on peut distinguer deux nappes de cailloutis (Fua et Fuc), séparées par un niveau intercalaire de marnes roses ou jaunes (Fub), de 2 à 5 m de puissance. L'épaisseur des cailloutis, marnes intercalaires comprises, est de 15 m à l'Est d'Arles. Pour la nappe inférieure (FUa), les matériaux dérivent en majorité de calcaires jurassiques et crétacés subalpins, de grès nummulitiques, de quartzites permo-triasiques, de silex et de très rares quartz filoniens. Contenant grosso modo le même cortège de matériaux que la nappe inférieure, la nappe supérieure (FUc) s'en distingue toutefois localement par des caractères différents : galets à cortex rubéfié avant remaniement, plus grande fréquence des quartzites du Trias alpin. Le ciment sablo-gréseux confère à l'ensemble une teinte jaune caractéristique. Les minéraux argileux présents sont la smectite dominante (9 à 10/10), bien cristallisée, avec des traces d'illite, de chlorite et de kaolinite. Dans les niveaux proches des tranches d'altération pédologique, la smectite se dégrade plus rapidement que l'illite et divers complexes gonflants apparaissent. La surface de cette formation est généralement affectée par un paléosol rubéfié, peu épais, qui correspond à la Crau de Saint-Pierre-de-Vence. La Vieille Crau est tectoniquement déformée selon deux axes synclinaux Est-Ouest qui se relaient. Au Nord-Est d'Arles on note un pendage de 2 à 3° vers le Sud-Ouest. Selon la carte géologique d'Arles, le banc intermédiaire d'argiles roses et jaunes est dans ce secteur très épais. On observe de plus, en interface entre les séries holocènes de la Dépression et ces cailloutis, la présence d'un horizon épais (entre 10 et 15 m d'épaisseur) de marnes et sables lacustres dits de Barbegal. Selon L'Homer et al. (1987), il s'agit de marnes à smectites plastiques rouges et jaunes, azoïques, à passées limoneuses ou sablo-gréseuses et petites lentilles caillouteuses à éléments calcaires. Le niveau formant le talus nord-ouest de la Costière de Crau repose à Arles sur le Pliocène marin et à Sainte-Anne sur des marnes sableuses miocènes. Cette formation fluvio-lacustre constitue ainsi le substratum de la nappe inférieure des cailloutis de la Vieille Crau, avec laquelle il présente des cortèges minéralogiques identiques.

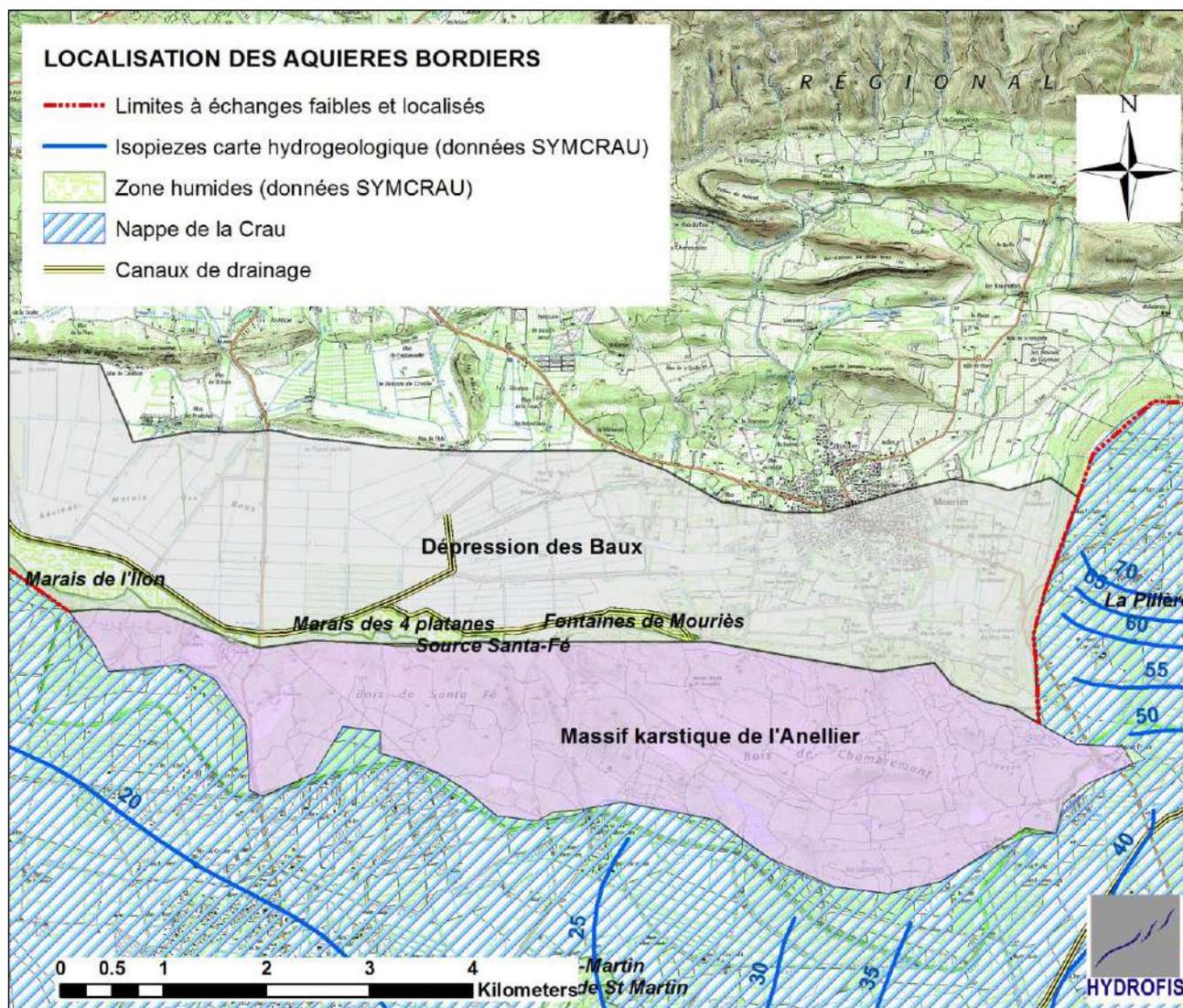
Notons que nous ne disposons d'aucun forage renseigné dans la BSS susceptible de fournir des informations plus détaillées sur ces séries géologiques.

**Au vu de cette configuration géologique, les échanges entre les hydro systèmes de la Dépression des Baux et les cailloutis de Crau peuvent être considérés comme négligeables entre Arles et le Château de Barbegal. Si des échanges existent, ils seront très localisés et intéresseront des flux très réduits.**

Sur la bordure orientale de la dépression de Crau, il semblerait que les cailloutis de Crau soient en contact direct avec les sables à Chlamys du Vindobonien. Ils sont présentés par Colomb et al. (1977) comme des sables glauconieux, localement marneux. Ceci étant, localement, il semble que des lentilles argileuses s'intercalent de nouveau entre ces deux formations.

**Au vu de ces éléments, nous proposons de considérer de nouveau les échanges dans ce secteur comme négligeables. C'est ce qu'indique la piézométrie avec des écoulements Nord-Sud, perpendiculaires à cette limite.**

Figure 6 : Situation hydrogéologique du secteur Est de la Dépression des Baux.



### ZONE DE CONTACT AVEC LES CALCAIRES SECONDAIRES

Le massif karstique de l'Anellier correspond aussi à une structure géologique complexe : flanc Nord d'un anticlinal, très déformé, voire localement bréchifié dans de grands volumes. Les roches qui composent le massif sont les suivantes, selon Colomb et al. (1977) :

- j-nD. Jurassique supérieur à Valanginien. Dolomies. Ce sont des dolomies grises, saccharoïdes, souvent pseudo-bréchiques, en bancs plus ou moins massifs. Elles affleurent sur toute la bordure méridionale du massif de l'Anellier.
- N1 - Berriasien. Il est représenté par un calcaire gris-beige, microcristallin à sub-lithographique, en gros bancs séparés par des joints marneux peu développés.
- n2 - Valanginien non différencié. Dans le massif de l'Anellier, ce sont des alternances de calcaires argileux et de marnes jaunâtres plus ou moins noduleuses. L'épaisseur est d'une cinquantaine de mètres.
- n3. Hauterivien non différencié. Dans le massif de l'Anellier, ce sont des calcaires plus ou

moins argileux, assez compacts, en bancs de 40 à 50 cm, régulièrement stratifiés. A sa partie supérieure, cette formation se termine sur la bordure septentrionale du massif, par des niveaux de calcaires roussâtres, cristallins et plus ou moins détritiques. Son épaisseur visible est de 120 m environ. D'une façon générale, dans tout le massif de l'Anellier, l'épaisseur des couches crétacées a été fortement réduite par des laminages tectoniques.

- eB - Brèche dolomitique, présumée éocène. Dépôt original à éléments anguleux exclusivement dolomitiques et à ciment calciteux jaunâtre peu abondant. La formation est discordante sur les conglomérats; son maximum d'épaisseur (20 m) est observé sur la bordure nord du massif de l'Anellier. Elle correspond à un glaciaire d'érosion syn-orogénique nourri par les terrains dolomitiques du pli chevauchant de l'Anellier et, localement, à des brèches jalonnant un plan de chevauchement. La formation est transgressée par le Miocène.

Notons qu'il n'y a pas de forage renseigné dans la BSS qui recoupe cette formation géologique.

Le massif de l'Anellier est en position de relais hydraulique entre les cailloutis de Crau au Sud et la Dépression des Baux au Nord. La littérature scientifique et technique attribue une forte karstification à ce massif qui présente une perméabilité en grand très importante

Sur cette bordure, il faut considérer des flux potentiellement importants au travers du massif karstique de l'Anellier. Au vu de la configuration hydrogéologique, c'est la dépression des Baux (altitude inférieure à 10 m NGF) qui est en position d'être alimentée par la nappe de la Crau (piézométrie entre 40 et 20 m NGF).

Le massif de l'Anellier dispose de peu de ressources en propre.

Il ne présente pas de réseau hydrographique permanent et sa seule modalité d'alimentation, hors flux en provenance de la nappe de Crau, correspond à l'infiltration des eaux météoriques. Avec une pluie efficace de 190 mm/an et un coefficient d'infiltration compris entre 70 et 90%, pour un impluvium de 14 km<sup>2</sup>, on peut estimer un volume annuel de recharge compris entre 2 et 2,5 Mm<sup>3</sup>/an (entre 60 et 80 l/s en débit fictif annuel).

Les destinations possibles pour les eaux qui transitent par les calcaires jurassiques et les brèches éocènes associés sont les suivantes :

- Source de Santa Fé et de Mourriès.
- Venues diffuses ou localisées sous forme de laurons dans les marais des Quatre Platanes et de l'Ilon.

Séraphin (2016) rappelle les estimations passées de ces flux :

- Fontaines de Mouriès (Réf. BRGM : 09932X0054) : débit de sortie de 200 à 900 l/s (Dellery et al., 1964) à une altitude de 9 m NGF.
- Sources des Trois Voisins (Réf. BRGM : 09932X0053) : exutoire d'environ 8 l/s à 6 m NGF.
- Sources de l'étang du Comte (Réf. BRGM : 09932X0058 et 09932X0059) : débit d'environ 280 l/s à 1,5 m NGF.
- Source de Santa Fé (Réf. BRGM : 09932X0057) : exutoire d'environ 10 l/s à 5 m NGF.

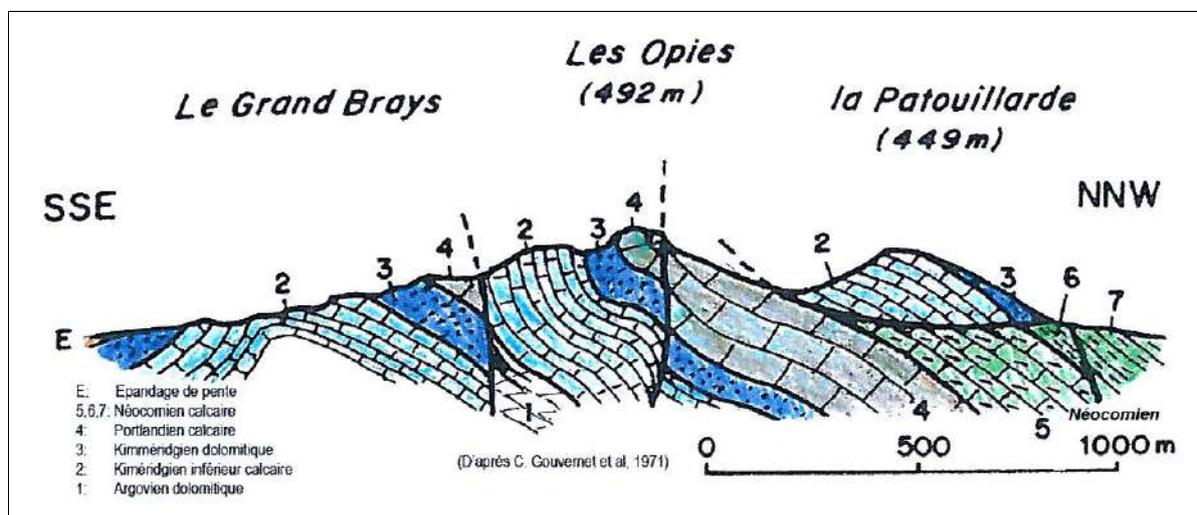
Au total, cette alimentation des marais des Baux par la nappe de la Crau serait de l'ordre de 1 m<sup>3</sup>/s si on intègre les flux masqués vers les zones humides (Dellery et al., 1964).

## MASSIF KARSTIQUE DES OPIES

### Structure géologique et limite de l'aquifère

Le massif des Opies correspond à la terminaison orientale des Alpilles. On y observe une structure géologique complexe avec de nombreuses failles et des plis resserrés.

Figure 7 : Coupe géologique du massif des Opies (d'après Gouvernet et al., 1971).



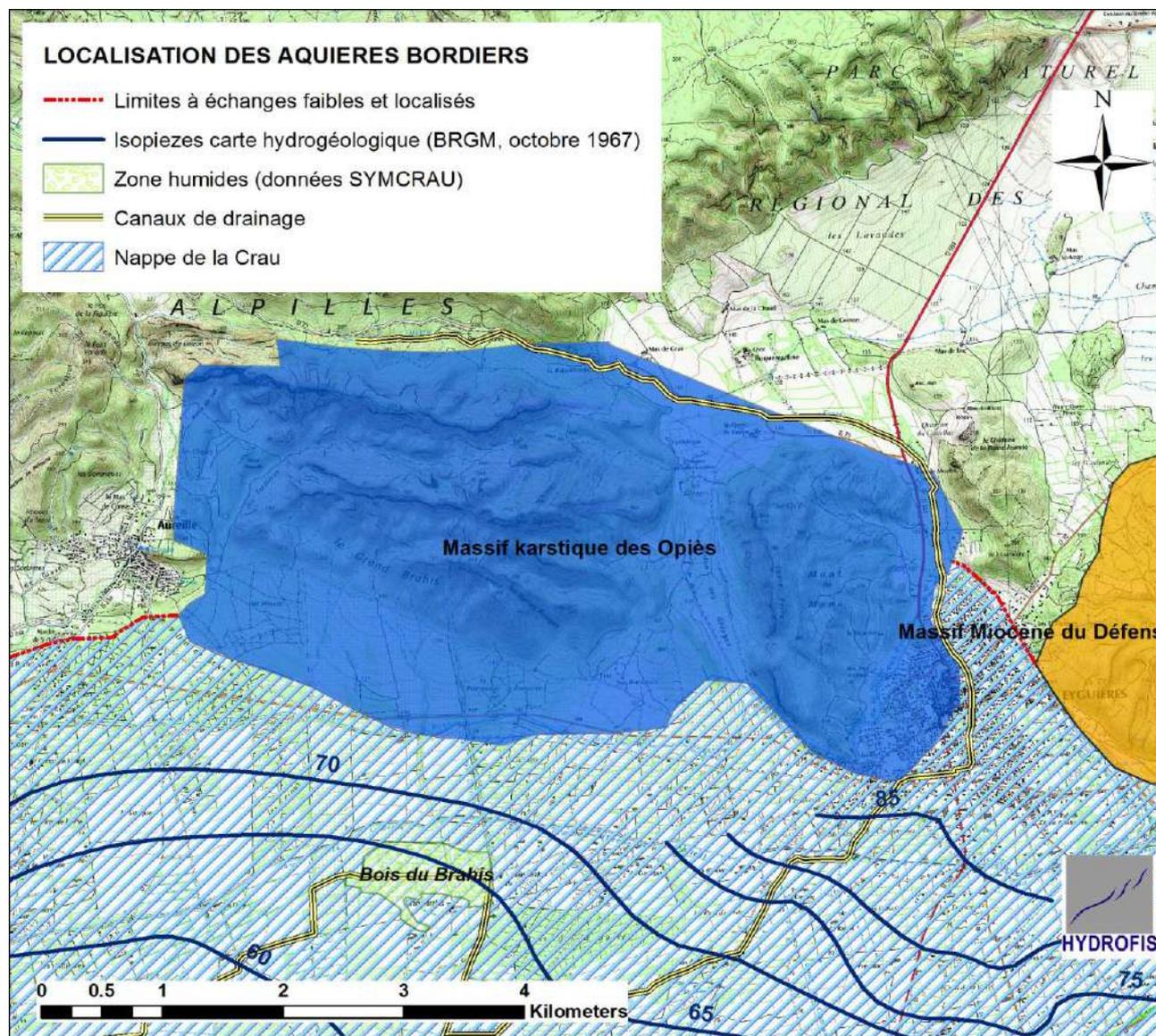
Les roches qui composent le massif sont les suivantes, selon Colomb et al. (1977) :

- J5. Oxfordien moyen (« Argovien »). Dans les Alpilles, des marnes grises alternant avec des calcaires argileux constituent le terme le plus ancien des roches à l'affleurement. Oxfordien moyen à Portlandien inférieur. Dans les collines de Mourières, cet ensemble est représenté par des dolomies grises, en bancs massifs. A la base, on observe des intercalations calcaires contenant une faune d'Ammonites à affinités argoviennes.
- J6-7. Oxfordien supérieur et Kimmérien inférieur. Dans les Alpilles, des calcaires gris bien stratifiés recouvrent les niveaux argileux argoviens. Cette assise forme une grande partie du relief du Grand Brays et de la Patouillarde ainsi que le versant sud des Opies.
- J8-9aD. Kimmérien supérieur et Portlandien inférieur. Dolomies. Dans les Alpilles la majeure partie des dolomies paraît appartenir à ces étages. Ce sont des roches grises, disposées en bancs massifs et présentant souvent un relief ruiniforme.
- J9b. Portlandien supérieur. Calcaires. La partie supérieure du Portlandien est constituée par des calcaires lités, de faciès tithonique, affleurant surtout aux Opies et à Coste Fère, mais formant aussi la barre des Civadières, à l'Ouest de la Patouillarde.
- n1 . Berriasien. Dans les Alpilles, le Berriasien est constitué par des calcaires gris, en bancs épais, formant relief par rapport au reste du Néocomien.
- n2. Valanginien non différencié. Calcaires. L'épaisseur est d'une cinquantaine de mètres.

Les limites Est, Nord et Ouest sont constituées par les contacts avec les séries de l'Hauterivien moyen constituées d'alternance de calcaires gris à patine jaune avec des calcaires plus argileux, voire de marnes de teinte grise à jaune qui forment des imperméables relatifs.

La limite Sud est dissimulée sous des brèches calcaires constituées par les éléments cryoclastiques locaux d'éboulis de pentes et de cônes de déjection torrentiels. Ce matériel forme un glacis continu au pied du revers sud du massif des Opiès. Il fossilise le toit des cailloutis, préalablement déformés, de la Crau d'Eyguières, de la Terrasse des Glauges et de la Crau de Saint-Pierre-de-Vence.

Figure 8 : Situation hydrogéologique du massif des Opiès.



Notons que nous ne disposons d'aucun forage renseigné dans la BSS susceptible de fournir des informations plus détaillées sur ces séries géologiques.

### Propriétés des séries aquifères

Nous ne disposons pas de données sur les propriétés hydrodynamiques de ce massif.

Ceci étant, de nombreuses études scientifiques et techniques montrent qu'il s'agit d'un calcaire karstifié, polyphasé avec une première phase de karstification remontant à la formation de l'isthme durancien (phase finie crétacée).

### Modalités d'alimentation

Le massif des Opiès dispose de peu de ressources en propre.

Il ne présente pas de réseau hydrographique permanent et sa seule modalité d'alimentation correspond à l'infiltration des eaux météoriques. Avec une pluie efficace de 190 mm/an et un coefficient d'infiltration compris entre 70 et 90%, pour un impluvium de 18 km<sup>2</sup>, on peut estimer un volume annuel de recharge compris entre 2,4 et 3 Mm<sup>3</sup>/an (entre 80 et 100 l/s en débit fictif annuel).

### Modalités d'exutoire

Le massif des Opiès est réputé être drainé au Nord vers les sources de la Patouillarde et de Roquemartine (Colomb et al., 1977). La BD LISA avance la quantité de 25 l/s pour cette dernière source ; elle donnait lieu à un écoulement très faible lors de notre visite de terrain (< 10l/s). La source de la Patouillarde, la plus en amont est plus faible en débit, 2 à 4 m<sup>3</sup>/jour selon la Banque des Données du Sous-Sol (B.S.S.) gérée par le BRGM; elle donnait lieu à un écoulement très faible en fond de vallon lors de notre reconnaissance de terrain.

Dellery et al (1967) donne des estimations similaires avec un débit moyen de 27 l/s pour la source de Roquemartine et inférieur à 1/l/s pour celle de Patouillarde.

L'absence de sources permanentes de débit significatif sur le flanc Sud du massif est remarquable.

On constate ainsi un déficit d'exutoires visibles pour cette unité aquifère.

C'est un constat qui surprend peu : au vu de la disposition hydrogéologique du massif, il est possible et probable qu'une majorité des exutoires soient diffus et masqués. Ils peuvent correspondre pour partie à des eaux captées par le canal de drainage de Meyrol qui fait le tour du massif depuis la source de Roquemartine jusqu'à la plaine de la Crau. C'est une information orale non vérifiée. Une autre partie des eaux souterraines peut possiblement rejoindre directement la nappe de la Crau au travers des éboulis qui tapissent le pied des reliefs à l'Ouest d'Eyguières. C'est ce que montre la carte piézométrique avec des écoulements souterrains du Nord vers le Sud entre Eyguières et Aureille.

Au vu de la topographie des lieux et de la position du canal de Meyrol, nous proposons arbitrairement comme hypothèse une clé de répartition de 50% entre eaux souterraines drainées (sources et fossés) et eaux participant directement à la recharge de la nappe de la Crau par des venues sous-alluviales.

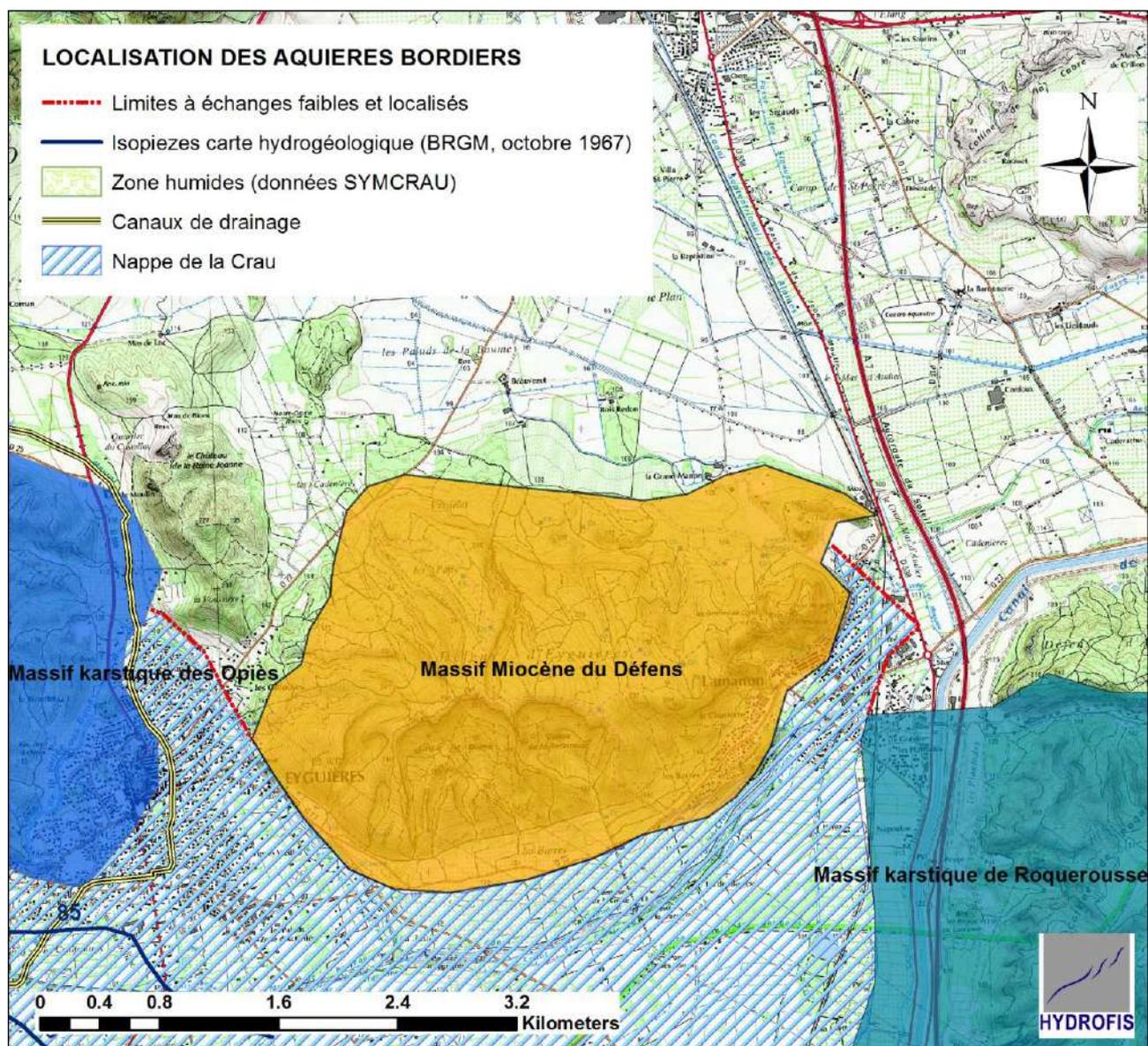
## MASSIF MIOCÈNE DU DÉFENS

### Structure géologique et limite de l'aquifère

Le massif miocène du Défens (m1) correspond principalement à la mollasse coquillière du Burdigalien (calcarénite très blanche) avec une puissance de l'ordre de 50 m. Sur le flanc Nord et Nord-Est du massif affleure une molasse calcaréo-gréseuse (m2a1) qui donne de beaux reliefs en boules.

Notons que sur tout son pourtour, ce massif est entouré d'éboulis, résidus des processus d'érosion à l'œuvre.

Figure 9 : Situation hydrogéologique du massif du Défens.



### **Propriétés des séries aquifères**

Nous ne disposons pas de données sur les propriétés hydrodynamiques de ces roches.

Par analogie avec des faciès équivalents, on peut supposer que cette molasse est relativement aquifère. Il est possible que des chenaux karstiques soient développés dans cette formation.

La BSS mentionne plusieurs forages (de 10 à 125 m de profondeur) qui donnent des informations sur les séries aquifères du Miocène sur la bordure Ouest du massif. Elles sont décrites comme des alternances entre des mollasses, des marnes sableuses, des sables fins. Il est fait mention de débit d'exploitation compris entre 2 et 60 m<sup>3</sup>/h.

### **Modalités d'alimentation**

Le massif du Défens ne présente pas de réseau hydrographique permanent et sa seule modalité d'alimentation correspond à l'infiltration des eaux météoriques.

Avec une pluie efficace de 190 mm/an et un coefficient d'infiltration compris entre 50 et 70% (fortes pentes et karstification faible), pour un impluvium de 8 km<sup>2</sup>, on peut estimer un volume annuel de recharge de l'ordre de 1 Mm<sup>3</sup>/an (environ 30 l/s en débit fictif annuel).

### **Modalités d'exutoire**

Comme pour le massif des Opiès, on observe une absence remarquable de sources permanentes de débit significatif sur les flancs du massif. Les cartes topographiques et géologiques font mention d'une source dite de St Martin mais il s'agit d'une source temporaire de faible débit.

Notons cependant sur le flanc Ouest la présence de la source Font Borne (09934X0039) qui correspond à une émergence provenant d'une faille dans le Miocène du défens de Lamanon (nord-ouest de Lamanon). Elle est captée en totalité par la ville d'Eyguières avec un débit moyen d'environ 6 l/s (Sylvestre, 2016). Il est fait mention d'une autre source dite des Fontaines dans le même secteur mais elle était tarie lors de notre visite de site. Sylvestre (2016) propose un fonctionnement de trop plein pour cette source ; il précise aussi que pour la source de Font Borne, l'apport d'eaux superficielles (canaux) dans le débit final de la source est attesté par le fait, qu'en hiver, son débit est plus faible qu'en été. Cette hypothèse semble confirmer par les analyses physico-chimiques qui montrent un faciès plus proche des eaux du canal que des eaux de l'aquifère miocène.

Il est donc possible et probable que la majorité des eaux souterraines rejoigne de façon masquée soit les alluvions de Durance au Nord, soit les cailloutis de Crau au Sud.

Notons que les données topographiques indiquent un massif relativement symétrique selon un axe Est-Ouest et que la plaine de Durance comme celle de Crau bordent le massif à des altitudes équivalentes. De plus, les études d'EDFG de 1954 sur le secteur du seuil de Lamanon montrent une relative symétrie de la nappe de la Crau et de la nappe de Durance autour de ce seuil.

Il n'y a donc aucun argument pour privilégier un exutoire par rapport à l'autre. Nous proposons donc d'appliquer une clé de répartition arbitraire de 50% quant à la destination finale des eaux souterraines qui traversent ce massif : 50% pour la nappe de Durance, 50% pour la nappe de la Crau.

## MASSIF KARSTIQUE DE ROQUEROUSSE

### Structure géologique et limite de l'aquifère

Le massif karstique dit de Roquerousse correspond à l'ensemble des séries carbonatées depuis l'Hauterivien supérieur jusqu'au Barrémien à faciès urgonien. Le mur de l'aquifère est constitué des calcaires argileux de l'Hauterivien moyen qui se signent dans le paysage par des dépressions (épaisseur d'environ 100 m).

Selon Gouvernet et al. (1971) :

- L'Hauterivien supérieur (n3c) débute généralement par un calcaire biodétritique plus ou moins glauconieux. Au-dessus viennent des calcaires gris et beiges et des marno-calcaires en miches alternant avec de minces lits marneux, puis des calcaires gris et roux en gros bancs (1er niveau calcaire), localement séparés par des joints plans argileux. La série se termine par des calcaires gris et beiges compacts microcristallins, distribués en bancs parfois épais (2ème niveau). On y observe des accidents siliceux et des hard-grounds. Les niveaux calcaires 1 et 2 sont séparés, dans le massif de Vernègues, le chaînon des Costes, le chaînon de la Fare, par des calcaires noduleux en petits bancs d'apparence marneuse déterminant dans la topographie une combe.

- Suit une formation de transition marquant un passage progressif des faciès hauteriviens à ceux de l'Urgonien (n4). On distingue généralement à la base des calcaires beiges, bruns ou roux alternant avec des calcaires argileux noduleux, dans la partie moyenne des calcaires à gros silex roux, en bancs épais ou en plaquettes et dans la partie supérieure des calcaires marneux noduleux.

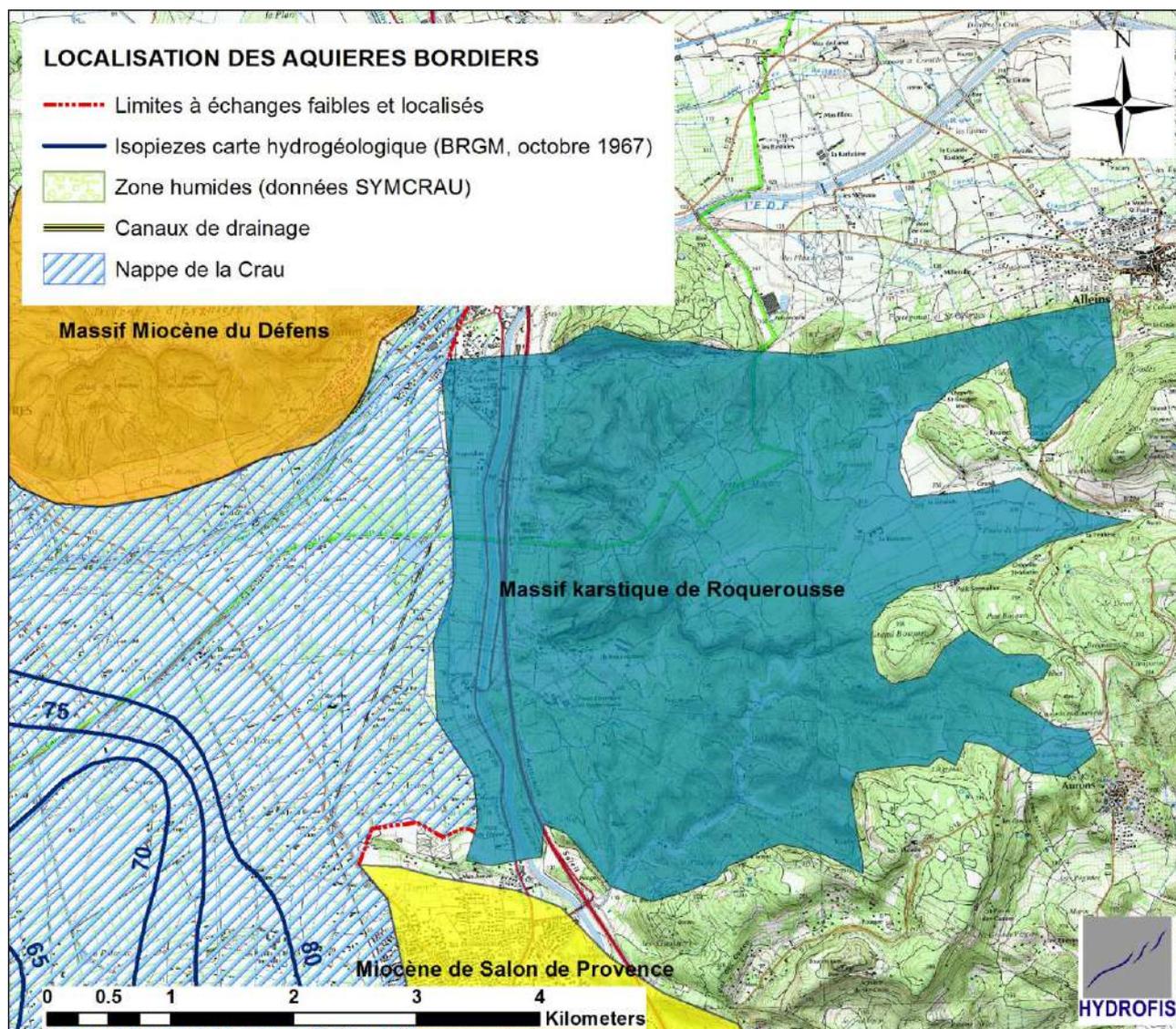
- Le Barrémien à faciès urgonien correspond à une formation bien développée dans le chaînon de la Fare-Lançon. Il est du même type que celui des Alpilles. A la base, reposant sur des calcaires à gros silex, on trouve des Calcarénites fines, à intercalations de Calcarénites grossières et à niveaux de débris de Madréporaires vers le haut. Les Rudistes sont pratiquement absents.

Les séries carbonatées aquifères sont recouvertes en discordance par des sédiments miocènes ; on observe quasi systématiquement la même séquence : au toit des calcaires urgoniens, présence de sables argileux micacés jaunes homogènes (m2a2), surmontés d'une molasse graveleuse à sableuse probablement aquifère (m2b). Au Nord de Vernègues, le tout est coiffé sur un piton par la molasse du Tortonien.

Seules les limites Ouest (cailloutis de Crau en recouvrement d'une faille N-S qui met en contact le Crétacé avec le Miocène) et Nord (faille d'Alleins) sont évidentes. Il est difficile de proposer des limites certaines pour les flancs Est et Sud sans expériences de traçage. Nous avons ici fait l'hypothèse d'une limite Sud au niveau du village d'Aurons qui correspond à la zone d'affleurement des marno calcaires de l'Hauterivien moyen. Pour la limite Est, nous avons supposé une limite centrée sur Vernègues car les séries carbonatées à l'Est sont potentiellement drainés par la vallée de la Durance au Nord.

Notons que les limites proposées correspondent à celles déterminées par Durozoy (1971).

Figure 10 : Situation hydrogéologique du massif karstique de Roquerousse.



### Propriétés des séries aquifères

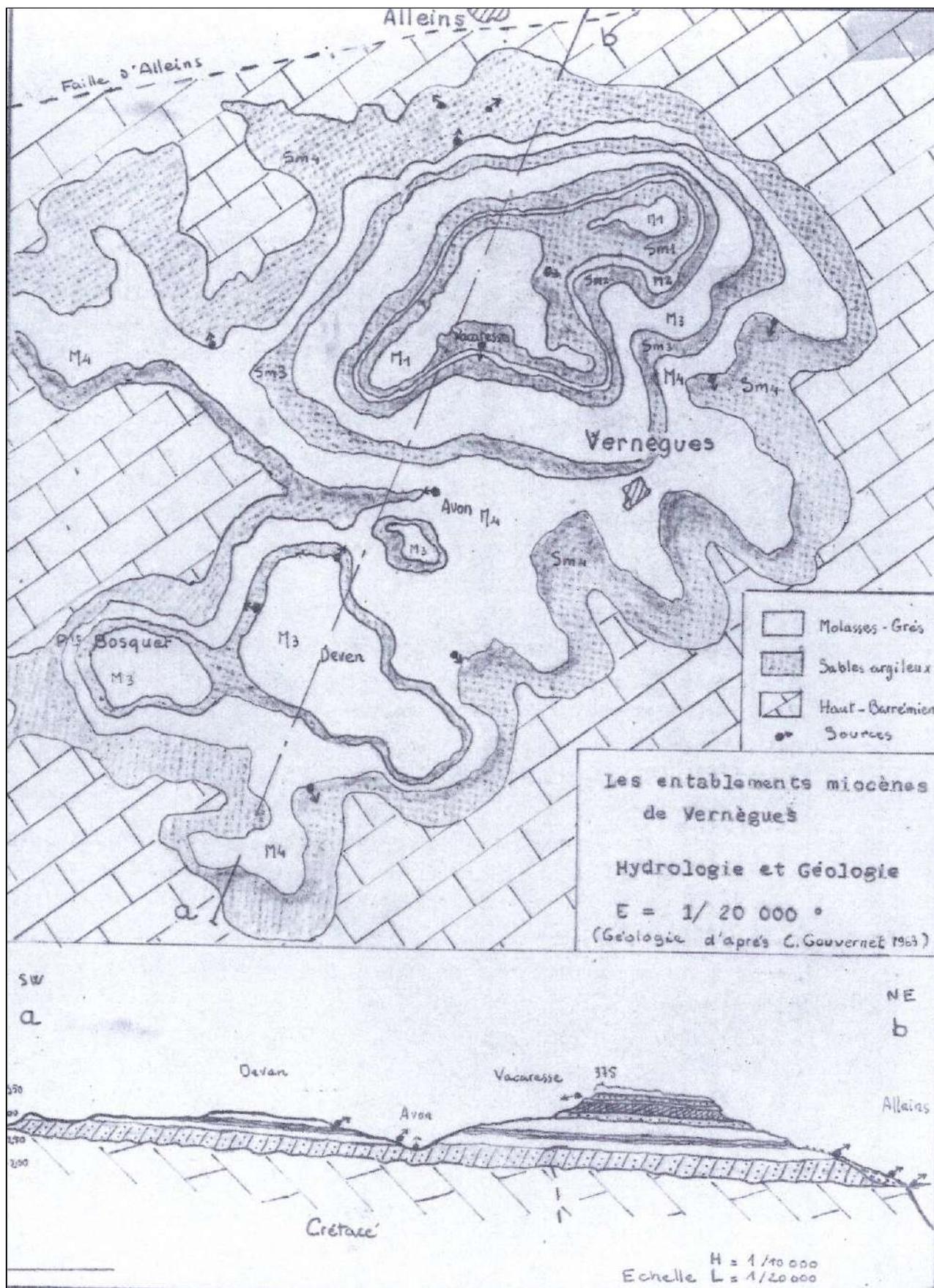
En Provence, le faciès urgonien est réputé pour sa capacité de karstification ; il est généralement associé à des aquifères karstiques de grande extension et de grande capacité (calcaires urgoniens du Gardon à l'Ouest, système de la Fontaine du Vaucluse au Nord).

Les séries de l'Hauterivien sont moins homogènes mais elles sont généralement elles-aussi karstifiées.

Il est donc très probable que ce massif soit karstifié en grand.

C'est ce que montre la plaine de Sonnailler qui correspond à un vaste poljé (dépression karstique rempli des résidus de décalcification des roches carbonatées) orienté Est-Ouest, et dont l'exutoire est situé sur son extrémité occidentale (gorges du Vabré).

Figure 11 : Contexte hydrogéologique des plaquages miocènes du massif de Roquerousse (Cova, 1965).



### Modalités d'alimentation

Ce massif correspond à un kart binaire.

La principale alimentation de ce massif correspond à l'infiltration des eaux de pluie sur les surfaces à l'affleurement (environ 15 km<sup>2</sup>). Avec une pluie efficace de 190 mm/an et un coefficient d'infiltration compris entre 70 et 90%, pour un impluvium de 15 km<sup>2</sup>, on peut estimer un volume annuel de recharge compris entre 2 et 2,5 Mm<sup>3</sup>/an (entre 60 et 80 l/s en débit fictif annuel).

Ceci étant, le karst est aussi alimenté par les eaux de surface qui ruissellent sur les matériaux de couverture moins perméables (séries quaternaires et miocènes) et qui vont s'infiltrer au passage sur les calcaires urgoniens. C'est une observation qui avait déjà été faite par Cova (1965) : « *les écoulements qui sortent du Miocène à la faveur de niveaux imperméables du Schlier se perdent dès qu'ils passent sur le substrat calcaire* ».

On peut estimer pour les bassins versant contributifs une surface de l'ordre de 5 km<sup>2</sup>. Avec une pluie efficace de 190 mm/an et si on considère que 90% des eaux ruisselées sur le Miocène seront infiltrées dans le karst au droit de pertes en fond de vallon, on peut estimer un volume annuel de recharge de l'ordre de 1 Mm<sup>3</sup>/an pour ces apports indirects (de l'ordre de 30 l/s en débit fictif annuel).

Soit un cumul compris entre 3 et 3,5 Mm<sup>3</sup>/an.

### Modalités d'exutoire

Le massif de Roquerousse a quelques exutoires identifiés. Il s'agit principalement de la source des Aubes, aménagée et longtemps captée pour la ville de Salon-de-Provence et des sources de Richebois et de Faure. Il s'agit de sources que l'on observe sur la bordure de la plaine de Crau mais dont le faciès hydrogéochimique avait suffi à rattacher leur origine au karst urgonien.

Selon Gravost (2006), la productivité de la source des Aubes, qui correspond à un puits à drains rayonnant, est mal déterminée. Il fait mention de données historiques avec un débit moyen variant de 45 à 90 l/s. Ceci étant, depuis 2000, en étiage, lorsque le puits est sollicité par pompage à environ 20 l/s, il tarit.

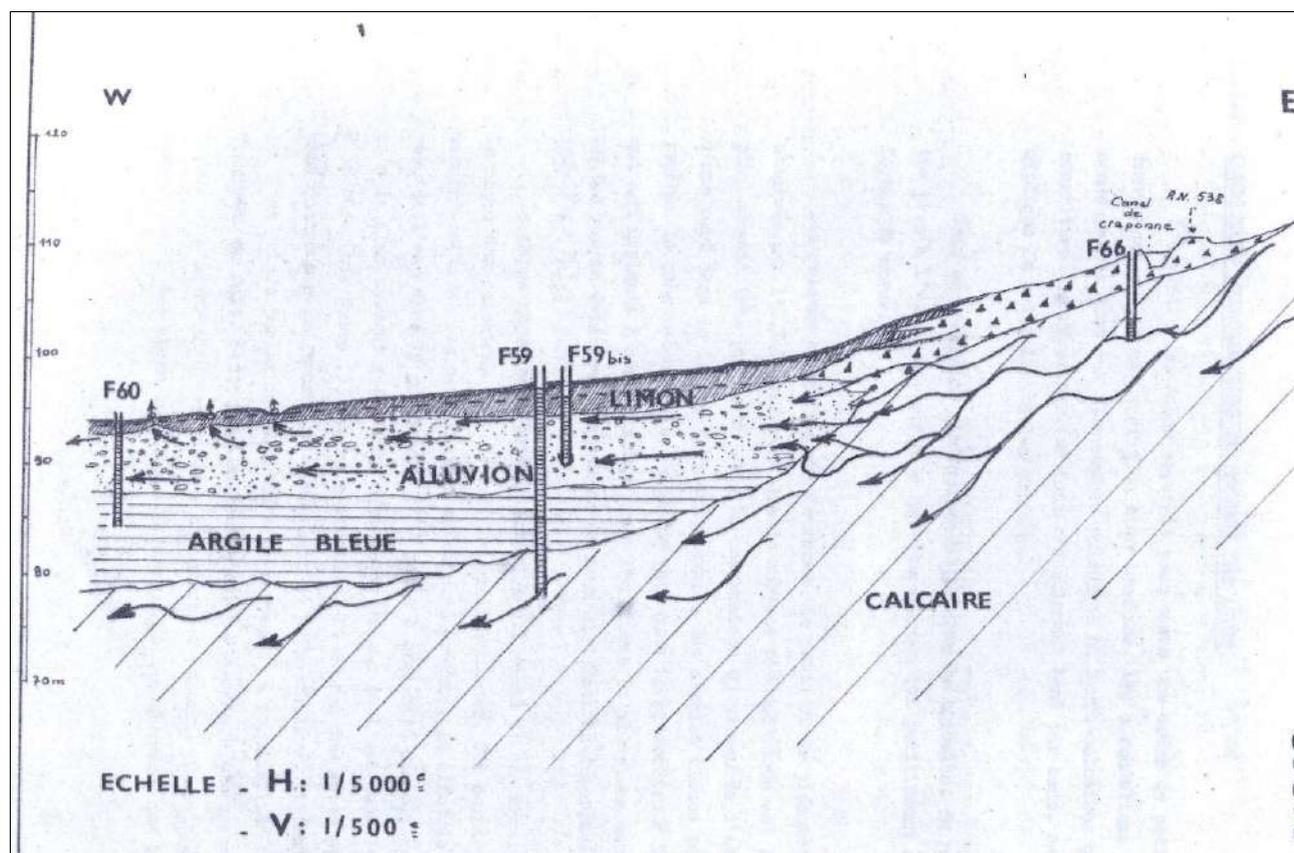
Notons qu'il n'est pas connu d'exutoire au Nord de la faille d'Alleins (bordure Nord) ni dans le vallon du Vabre qui reste sec en dehors des épisodes pluvieux importants (bordure Sud). La bordure Est est elle aussi exempte de sources significatives et permanentes.

Cette situation est cohérente avec la situation topographique du massif. Les bordures Nord et Est présentent des altitudes comprises entre 200 et 250 m NGF ; seule la bordure Sud (vallon du Vabre) s'étage entre 120 et 160 m NGF. Mais la Plaine de Crau qui borde à l'ouest le massif présente une altitude d'environ 100 m NGF. Il est donc logique que les eaux souterraines soient drainées vers cette bordure.

On peut donc supposer que la majorité des eaux souterraines est dirigée soit vers les sources du secteur des Aubes, soit vers la nappe de la Crau. C'est une hypothèse soutenue par de nombreux auteurs, dont Cova (1965) qui avait proposé un bel écorché paléogéographique qui montre que ce massif est en contact avec les cailloutis de Crau sur de grandes superficie et que la karstification a été orientée au Messinien vers une ria très profonde localisée sous la nappe de la Crau.

Au vu de cette configuration hydrogéologique, nous proposons une clé de répartition avec 80% d'écoulements masqués vers la nappe de la Crau et 20% pour les sources en Plaine.

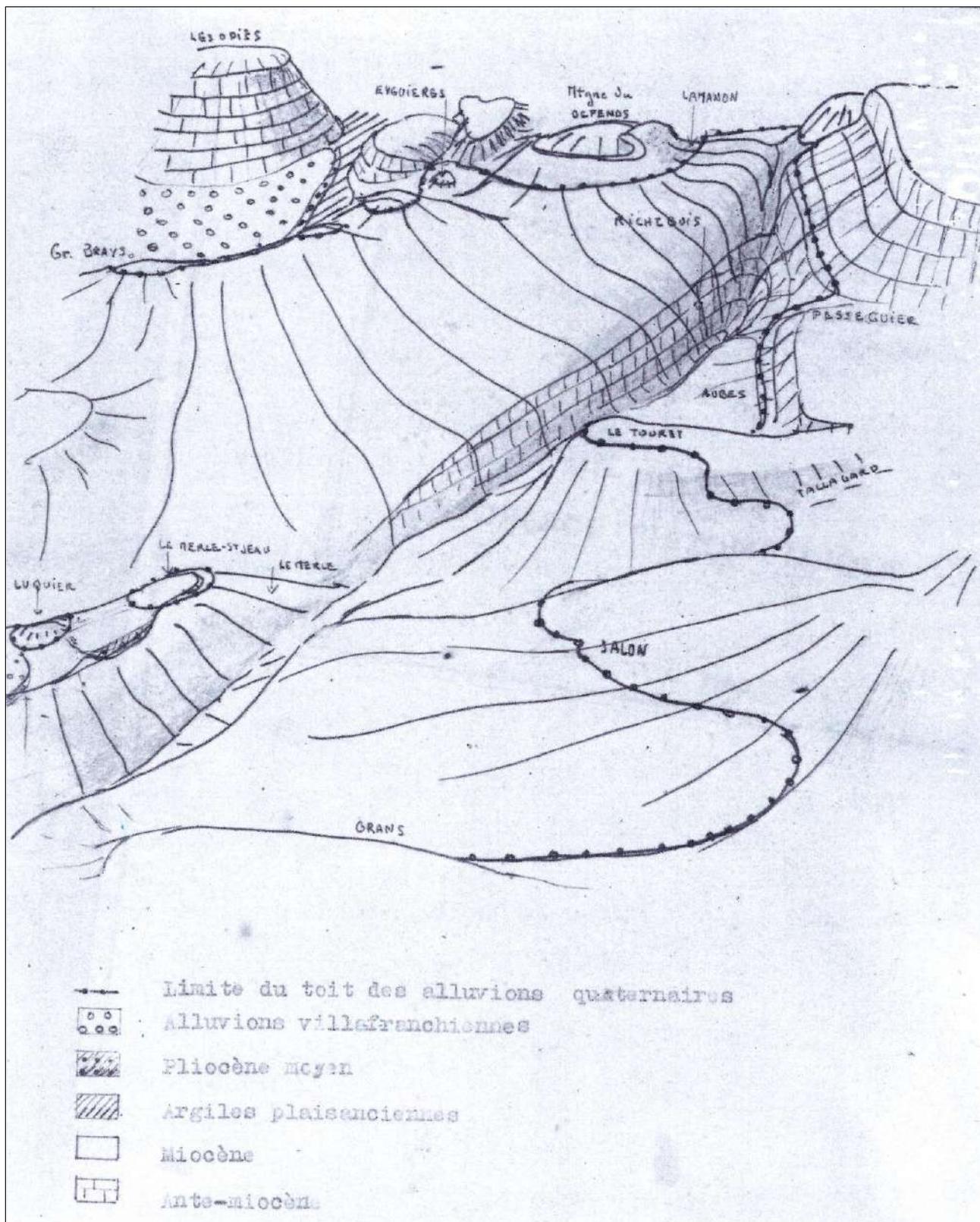
Figure 12 : Contexte hydrogéologique des sources des Aubes (Cova, 1965).



L'étude d'Archambault (1950) avait permis d'observer une zone de recharge par les massifs calcaires environnants ; cette recharge avait été estimée par un calcul de Darcy à environ 750 l/s en utilisant les gradients de charge locaux et les transmissivités de la carte hydrogéologique (Albinet et al., 1969). C'est une valeur que l'on peut juger excessive au regard des modalités d'alimentation du karst qui permettent d'estimer un débit fictif d'alimentation compris entre 100 et 200 l/s.

C'est une considération soutenue par les travaux d'Archambault (1951) qui estimait alors un flux compris entre 500 et 1 000 l/s pour l'alimentation de la nappe de la Crau par tous les massifs de bordure.

Figure 13 : Ecorché paléogéographique fin messinien de la Plaine de la Crau dans le secteur de Salon (Cova, 1965).



## MIOCENE DE SALON DE PROVENCE

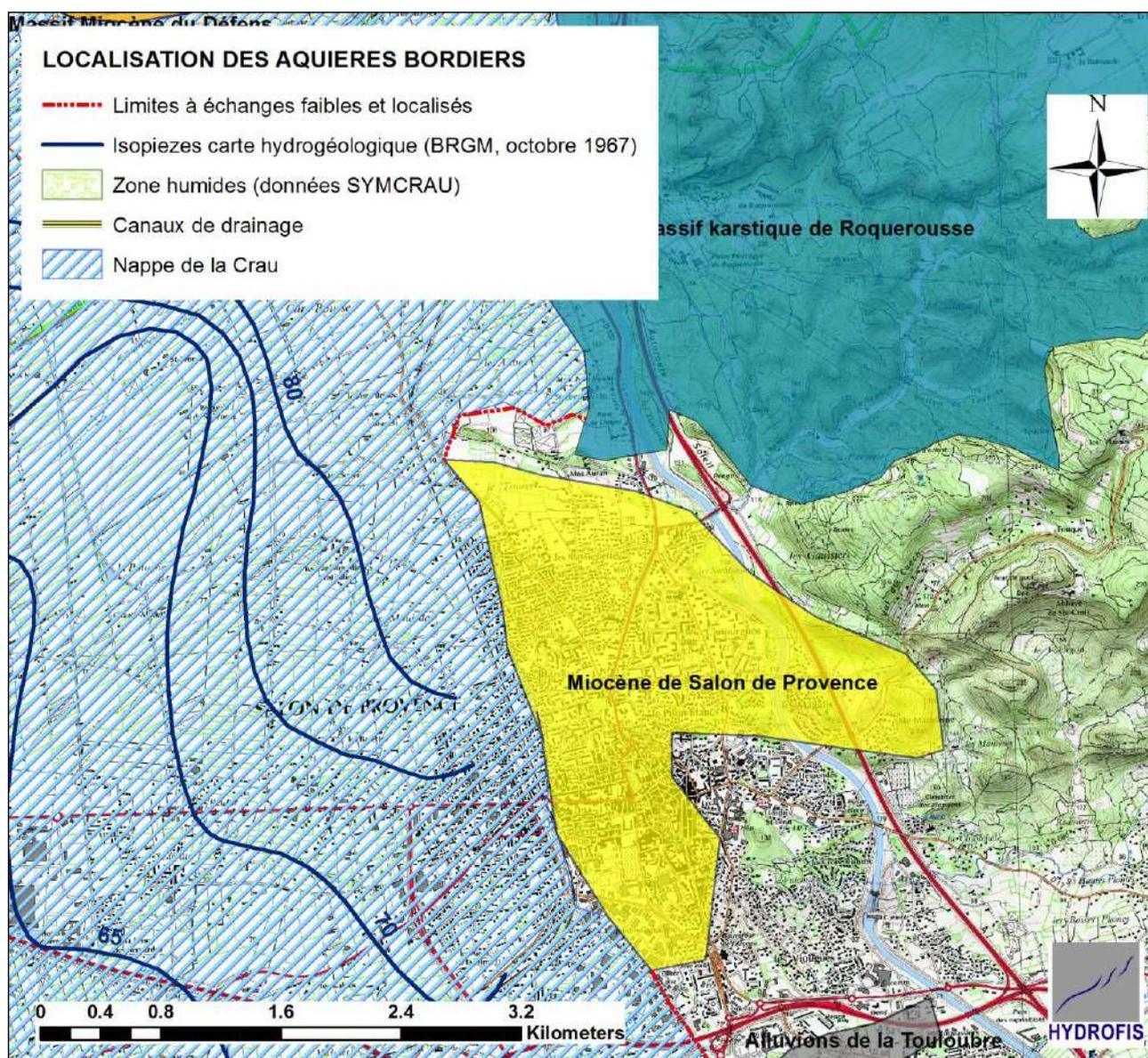
### Structure géologique et limite de l'aquifère

La ville de Salon est construite pour partie sur le flanc Nord d'un anticlinal qui amène la molasse du Tortonien marin à l'affleurement. Il s'agit d'une vingtaine de mètres d'une calcirudite (calcaires sableux) à texture vacuolaire (faciès molassique) et à stratification entrecroisée. Notons que ces séries sont majoritairement recouvertes par des éboulis et colluvions quaternaires.

Au Nord et à l'Est, elles sont au contact avec les séries de l'Helvétien terminal (marnes sableuses et marnes micacées, grès et sables glauconieux), réputées plus hétérogènes et moins perméables. Cova (1965) mentionne la présence de nappes captives dans ces horizons mais leur faible extension limite la puissance de ces nappes.

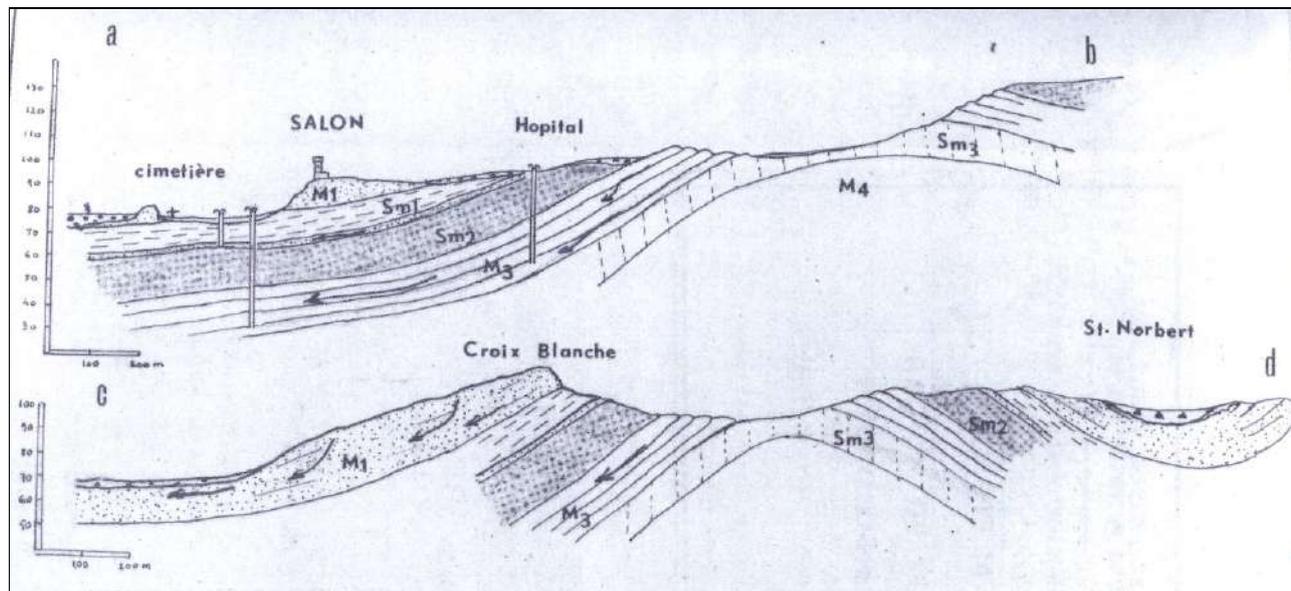
A l'Ouest, les séries molassiques du Tortonien s'envoient sous les cailloutis quaternaires.

Figure 14 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Salon de Provence.



La description la plus détaillée de la structure géologique locale est donnée par Cova (1965). Il décrit une série plissée avec un anticlinal sous la ville de Salon et un redressement des couches sur la bordure Nord.

Figure 15 : Contexte hydrogéologique du Miocène de Salon (Cova, 1965).



La BSS fait mention de plusieurs forages ou sondages qui décrivent les séries soit par des calcaires coquilliers jaunes et roux aquifères (jusqu'à 4 m<sup>3</sup>/h en production) soit par des sables argileux peu perméables.

### Propriétés des séries aquifères

Des observations sur déblais ont mis en évidence l'existence de chenaux karstiques (Cova, 1965).

Cova (1965) cite des essais qui auraient permis de déterminer une perméabilité moyenne entre 10<sup>-6</sup> et 10<sup>-7</sup> m/s mais avec des observations de pertes totales (passées localement très perméables, jugées probablement comme karstifiées).

Ces observations confortent le caractère hétérogène de cette formation.

### Modalités d'alimentation

L'alimentation de la molasse peut avoir deux origines :

- L'infiltration des eaux de pluie.
- La perte des réseaux d'adduction en eau potable.

Concernant le premier type d'alimentation, si on considère un impluvium d'environ 5 km<sup>2</sup>, une pluie efficace de 170 mm et un coefficient d'infiltration de l'ordre de 30% seulement (séries peu perméables en zone urbaine), on peut proposer un flux d'alimentation annuel de l'ordre de 250 000 m<sup>3</sup>/an (soit un débit fictif continu de l'ordre de 8 l/s).

Pour les pertes des réseaux, si on considère des pertes de l'ordre de 20% sur les volumes distribués pour une ville d'environ 45 000 habitants avec un consommation moyenne de l'ordre de 130 l/j par

équivalent habitant, le volume qui retourne aux milieux naturels est d'environ 2 Mm<sup>3</sup>/an. Il est difficile de localiser les pertes et donc de proposer un argumentaire sur les pertes susceptibles d'alimenter la molasse miocène. On peut juste constater que la molasse miocène est localisée sous environ 50% de la zone urbaine. On peut donc proposer comme hypothèse très approximative que les pertes des réseaux contribuent pour environ 40 à 60 % (soit entre 0.8 et 1,2 Mm<sup>3</sup>/an) à l'alimentation de la molasse miocène.

Au vu des hypothèses développées, on peut donc proposer un flux d'alimentation compris entre 1 et 1,5 Mm<sup>3</sup>/an (soit un débit fictif continu compris entre 30 et 50 l/s).

### **Modalités d'exutoire**

La molasse miocène n'a pas d'exutoire connu.

Cependant, au vu de la configuration hydrogéologique, à savoir :

- Bordure Nord correspond à un contact anormal avec les séries moins perméables de l'Helvétien.
- Bordure Sud correspondant une remontée anticlinal des séries moins perméables de l'Helvétien.

Il est logique de proposer la nappe de la Crau sur sa bordure Ouest comme seule destination possible pour les eaux souterraines infiltrées dans la molasse.

C'est une hypothèse a priori confirmée par les mesures piézométriques réalisées par Cova (1965) qui permettent de proposer un écoulement globalement Est-Ouest dans la molasse du Tortonien.

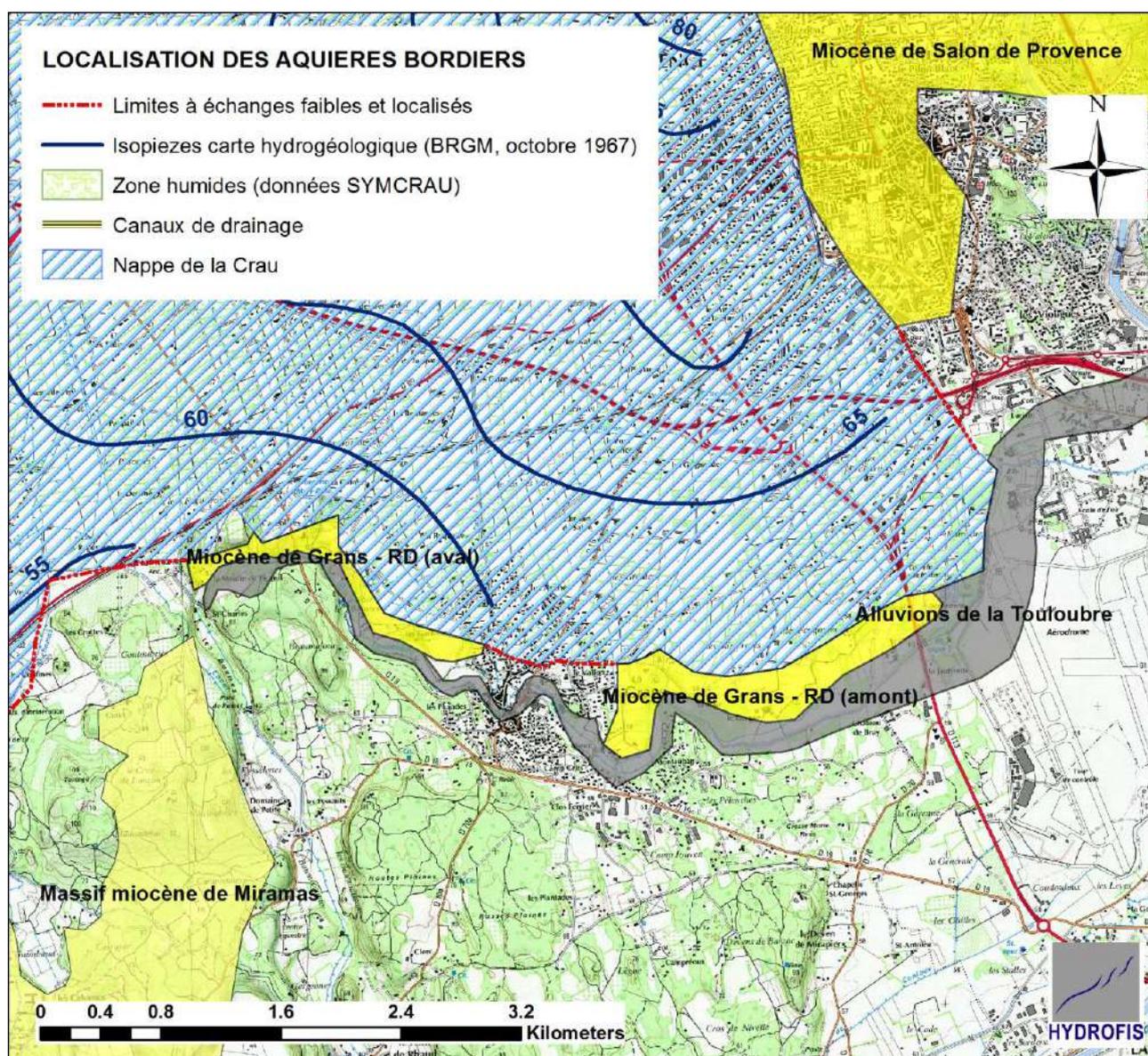
## MIOCENE DE GRANS

### Structure géologique et limite de l'aquifère

Dans le secteur de Grans, les séries du Miocène affleurent à la même altitude que les cailloutis de Crau. Elles sont entaillées par la Touloubre au Sud. Elles sont ainsi positionnées en relais hydraulique entre les cailloutis de Crau et l'appareil alluvial de la Touloubre situé en contrebas topographique de la plaine de la Crau.

Selon la nature des séries, il faut distinguer les molasses du Tortonien marin, aquifères, que l'on observe à l'amont et à l'aval du village, des marnes sableuses de l'Helvétien peu perméables que l'on observe au droit du village.

Figure 16 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Grans.



### **Propriétés des séries aquifères**

Nous ne disposons pas de données sur les propriétés hydrodynamiques de ces roches.

Cette molasse est réputée aquifère avec un certain potentiel de karstification. C'est ce que montre clairement la source de Marie-Rose qui concentre des écoulements significatifs (de l'ordre de 30 l/s en moyenne annuelle) et les observations dans les falaises avoisinantes.

### **Modalités d'alimentation et d'exutoires**

Les affleurements de Miocène aquifère sont peu étendus (environ 1 km<sup>2</sup>). Ces séries ne possèdent donc quasiment pas de ressources en propre (débit fictif d'alimentation par infiltration des eaux de pluie inférieur à 10 l/s).

Leur seule intérêt hydrogéologique est de servir de relais hydraulique entre la nappe de la Crau et l'appareil alluviale de la Touloubre.

Cova (1965) estime le remplissage alluvial à un maximum d'environ 10 mètres et décrit les alluvions comme relativement fines et peu perméables. C'est un avis cohérent avec la prépondérance des séries miocènes dans le bassin versant et la faible compétence du cours d'eau. La BSS présente un seul forage renseigné dans le corps alluvial ; les séries sont décrites comme des alluvions fines à dominante sableuse (9,4 m d'épaisseur) en recouvrement des calcaires coquilliers miocènes.

Notons qu'il est très difficile d'estimer le flux d'alimentation en provenance des cailloutis de Crau. En effet, à l'exutoire visible que constitue la source de Marie-Rose, il est possible et probable que s'additionnent des flux diffus et masqué de la nappe de la Crau vers l'appareil alluvial de la Touloubre.

Seuls des jaugeages différentiels en période hivernale permettraient d'estimer la contribution de la nappe au débit de la Touloubre hors période d'irrigation. Nous ne disposons pas de telles mesures.

Les simulations réalisées par le BRGM évaluent un débit de sortie de l'ordre de 50 l/s sur cette limite de la nappe de la Crau (Berard et al., 1995) mais ne présentent pas d'arguments sérieux pour soutenir cette estimation.

## MASSIF MIOCENE DE MIRAMAS

### Structure géologique et limite de l'aquifère

Le massif miocène de Miramas correspond aux séries du Tortonien marin. Il s'agit d'une vingtaine de mètres d'une calcirudite (calcaires sableux) à texture vacuolaire (faciès molassique) et à stratification entrecroisée.

Globalement, il s'agit d'une vaste structure monoclinale à pendage faible (<20°) vers l'Ouest. On observe donc un ennoisement de ces séries sous les cailloutis de Crau. Les limites Est-Nord et Sud correspondent soit aux limites d'érosion du plateau (falaises) soit à des remontées des marnes micassées du toit de l'Helvétien sous-jacent, probablement à la faveur d'axes anticlinaux secondaires.

### Propriétés des séries aquifères

Nous ne disposons pas de données sur les propriétés hydrodynamiques de ces roches. Notons la présence de cavités dans ces roches qui témoignent d'un potentiel de karstification certain.

La BSS fait mention de quelques forages bien renseignés. Les séries sont systématiquement décrites comme des calcaires coquilliers jaunes aquifères (débits d'exploitation reportés entre 2 et 8 m<sup>3</sup>/h). Notons aussi la présence d'un forage qui trouve la molasse sous 11 m de cailloutis de Crau ; des essais à l'air lift avait permis d'estimer un débit d'environ 15 m<sup>3</sup>/h pour les seuls passées molassiques.

### Modalités d'alimentation

L'alimentation de la molasse peut avoir deux origines :

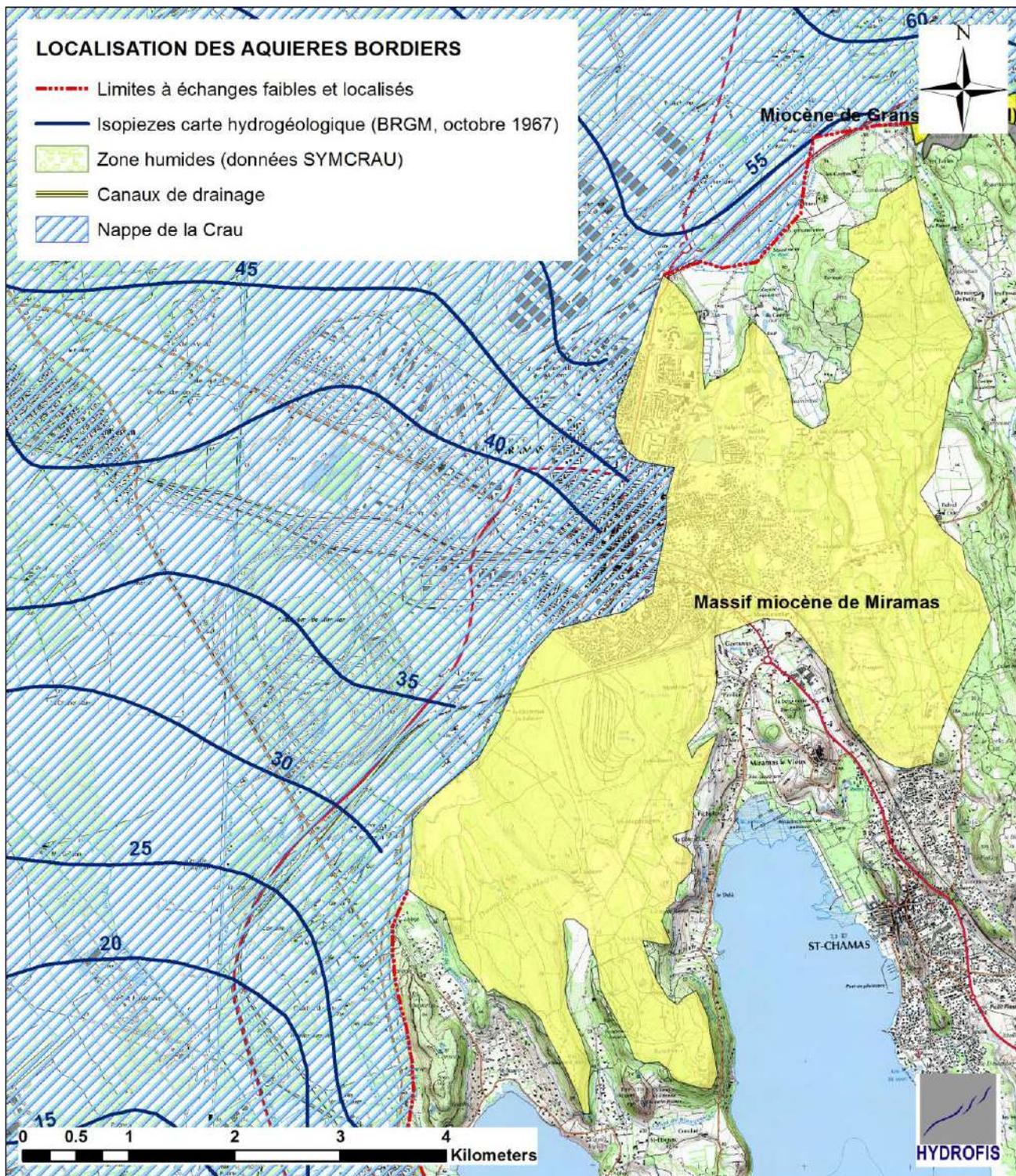
- L'infiltration des eaux de pluie.
- La perte des réseaux d'adduction en eau potable.

Concernant le premier type d'alimentation, si on considère un impluvium d'environ 18 km<sup>2</sup>, une pluie efficace de 150 mm et un coefficient d'infiltration de l'ordre de 70% seulement (séries peu perméables, partiellement en zone urbaine), on peut proposer un flux d'alimentation annuel de l'ordre de 1,8 Mm<sup>3</sup>/an (soit un débit fictif continu de l'ordre de 60 l/s).

Pour les pertes des réseaux, si on considère des pertes de l'ordre de 20% sur les volumes distribués pour une ville d'environ 25 000 habitants avec un consommation moyenne de l'ordre de 130 l/j par équivalent habitant, le volume qui retourne aux milieux naturels est d'environ 1 Mm<sup>3</sup>/an. Il est difficile de localiser les pertes et donc de proposer un argumentaire sur les pertes susceptibles d'alimenter la molasse miocène. On peut juste constater que la molasse miocène est localisée sur seulement 20% de la zone urbaine. On peut donc proposer comme hypothèse très approximative que les pertes des réseaux contribuent pour environ 10 à 30 % (soit entre 0.1 et 0.3 Mm<sup>3</sup>/an) à l'alimentation de la molasse miocène.

Au vu des hypothèses développées, on peut donc proposer un flux d'alimentation de l'ordre de 2 Mm<sup>3</sup>/an (soit un débit fictif continu d'environ 60 l/s).

Figure 17 : Situation hydrogéologique des affleurements miocènes de la région de Miramas.



### Modalités d'exutoire

Ce massif de ne dispose pas d'exutoires connus.

Il présente un pendage global de 10 à 15° vers l'Est ou le Nord-Est. On a donc une structure qui s'enfouit sous les cailloutis de Crau qui la recouvrent en discordance. Il faut rappeler qu'à la fin du Miocène existait plus à l'Ouest une ria qui devrait servir d'exutoire aux écoulements souterrains de ce massif (Besson, 2005).

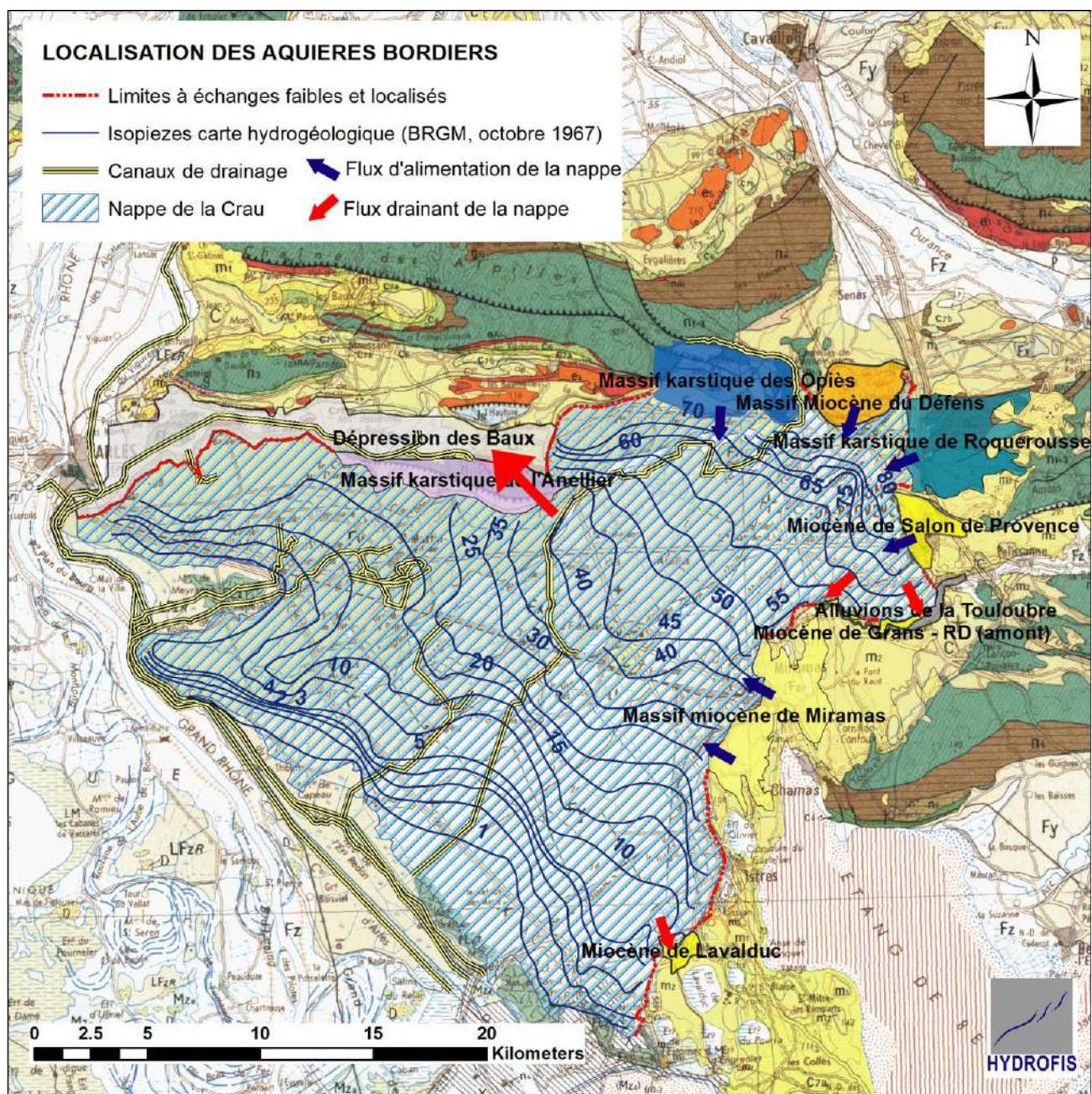
Au vu de cette disposition hydrogéologique, il est possible et probable que le seul exutoire important de cet aquifère soit la nappe de la Crau.

### III . IMPLICATIONS POUR LA MODELISATION

#### BILAN

La figure ci-dessous présente une vision spatialisée des échanges supposés entre nappe de la Crau et aquifères bordiers :

Figure 18 : Synthèse cartographique des échanges entre nappe de Crau et aquifères bordiers.



Le tableau ci-dessous rappelle les principaux résultats en termes d'échanges potentiels entre nappe de Crau et aquifères bordiers :

Figure 19 : Synthèse des échanges entre nappe de Crau et aquifères bordiers.

Massif	Nature des flux pour la nappe de la Crau	Estimation des flux « actuels » (débit fictif continu)
<b>Partie occidentale de la Dépression des Baux</b>	Drainants mais faibles et localisés	Négligeables dans le processus de modélisation
<b>Massif karstique de l'Anellier</b>	Drainant	De l'ordre de 30 Mm <sup>3</sup> /an (estimation peu fiable)
<b>Partie orientale de la Dépression des Baux</b>	Drainants mais faibles et localisés	Négligeables dans le processus de modélisation
<b>Massif karstique des Opiés</b>	Alimentant	De l'ordre de 1 à 1,5 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Massif miocène du Défens</b>	Alimentant	De l'ordre de 0.5 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Massif karstique de Roquerousse</b>	Alimentant	Entre 2,5 et 3 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Molasse miocène de Salon de Provence</b>	Alimentant	Entre 1 et 1,5 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Molasse miocène de Grans</b>	Drainant	Environ 1 Mm <sup>3</sup> /an pour la source Marie-Rose, inconnus pour les venues sous-alluviales
<b>Molasse miocène de Miramas</b>	Alimentant	Environ 2 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Bordure Nord-Ouest de l'étang de Lavalduc</b>	Drainant	Estimation peu fiable d'environ 3 Mm <sup>3</sup> /an

Au global, les flux « perdants » de la nappe de la Crau au profit d'aquifères bordiers seraient comprises entre 30 et 40 Mm<sup>3</sup>/an (fortes incertitudes sur les pertes au profit de l'appareil alluvial de la Touloubre).

Les flux « gagnants » pour la nappe sont plus faibles (compris entre 7 et 10 Mm<sup>3</sup>/an selon nos estimations).

## RECOMMANDATIONS

Cette étude vise à produire des recommandations opérationnelles pour la modélisation hydrodynamique développée dans le cadre du projet SINERGI.

Il est important de rappeler qu'actuellement, la recharge de la nappe se fait majoritairement par infiltration des excès des eaux d'irrigation destinées au foin de Crau. Cet apport à la nappe est estimé entre 150 et 250 Mm<sup>3</sup>/an. De même, les flux de nappe qui participent à l'alimentation des Marais sur la bordure Sud de l'aquifère sont estimés à environ 150 Mm<sup>3</sup>/an.

Au vu de ces ordres de grandeur, on peut donc considérer comme secondaires, voire anecdotique, la représentation des flux d'alimentation de la nappe de Crau par les aquifères bordiers dans les conditions hydrauliques actuelles. Il nous semble par contre essentiel de bien représenter les flux drainants, notamment ceux du massif de l'Anellier.

Ceci étant, le projet SINERGI vise à appréhender les comportements de nappe pour des situations potentiellement très éloignées des conditions hydrauliques actuelles. Il peut s'agir de représentations de deux extrêmes :

- Une situation non-influencée par les usages anthropiques (ni prélèvements, ni recharge par excès d'eau agricole).
- Une ou des situations avec une augmentation des prélèvements et une diminution de la recharge (nappe sur-sollicitée).

Au vu de ces considérations, il nous semble nécessaire d'intégrer les échanges aux limites de la nappe avec ces aquifères bordiers ; ces flux pourraient se révéler de première importance dans certaines configurations hydrodynamiques à explorer.

### QUELLE REPRESENTATION POUR LES FLUX D'ALIMENTATION ?

Deux options sont possibles pour la représentation des limites d'alimentation :

- Une représentation par une limite à charge constante avec un potentiel imposé déduit des mesures et cartes piézométriques disponibles.
- Une représentation explicite de l'aquifère bordier dans sa géométrie actuelle. On attribue alors des propriétés hydrodynamiques supposées et on simule les apports d'eau par l'imposition d'une recharge déduite des mesures hydrométéorologiques (P et ETP).

Nous recommandons la mise en œuvre de la deuxième option. Elle permet de contrôler les flux entrants dans le domaine modélisé et d'éviter les artefacts de suralimentation en cas de baisse importante de piézométrie dans une configuration hydrodynamique défavorable (nappe sur-sollicitée).

Au regard de la littérature scientifique et technique et des données acquises sur des aquifères de nature équivalente, nous proposons les paramètres hydrodynamiques suivants pour les aquifères bordiers :

Figure 20 : Proposition de paramètres hydrodynamiques pour les aquifères bordiers.

Aquifère	K (m/s)	Ne (adimensionnel)
Carbonaté karstifié	$10^{-4}$	1%
Molasse miocène	$10^{-5}$	5%

Notons qu'une telle modalité d'intégration des aquifères bordiers dans le processus de modélisation aura pour principal avantage de bien représenter/contrôler les flux d'alimentation vers la nappe de la Crau. Ceci étant, la piézométrie simulé dans ces aquifères sera sans valeur et ne pourra donner lieu à aucune conclusion robuste (processus de simulation de type poreux homogène pour des écoulements dans des milieux discontinus ou hétérogènes, de type fissuré ou karstique).

### QUELLE REPRESENTATION POUR LES FLUX DRAINANTS ?

De nouveau, deux options sont possibles pour la représentation des limites d'alimentation :

- Une représentation par une limite à charge constante avec un potentiel imposé déduit des mesures et cartes piézométriques disponibles. Cette limite peut être introduite à l'interface entre l'aquifère bordier et les cailloutis de Crau ou décalée spatialement pour bien représenter les phénomènes « inertiels » qui affectent les aquifères bordiers, moins perméables en grand que les cailloutis de Crau.
- Une représentation explicite de l'aquifère bordier dans sa géométrie actuelle avec l'introduction de pompage fictif censé représenter les flux drainants.

Nous recommandons la mise en œuvre de la première option.

L'introduction de forages fictifs est périlleuse car elle suppose la connaissance précise des flux « perdus » par la nappe de la Crau et leur estimation en cas de modification importante de la piézométrie de la nappe. Il nous semble qu'une telle connaissance n'est pas acquise et serait difficile à acquérir.

Dans un souci de bonne représentation des flux et de leur temporalité, nous recommandons une représentation explicite des aquifères bordiers drainants dans leur géométrie actuelle et une imposition de limites à charge constante sur leur bordure en contact avec des hydro systèmes superficiels :

- Massif karstique de l'Anellier – Ligne d'eau des Marais des Baux.
- Molasse miocène de Grans – Ligne d'eau de la Touloubre.
- Bordure Nord-Ouest de l'étang de Lavalduc – Ligne d'eau de l'étang.

Une telle représentation devrait assurer une pseudo-réalité aux flux simulés que ce soit dans des scénarios de forte baisse ou de forte hausse de piézométrie de la nappe de la Crau.

Nous proposons de conserver les paramètres hydrodynamiques décrits ci-dessus. Pour le cas plus complexe du secteur de Grans, on peut en première intention supposer des paramètres du même ordre de grandeur pour la molasse miocène et pour les alluvions de la Touloubre.

## IV . REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Albinet, M., Bonnet, M., Colomb, E., Cornet, G., 1969** - Carte hydrogéologique de la France. 993-1019, Istres-Eyguières, Plaine de la Crau. 1/50000.

**Archambault, J., 1950** - Note sur le mécanisme hydraulique du seuil de Lamanon (Rapport inédit No. R122). BURGEAP.

**Archambault J., 1951** – La nappe de la Crau. Etude pour le compte du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme. 30p.

**Arnaud-Fassetta, G., 1998** - Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône. Thèse, Université d'Aix-Marseille I, 329 pp.

**Berard P., Daum J.R., Martin J.C.; 1995** - « MARTCRAU » : Actualisation du modèle de la nappe de la Crau. ; Rapport BRGM n° R 38199.

**Besson, D., 2005** - Architecture du bassin rhodano-provençal miocène (Alpes, SE France). Relations entre déformation, physiographie et sédimentation dans un bassin molassique d'avant-pays (Thèse de doctorat). Paris, ENMP. 449 p.

**Besson D., O.Parize, J.L. Rubino, JeJ.P. Aguilar, M.P. Aubry, B.Beaudoin, W.A. Berggren, G. Clauzon, P. Crumeyrolle, Y.Dexcoté, N. Fiet, S.Iaccarino, G. Jiménez-Moreno, C. Laporte-Galab, J. Michaux, K. von Salis, Jean-Pierre Suc, J.Y. Reynaud, R. Wernli, 2005** - Un réseau fluvial d'âge Burdigalien terminal dans le Sud-Est de la France : remplissage, extension, âge, implications. C. R. Geoscience 337 (2005) 1045–1054.

**Biscaldi R., 2006** - Aquifères et eaux souterraines en France. Tome 2 : La Crau ; BRGM Editions, Ouvrage Collectif sous la Direction de J.C. Roux, p. 734-737.

**Bossy G., 1965** - Documents sur la nappe alluviale de la Basse Durance et de la Crau. 1953-1962; Institut de Géologie CERGA, Université de Montpellier II, Faculté des Sciences, en association avec l'Université d'Aix Marseille. 53 p.

**BRGM, 1970** - Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du sud-est de la France. Fascicule 12 : La Crau; Rapport n°70 SGN 158 PRC.

**BRGM, 1972** - Modèle mathématique transitoire-Carte des transmissivités Annexe III. Rapport BRGM n°72 SGN 022 PRC-JAL

**BRGM, 1973** - Nappe de la Crau-Annexe Méthodes d'analyses, législations, liste des prélèvements et des analyses. Rapport BRGM n°73 SGN 76 PRC

**BRGM, 1973** - Nappe de la Crau-Etude des pollutions-Mesures d'Octobre 1972 Résultats et essais d'interprétation. Rapport BRGM n°73 SGN 068 PRC.

**Charbonnier P., Durozoy G., Gouvernet C., Margat J., 1963** – Données sur la géologie sous-marine et littorale de la partie orientale du Golfe de Fos. Interprétation d'une campagne de sondages en mer. Rapport BRGM n° DGSR63A2, 26 p.

**Charbonnier P., Durozoy G., Gouvernet C., Margat J., 1963** - Etude de la nappe de la Crau. Résultats de la première campagne de sondages (1962). Rapport BRGM n° DGSR 63 A28.

- Clauzon G., 1982** – Le canyon messinien du Rhône : une preuve décisive du « dessicated deep-basin model » (Hsu, Cita et Ryan, 1973), Bull Soc. Geol. France, (7), XXIV, 3, p 597-610.
- Colomb E., Roux R., 1986** - La Crau, histoire Plio-Pléistocène. In: Méditerranée, troisième série, tome 58, 3, p. 31-42..
- Colomb E., Gieu G., Masse J.P., Rouire J., Roux M., Damiani L., Durozoy G., Putallaz J., 1975** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 de Istres; Document BRGM, 47 p.
- Colomb E., Roux R., 1978** - La Crau. Nouvelles données et interprétations. Géologie méditerranéenne, Tome 5, p. 303-324.
- Colomb E., Servais J., L'Homer A., Masse J.P., Rousset C., Roux R.M. , Rouire J., Damiani L., Durozoy G., 1977** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 d'Eyguières. Document BRGM, 30 p.
- Cova, R., 1965** - Etude hydrogéologique de la partie septentrionale de la Crau et des reliefs de bordure (Thèse). Université de Montpellier, Montpellier.
- Dellery, B., Durozoy, G., Forkasiewicz, J., Gouvernet, C., Margat, J., 1964** - Etude hydrogéologique de la Crau (Rapport). BRGM.
- Dellery B., Durozoy G., Gouvernet C., Camus M., Chabalier P., Nagy J.M., Vouex P., 1967** – Données hydrogéologiques acquises à la date du 30 mars 1966 sur la feuille topographique Eyguières au 1/50 000. Rapport BRGM DSGR67A48. 71 p.
- Denizot, 1952** - Le Pliocène dans la vallée du Rhône. In: Revue de géographie de Lyon, vol. 27, n°4., pp. 327-357
- De Montety V., 2008** - Salinisation d'un aquifère captif côtier en contexte deltaïque – Cas de la Camargue (Delta du Rhône, France); Thèse à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Depons A., 2007** – Les mécanismes de contrôle de l'érosion messinienne dans le bassin de Camargue. Mémoire de M2, Université de Montpellier, Laboratoire Géosciences, 51 p. + cartes et annexes.
- Durozoy G., Gouvernet C., 1964** – Les résurgences des calcaires crétacés de l'anticlinal de la Fare en bordure de l'étang de Berre (St Chanas). Rapport BRGM DSGR64A4. 18 p.
- Durozoy G., 1972** - Evaluation des ressources hydrauliques. Carte hydrogéologique des Bouches du Rhône - échelle 1 : 200 000. Notice explicative. Rapport BRGM, 72 SGN 394 PRC, 46 p. + carte.
- Durozoy G., 1973** – Evaluation des ressources hydrauliques : zone de l'étang de Berre, bassin de la Touloubre. Rapport BRGM n° 73 SGN 326 PRC. 101 p.
- Durozoy G., Chabalier P., Camus M., 1974** – Evaluation des ressources hydrauliques : zone de l'étang de Berre, bassin de l'étang de Berre. Rapport BRGM n° 74 SGN 267 PRC. 129 p.
- Durozoy G., 1977** - Les ressources en eau souterraine des nappes d'alluvions en Basse Provence; Rapport BRGM n° 77 PRC 026.
- Fénart P., Berthalon Y., Blanchoin N., Cadilhac L., Chazot S., Desagher E., Emily A., Mahé M., Mangan C., Mayen V., Monière C., Moulin M., Pothin A., Tennevin G., 2012** - Révision du référentiel des masses d'eau souterraine de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Lot n°3 :

Région PACA. Rapport d'étude collectif, sous la direction de P. Fénart, du groupement HYDROFIS-ANTEA, pour le compte de l'Agence de l'Eau RMC, 932 p.

**Gouvernet C., Colomb E., Gervais J., Gueirard S., Nury D., Rouire J., 1971** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 de Salon de Provence. Document BRGM, 20 p.

**Gravost, 2006** - Captage des Aubes. Avis sur la délimitation des périmètres de protection. 13p.

**L'Homer A., Roux M., Toni C., Bazille F., Damiani L., Durozoy G., 1987** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 de Arles ; Document BRGM, 73 p.

**Oomkens E., 1970** - Depositional sequences and sand distribution in the post-glacial Rhone delta complex. In Deltaic sedimentation. Soc. of Ec. Pal. and Min., Special publication n° 15, p. 198-212.

**Paul, M., 2004** - Etude hydrogéologique et géochimique des aquifères de Camargue. Rapport de DEA, Université d'Aix-Marseille III, 30 pp.

**Roure S., Duvail C., Aunay B., Le Strat P., 2004** - Géodynamique des systèmes plio-quadernaires des nappes alluviales de la plaine de Crau. Rapport BRGM n° RP-53088-RR.

**Putalaz J. ; 1973** - Evaluation des ressources hydrauliques : Nappe de la Crau. Notice explicative de la carte de vulnérabilité à la pollution; Rapport n° 73 SGN 420 PRC.

**Séraphin P., 2016** - Contribution du traçage isotopique ( $\delta^{18}O$  et  $\delta D$ ) à la compréhension et à la modélisation hydrogéologique de la nappe de la Crau. Thèse de l'Université Aix-Marseille, 206 p.

**Sylvestre, 2016** - Avis hydrogéologique relatif à la remise en service de la source des Bormes à titre provisoire et exceptionnel pour un usage en eau potable (Commune d'Eyguières). 19 p.

**4 ANNEXE 3 - RAPPORT DE STAGE DE BENOIT GUIRAL (2018)  
NAPPE DE LA CRAU : UN OU PLUSIEURS AQUIFERES ? APPORTS  
DES DONNEES RECENTES SUR L'INTERPRETATION DE LA GEOME-  
TRIE DU RESERVOIR**





ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT



**Spécialité : Sciences de l'eau**  
**Parcours : HYDRO**

Année : 2017-2018

**NAPPE DE LA CRAU : UN OU PLUSIEURS AQUIFÈRES ? APPORTS DES  
DONNÉES RÉCENTES SUR L'INTERPRÉTATION DE LA GÉOMÉTRIE DU  
RÉSERVOIR.**

Par Benoît GUIRAL

Structure d'accueil : SYMCRAU (Syndicat Mixte de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau)

Tuteur de Stage : Antoine BAILLIEUX

## Table des matières

Résumé .....	1
Chapitre 1 : Cadre et objectifs de l'étude .....	2
Chapitre 2 : Site d'étude et méthodes d'investigation .....	5
a) La nappe de la Crau : .....	5
b) Organisation de l'étude : .....	6
Chapitre 3 : Synthèse des données recueillies.....	7
a) Etat des connaissances : .....	7
b) Données de forages.....	7
c) Synthèse géologique :.....	8
Chapitre 4 : Résultats et discussion .....	12
Chapitre 5 : Conclusion et perspectives.....	18
Bibliographie .....	19
Liste des figures .....	20

## Résumé

Dans le cadre de la mise en place d'un outil de gestion de la ressource par modélisation numérique hydrogéologique, le SYMCRAU, établissement public de gestion des eaux souterraines de la Crau, porte un projet de synthèse des connaissances géologiques du secteur en vue d'améliorer la description géomorphologique du réservoir. Une des principales interrogations réside dans la spatialisation des zones de contact entre l'horizon aquifère superficiel et les formations aquifères profondes, notamment en lien avec la présence d'un aquiclude puissant répartie dans les anciennes rias de la mer pliocène (argile du Plaisancien). Cette formation a nécessité de repartir sur l'écorché des formations pré-pliocène, exhumées par les incisions messiniennes cartographiées dans la zone d'étude. Une synthèse des données relative à la tectonique récente synchrone aux phases de dépôts durancien, ainsi qu'aux variations de l'eustatique, a permis de dégager une logique de dépôts et d'érosion régressive des alluvions duranciens. Ce travail devra être confronté aux données géologiques récoltées sur le territoire pour proposer une nouvelle géométrie du substratum des alluvions fluviales et des zones de contact avec les aquifères sous-jacents.

# Chapitre 1 : Cadre et objectifs de l'étude

Le SYMCRAU, est un établissement public au cœur de la gouvernance locale des eaux souterraines de la plaine de la Crau (Figure 1).

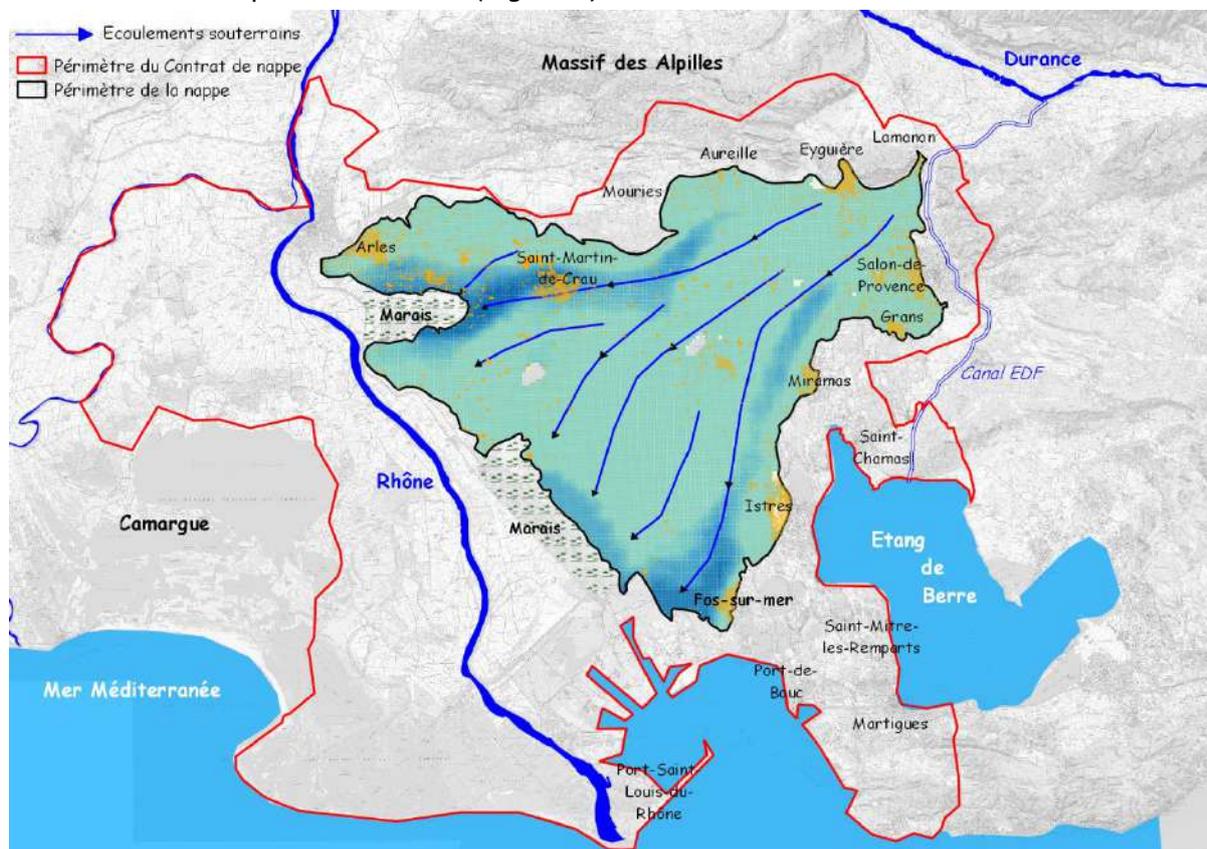


Figure 1: Carte des limites administratives du SYMCRAU

Le syndicat porte le projet SINERGI (Sensibilité de la nappe aux conditions de prélèvements et de recharge et gestion de crise) dont l'objet est de déterminer les conditions de recharges et de prélèvements préservant les usages prioritaires de la nappe, notamment l'approvisionnement en eau potable des populations et le maintien du bon état des milieux naturels alimentés par la nappe, et pour limiter les impacts pour les autres usagers de la ressource (secteur agricole et industriel). Cette analyse conduira à identifier et tester les mesures pouvant être mise en œuvre dans le cadre d'un plan de gestion de crise sécheresse pour rétablir les équilibres quantitatifs de la ressource.

Ce projet s'appuie sur le modèle MHYCRAU, dont la qualité repose en partie sur une représentation fiable des formations géologiques.

L'amélioration de ce modèle a mené vers une étude précise du substratum de la nappe des Cailloutis.

La géométrie du substratum a déjà été décrite dans la littérature scientifique. Une première carte est proposée par le BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières) en 1969 dans la carte hydrogéologique locale. Cette information est utilisée pour produire plusieurs modèles numériques de la nappe de la Crau (dont MARTCRAU en 1995). Le BRGM reprend en 2004, l'ensemble des données BSS (Banque du Sous-Sol) et étudie les faciès des épanchements de cailloutis rencontrés, pour proposer une carte des isohypses du substratum (*Figure 2*).

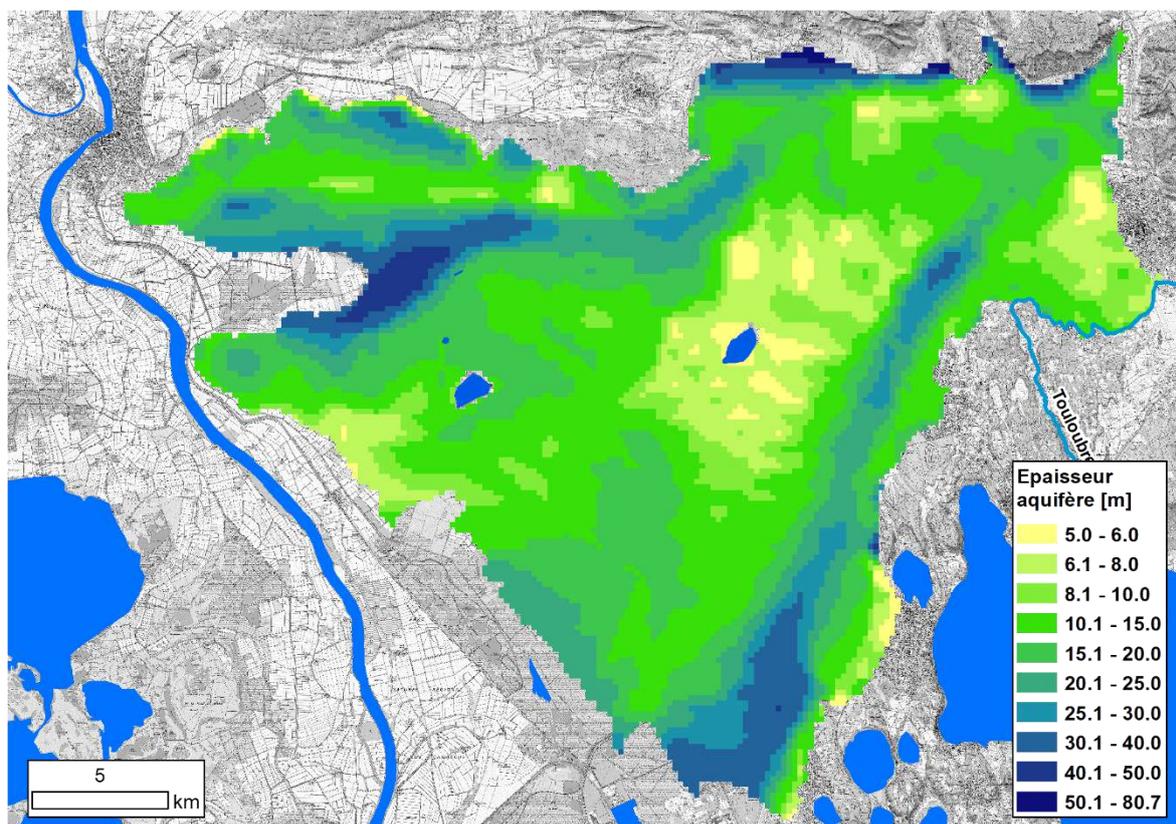


Figure 2: Épaisseur de l'aquifère d'après Roure & al. (2004)

Une difficulté de géoréférencement des résultats cartés et l'existence de nouveaux points BSS a conduit à une nouvelle analyse géomorphologique par Séraphin P. (2016) (*Figure 3*), montrant l'existence de formation aquifères sous-jacentes en contact avec la formation superficielle et ayant un rôle non significatif sur la dynamique des eaux souterraines. Ce dernier travail suggère l'existence d'un sillon central, déjà suggéré par Porchet (1930).

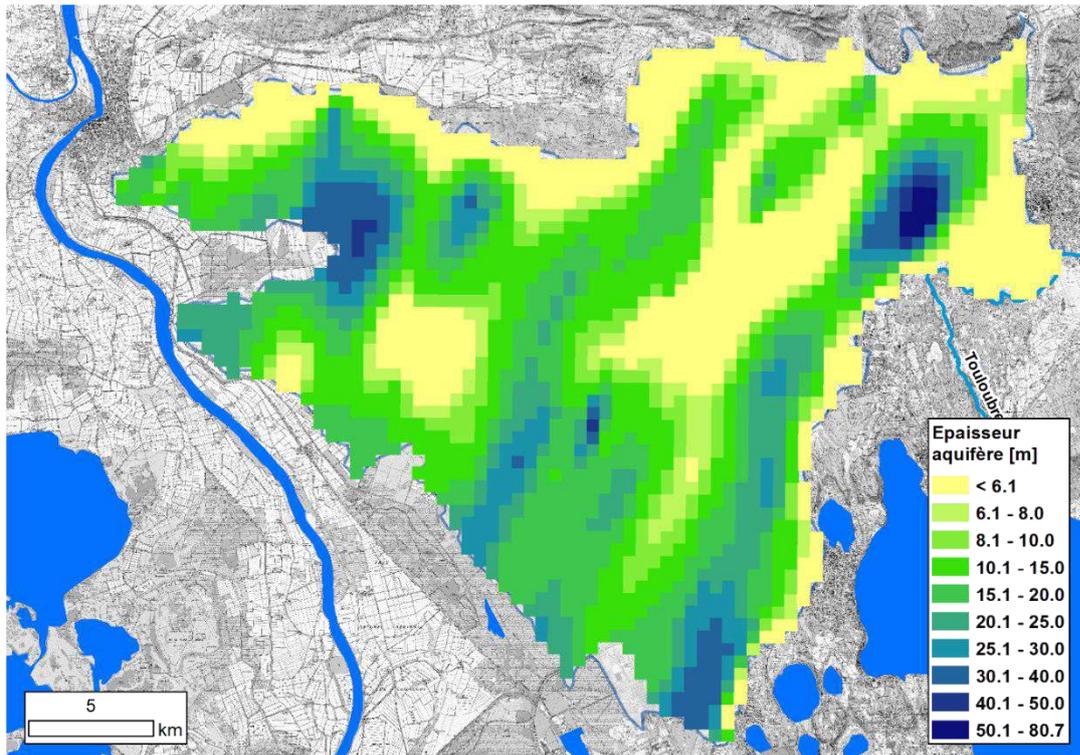


Figure 3: Épaisseur de l'aquifère montrant l'existence d'un sillon central, d'après Séraphin (2016)

Le présent travail vise à compléter l'analyse de Séraphin P. (2016) sur la géométrie de l'aquifère superficiel par une approche géomorphologique se basant sur la succession des événements géologiques depuis le Secondaire et par la recherche de nouvelles données géologiques, notamment disponible auprès de l'ARS (Agence Régionale de Santé). Ces analyses permettront d'une part d'améliorer l'interprétation de la morphologie des dépôts superficiels alluvionnaire duranciens et, d'autre part, de préciser les zones de contact entre la couche aquifère connue de alluvions fluviales et les formations aquifères sous-jacentes. Ainsi il pourra être discuté du rôle de formations aquifères sous-jacentes et de la compartimentation latérale des aquifères dans la dynamique des écoulements de la nappe de la Crau.

Après cette première description de la problématique de l'étude, le rapport propose une description de l'aquifère de la Crau et de l'approche envisagée pour améliorer la connaissance géomorphologique du système aquifère (chapitre 2). Un état des lieux des données recueillies est dressé dans le chapitre 3. Les résultats portent sur une présentation synthétique de l'histoire géologique locale introduisant une analyse du rôle joué par les événements tectoniques et les variations de l'eustatique post-pliocène dans la structuration des dépôts alluvionnaires récents (chapitre 4). Enfin la conclusion (chapitre 5) synthétise les apports obtenus par cette étude et discutera des travaux futurs à réaliser dans le cadre de cette étude.

## Chapitre 2 : Site d'étude et méthodes d'investigation

### a) La nappe de la Crau :

L'aquifère des cailloutis est constitué des dépôts fluviaux duranciens, datant du Pliocène, à galets siliceux dominants, localement cimentés par une matrice calcaire (poudingue). Il forme un vaste plan incliné partant du seuil de Lamanon (Figure 4) et s'enfonçant sous les limons du delta du Rhône en Camargue, entre Arles et Fos-sur-Mer.

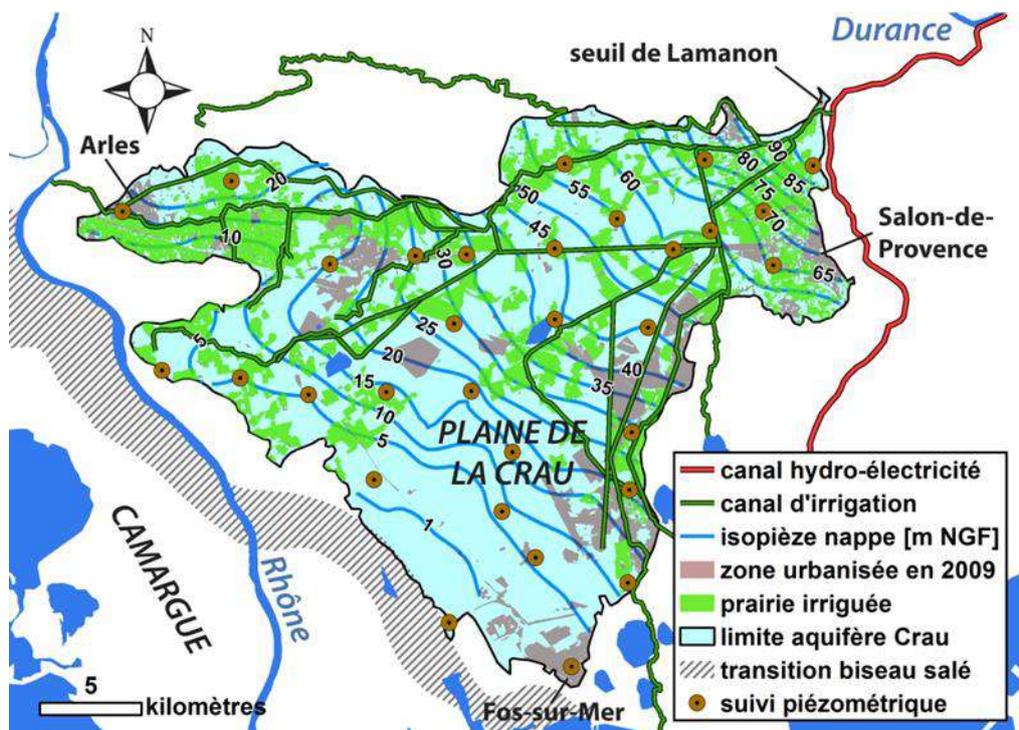


Figure 4: L'agro-hydrosystème de la plaine de la Crau dans les limites de la nappe libre, isopièzes octobre 2013 (SYMCRU, 2015)

Le substratum est constitué des calcaires et marnes du Miocène, ainsi que des argiles du Pliocène (Plaisancien). Les cailloutis de la Crau présentent une perméabilité élevée, généralement comprise entre  $10^{-3}$  et  $10^{-2}$  m.s<sup>-1</sup>. Cette caractéristique, alliée aux apports massifs d'eau durant les périodes d'irrigation (environ 20 000 m<sup>3</sup>/ha/an), définissent un régime de nappe hautement dynamique, où les niveaux piézométriques observés sont activement soutenus par la recharge, épisodique mais régulière, en provenance des prairies irriguées. L'épaisseur moyenne de la nappe est de 10 m, mais peut localement atteindre 40

mètres. Le battement de la nappe dans certains secteurs irrigués, principalement au Nord, peut atteindre 10 mètres. Les capacités d'exploitation de la ressource sont donc fortement dépendantes du fonctionnement de l'irrigation gravitaire sur la plaine.

L'exutoire naturel de la nappe libre de la Crau se situe principalement sur la bordure ouest du territoire, où les écoulements souterrains, entrant dans le système captif de l'aquifère de la Camargue, sont drainés par la vaste zone de marais s'étendant en longueur entre Arles et Fos-sur-Mer (BRGM, 1970). Cet exutoire représente un patrimoine naturel remarquable constituant le site Natura 2000 des Trois Marais, incluant la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat.

## b) Organisation de l'étude :

Afin de répondre à l'objectif d'une nouvelle analyse géomorphologique du réservoir, la méthodologie s'est développée en plusieurs temps.

Dans une première phase un important travail de recueil de données bibliographiques et des bases de données du sous-sol a été réalisé pour connaître l'état de l'art et centraliser les données existantes sur la Crau visant à connaître au mieux les différentes phases de mise en place de la nappe. La formation d'une base de données de tous les forages de la BSS sur la zone d'étude avec tous leurs documents numériques permettra cette centralisation des données en vue de l'interprétation géologique du substratum. Cette base de données est également élargie grâce à de nouvelles données récoltées auprès de l'ARS, avec les rapports d'Hydrogéologue Agréés en matière d'hygiène publique.

Cette phase est complétée par un travail de reconnaissance des faciès lithologiques sur le terrain. Cette étude permet l'exploitation des logs géologiques des forages de la base de données qui nécessite une bonne connaissance des faciès, en particulier Miocène, en présence dans la zone.

Dans une deuxième phase, un travail cartographique sur les données récoltées permet de reconstituer la géométrie du réservoir.

Pour se faire, la cartographie SIG de la surface d'incision messinienne permet dans un premier temps d'avoir le fond topographique sur lequel se déposent les dépôts plus récents dans les canyons formés lors de cette phase. Puis la cartographie du substratum de la nappe des cailloutis, grâce aux interprétations de la base de données des sondages BSS et ARS.

À l'aide d'un bloc 3D la localisation et l'épaisseur des argiles du plaisancien est déterminée par déduction entre l'incision messinienne et la base des cailloutis précédemment trouvée.

En dernier lieu, la cohérence de ces résultats sera vérifiée avec les épisodes de dépôts et d'érosion grâce aux données sur l'eustatisme et la tectonique.

## Chapitre 3 : Synthèse des données recueillies

### a) Synthèse bibliographique :

La connaissance apportée par la thèse de Cova (1965) sur la tectonique post pliocène met en avant les événements tectoniques ainsi que phases de régression et transgression jouant un rôle dans la mise en place des différents cailloutis de Crau.

Le travail de Colomb & Roux (1978) affine les cycles d'alluvionnements et subdivise ces grands cycles en plusieurs cycles successifs et montre ainsi la présence de la Durance durant la période du quaternaire.

Le rapport du BRGM (Roure et al., 2004) s'est basé sur une étude stratigraphique pour réaliser un modèle sédimentologique afin de représenter l'histoire plio-pleistocène de la Crau.

Le mémoire de Depons (2007) apporte de la connaissance complémentaire au rapport BRGM de Roure et al. (2004) sur l'érosion Messinienne, grâce notamment à des données géophysiques, et sur les terrains affleurant post-messinien.

### b) Données de forages :

Les données récoltées regroupent les forages avec données lithologiques dans la BSS et dans les dossiers de l'ARS. Ces données sont classées selon leurs qualités (*Figure 5*) et donc la robustesse des résultats qui en découlent.

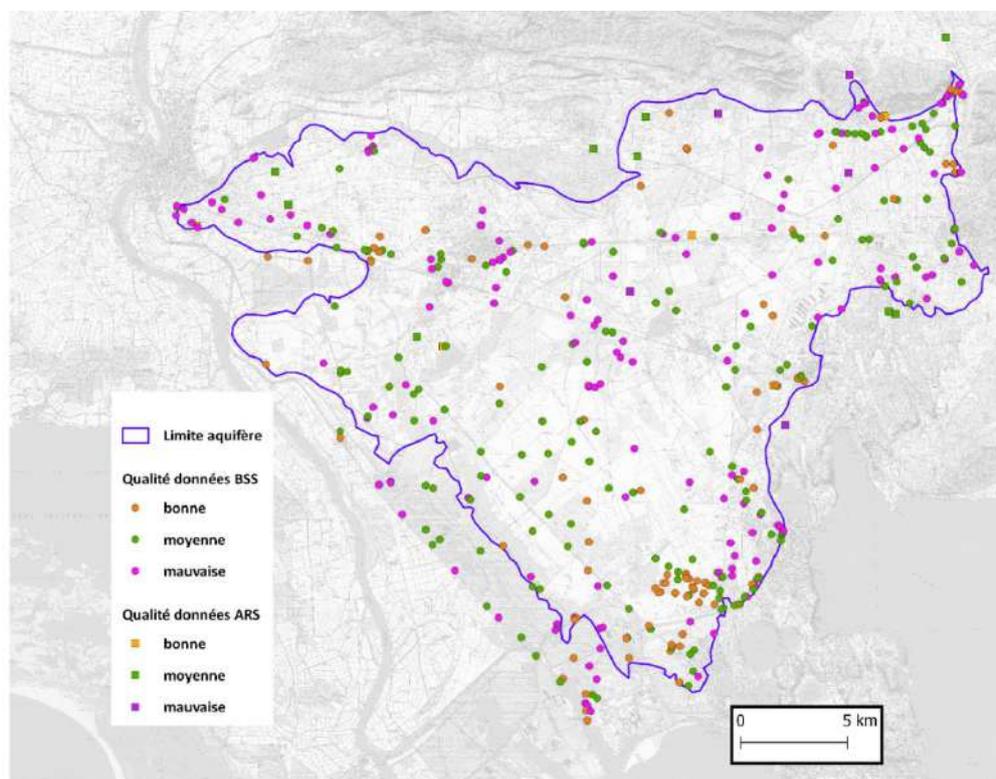


Figure 5: Qualité des données

c) Synthèse géologique :

À la fin du Paléozoïque (250 Ma.) se déroule l'effondrement de la chaîne Hercynienne, l'ancienne formation de grande ampleur prenant forme sur une très grande partie du continent unique de l'époque. Ensuite s'ouvre l'océan Téthys qui dépose des carbonates en Provence. Cette néo-Téthys va ensuite entrer en subduction sous la plaque européenne et ainsi créer une plateforme carbonatée en zone subsidente. Cette subduction va former au Crétacé moyen (125-115 Ma.) le bombement Durancien, qui délimite alors le bassin Vocontien au Nord et l'océan liguro-piémontais au Sud. Sous un climat chaud et humide tropical se dépose alors de la bauxite par érosion en dépôts discordant sur les anciens terrains du Jurassique et du Crétacé inférieur (Molliex, 2009).

À la fin du Crétacé et jusqu'à l'Éocène (90-45 Ma.) la Téthys alpine arrête le rifting, commence alors une phase tectonique de compression appelée Pyrénéo-provençale avec le rapprochement de l'Afrique et de l'Europe et l'ouverture de l'océan Atlantique. Cet épisode engendre la création de reliefs Est-Ouest en partie des dépôts Crétacés. À l'Éocène moyen (45 à 35 Ma.) c'est la période de surrection des reliefs du Lubéron et des Alpilles jouant un rôle prépondérant sur le cours ultérieur de la Durance.

Au Début Oligocène (34-28 Ma.) commence la phase Rupélienne de distension de la zone en direction Est-Ouest avec rejeu de failles (Moyenne Durance, Nîmes) et création de fossés d'effondrement (graben) NE-SO et nombreux dépôts remplissent ces fossés.

Ouverture du bassin Liguro-provençal à la fin Oligocène (28-20 Ma.) qui est due à une variation dans les directions de contrainte maintenant en extension Nord-Nord-Ouest-Sud-Sud-Est avec la rotation du bloc Corso-Sarde.

La période du Miocène (20-7 Ma.) est marquée par plusieurs phases de transgression-régression avec remplissage des paléo-vallées incisées préexistantes (Burdigalien, Langhien, Tortonien) dues à la variation de l'eustatique.

La période charnière dans la région méditerranéenne est la crise de salinité du Messinien (5.9 - 5.3 Ma.) marquée par de fortes incisions de canyons pouvant atteindre 1000 mètres avec la forte baisse du niveau marin. La fin du Messinien (5.32 Ma.) est marquée par la réouverture de la Méditerranée due à un couplage d'une érosion régressive et d'une hausse eustatique due au réchauffement. La Méditerranée est de nouveau en eau à 5.32 Ma et les canyons créés sont ennoyés (Terrier et al. 2007).

*Des formations majeures dans la zone de la Crau structurent le paysage et le fonctionnement de la région.*

Le Faille de l'Anellier est un front de chevauchement à direction sud qui est la limite Nord de la plaine de la Crau.

La faille de la moyenne Durance forme la bordure orientale du bassin du Sud-Est, actuellement, le jeu de cette faille est décrochant sénestre.

La faille de Nîmes, est enracinée dans le socle, elle s'est formée à l'oligocène puis a été réactivée durant le miocène supérieur en décrochement sénestre.

Le Lubéron est un massif de 70 kilomètres de long, entre faille de moyenne Durance (à l'Est) et la faille de Salon-Cavaillon (à l'Ouest).

Les Alpilles, massif de 22 kilomètres de long, limités à l'Ouest par la vallée du Rhône et la faille de Nîmes ; à l'Est par la faille de Salon-Cavaillon.

La faille de Salon-Cavaillon (SCF) (Figure 8) est un accident structurant majeur de la zone durancienne. Cette faille est une zone de 80 kilomètres de long et est orientée Nord 10. C'est une zone décrochante (dextre) à jeu normal qui assure le transfert entre les Massifs du Ventoux et de Lure. Ce réseau a façonné le paysage au cours des temps géologiques. La forte différence de taux de subsidence Jurassique et Crétacé a engendré une hétérogénéité des dépôts de part et d'autre de la faille. La rotation anti-horaire du bloc à l'Est des Alpilles a permis l'affaissement du seuil d'Orgon plus récemment, qui est le passage actuel de la Durance (Molliex, 2009).

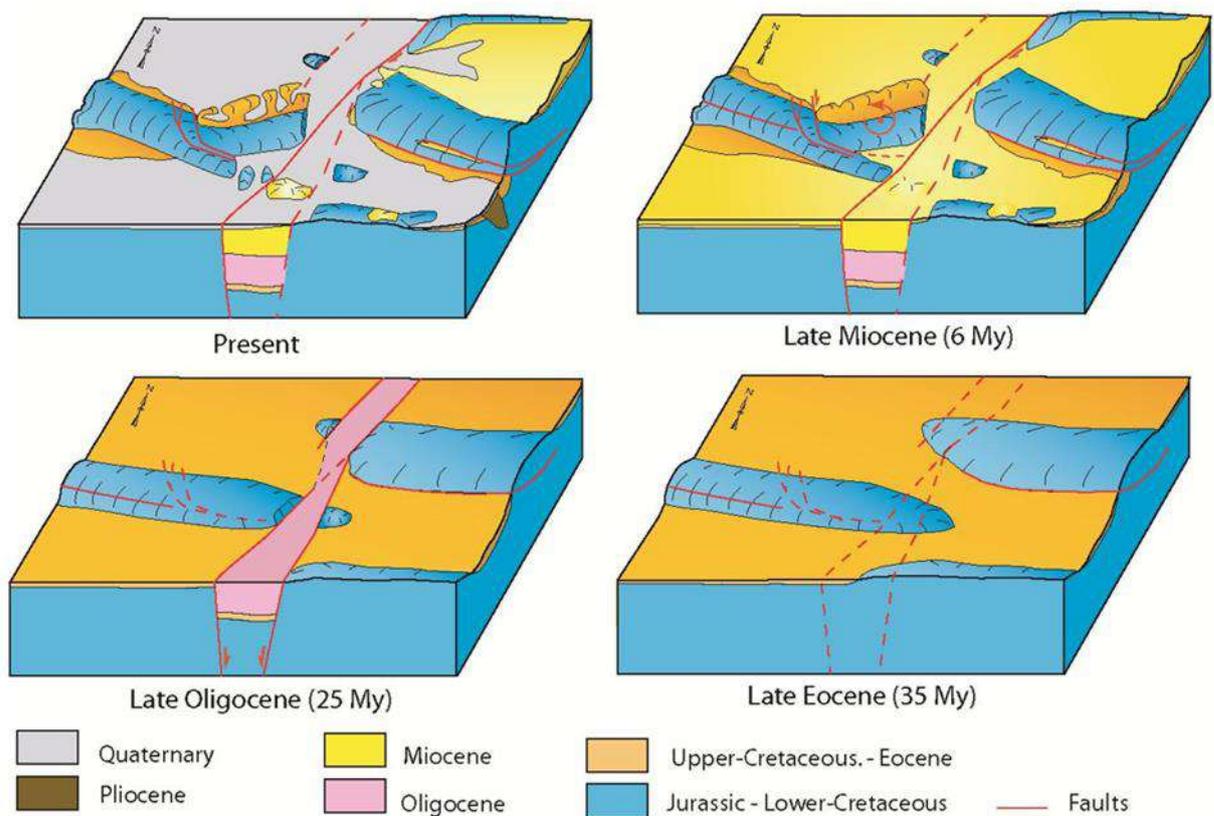


Figure 6: Fonctionnement de la faille de Salon-Cavaillon (D'après Molliex, 2009)

*Les phases marquantes dans la mise en place du substratum de la nappe de la Crau se passent durant le Néogène (environ 23 à 2 Ma.).*

À la fin du Miocène (5.3 Ma.) : phase tectonique avec surrection des massifs et affaissement de la Crau puis l'ouverture de la vallée de la Durance vers la Méditerranée avec écoulements vers la mer.

Durant la crise Messinienne, avec l'abaissement brutal du niveau marin, un surcreusement de la paléo-vallée ainsi qu'une canalisation de la Durance se produit.

C'est au Plaisancien (3.6-2.6 Ma.) qu'une forte transgression marine combinée à la subsidence de la zone engendre un colmatage des vallées par des dépôts marins, cet épisode de dépôt met en place le substratum très peu perméable de la nappe de la Crau.

À la fin du Pliocène (2.6-1.8 Ma.) : forte érosion de ces dépôts marneux qui forment le substratum des nappes alluviales futures.

Au Pléistocène (2.5 Ma. à environ 50 000 ans) successions de phases glaciaires et interglaciaires chaudes (ou tempérées) qui alternent les phases de creusement de vallées avec des phases de remblaiement par des épandages alluviaux. Les « cailloutis » formant la nappe de la Crau sont ainsi mis en place durant toute cette période.

### **« Vieille Crau » (Crau d'Arles ou Crau d'Eyguières)**

La première période d'épandage de cailloutis de Crau commence au Villafranchien inférieur (environ 2.5 à 1.8 Ma., selon la limite Pliocène-Quaternaire). La zone occupée par ces Cailloutis de Vieille Crau concerne les parties Nord et N-E de la plaine actuelle avec une orientation E-O. Les dépôts qui la caractérisent sont de forme assez complexe. Ces dépôts Durancien sont mis en place dans cette zone du fait du passage de la Durance par de seuil de Saint-Pierre-De-Vence.

Les cailloutis reposent sur des marnes rouges et jaunes appelées « Marnes et sables de Barbegal et d'Entressen », celles-ci reposant sur le substratum néogène.

La teinte des cailloutis est ocre-jaune avec des galets inférieurs à 15 cm composés principalement de quartzite et de calcaires subalpins.

La Crau d'Arles est séparée en deux unités (inférieure et supérieure) séparées par des marnes lacustres intercalaires.

La partie supérieure, Crau de Saint-Pierre-de-Vence, forme la partie supérieure altérée de la Crau d'Arles.

### **Terrasses intermédiaires**

Terrasses des Glauges, d'Entressen et de Bray. Période de transition entre le cycle de « Vieille Crau » et le cycle de « Jeune Crau », daté de la fin du Villafranchien inférieur.

La terrasse des Glauges est composée de Quartzites et de roches vertes provenant des massifs cristallins, ses galets ont une taille de 40 à 50 cm. Cette terrasse est le témoin du passage de la Durance par la cluse de Roquemartine.

La terrasse d'Entressen est composée de cailloutis à ciment argilo-sableux gris. Cette terrasse est le témoin du passage de la Durance par le pertuis d'Eyguières.

### **« Jeune Crau »**

Le deuxième cycle d'épandage des cailloutis de Crau se déroule durant les périodes glaciaires du Pléistocène supérieur (130 000 à 12 000 ans), à savoir le Riss et le Würm. Les dépôts sont composés de quartzites et calcaires subalpins avec des galets supérieurs à 15 cm de teinte grise-verdâtre. Ces épandages se mettent en place durant passage de la Durance à cette époque par le seuil de Lamanon après l'abandon du seuil de Saint-Pierre-De-Vence dû au soulèvement des Opies (point culminant du massif des Alpilles).

La jeune Crau est subdivisée en deux grandes zones aux périodes d'épandages successives. La Crau du Luquier et la Crau de Miramas.

D'abord la Crau du Luquier, zone de démarcation et d'âge intermédiaire, entre la Crau de Miramas et la Crau d'Arles, d'orientation Nord-Est-Sud-Ouest. Elle couvre une partie de la Crau d'Arles au Nord et disparaissant sous la Crau de Miramas dans sa partie Sud. Ces dépôts sont datés fin de la Glaciation du Riss (130 000 ans), ont une granulométrie plus importante (environ 40 cm) et une altération plus importante que la Crau de Miramas. L'épaisseur maximum de cette formation est de 10 mètres.

Ensuite vient se mettre en place la Crau de Miramas (partie la plus récente et le plus à l'Est de la Crau) d'orientation N/NE-S/SO, selon un thalweg entaillé dans les collines d'Istres et de Miramas lors des différentes glaciations du quaternaire. Cette partie s'est mise en place durant Würm (80 000 ans) composée de graviers libres avec parfois des lits sableux ou limoneux gris.

Le passage de la Durance sur la Crau est permanent sur la totalité de la période (2.5 Millions d'années à 50 000 ans) du fait de la présence de dépôts intermédiaire à ces deux grandes phases. (Colomb & Roux, 1978).

### **Dérives de la Durance :**

La vieille Crau a utilisé le seuil de Saint-Pierre-de-Vence avec également la formation des terrasses des Glauges, de Bray et d'Entressen. Puis, lors du décalage vers l'Est, la Durance est passée par le seuil de Lamanon au pléistocène pour former les dépôts de jeune Crau (0.8 à 0.1 Million d'années). Cet épisode est dû à une brusque modification de la topographie à la fin du Villafranchien par un jeu de la faille de l'Anellier. À la fin du maximum glaciaire du Würm (environ 20 000 ans), le jeu dextre de la faille de Salon-Cavaillon crée une rotation des Alpilles et une subsidence du seuil d'Orgon. Cet abaissement du seuil d'Orgon fait dériver la Durance vers le Nord et elle prend alors son tracé actuel d'orientation Sud-Est-Nord-Ouest (Colomb & Roux, 1978).

## Chapitre 4 : Résultats et discussion

La synthèse géologique de la région permet la production de tableaux synthétiques sur les grandes phases de mise en place des terrains dans la région.

Dans un premier temps, le tableau (*Figure 7*) présente les phases majeures de la tectonique anté-pliocène et donc la mise en place de la forme des terrains accueillant le substratum Plaisancien lors du comblement post-Messinien. Ces épisodes sont également comparés avec les données de variation globale de l'eustatisme (Miller et *al.*, 2005) ce qui permet donc d'avoir la globalité des contraintes influant sur notre objet géologique.

Un deuxième tableau montrant quant à lui les variations de l'eustatique du quaternaire (*Figure 8*), les périodes de glaciation sont visibles avec les fortes chutes de l'eustatisme. Les périodes majeures d'épandages des cailloutis en Crau sont également figurées dans ce tableau. Grâce aux variations précises de l'eustatisme (Miller et *al.*, 2005) une confirmation précise des périodes de dépôts ou d'érosion peut être faite.

Le log géologique (*Figure 9*) de la Crau a déjà été produit par Pierre Séraphin (2005) et permet d'avoir une vision globale des terrains présents sous la Crau. Cependant la requalification géologique des forages de notre base de données a nécessité un log (*Figure 9*) plus précis sur les terrains du miocène notamment pour différencier le Plaisancien du Miocène.

Grâce au travail de reconnaissance sur le Miocène, les logs géologiques de la zone étudiée sont réinterprétés. La figure 10 présente les données après interprétation renseignant sur la présence des argiles du Plaisancien (présent), d'un substratum plus ancien (absence de Plaisancien) ou d'un substratum inconnu lorsque celui n'est pas atteint.

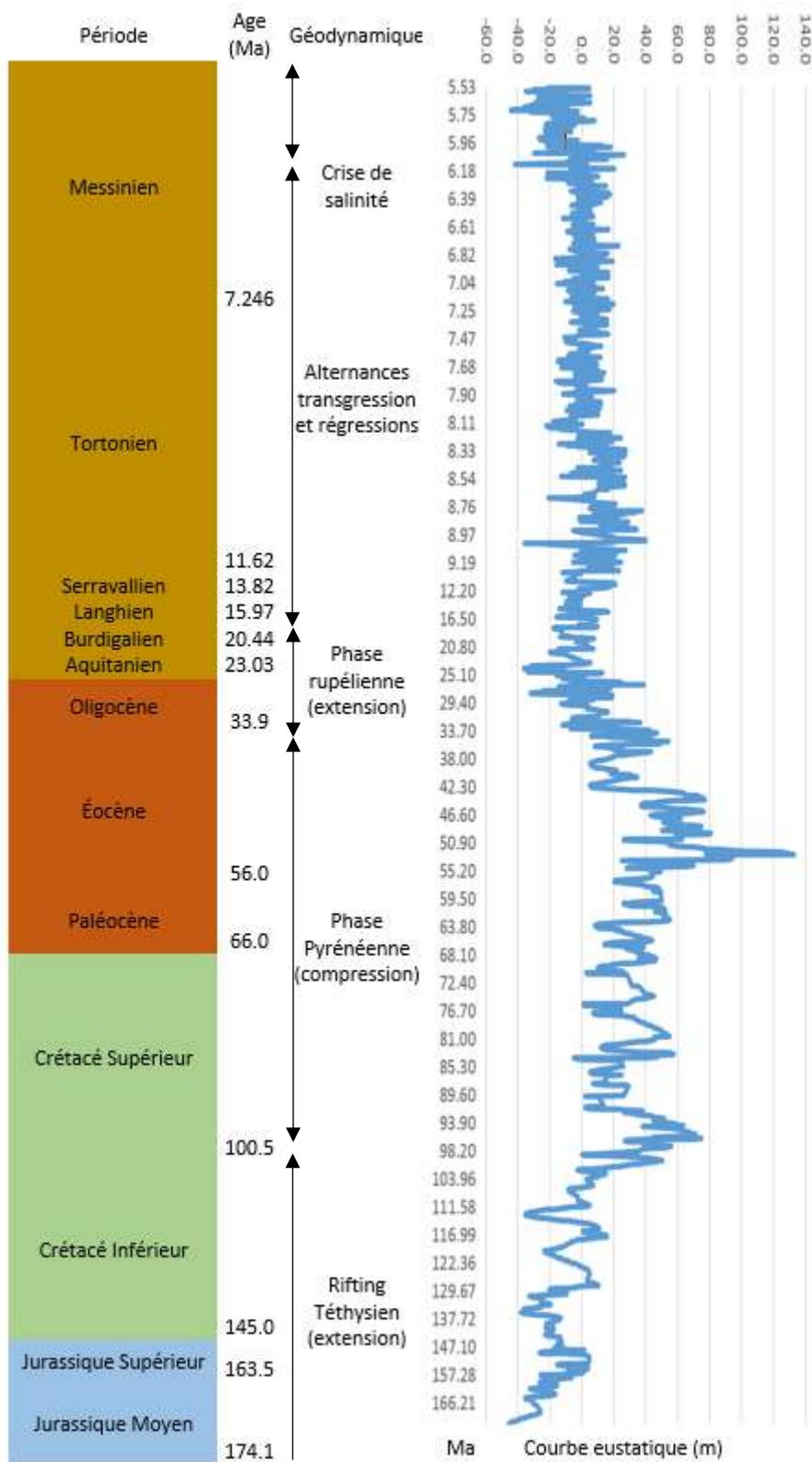


Figure 7: Synthèse des évènements anté-pliocène (d'après les données de Miller et al. 2005)

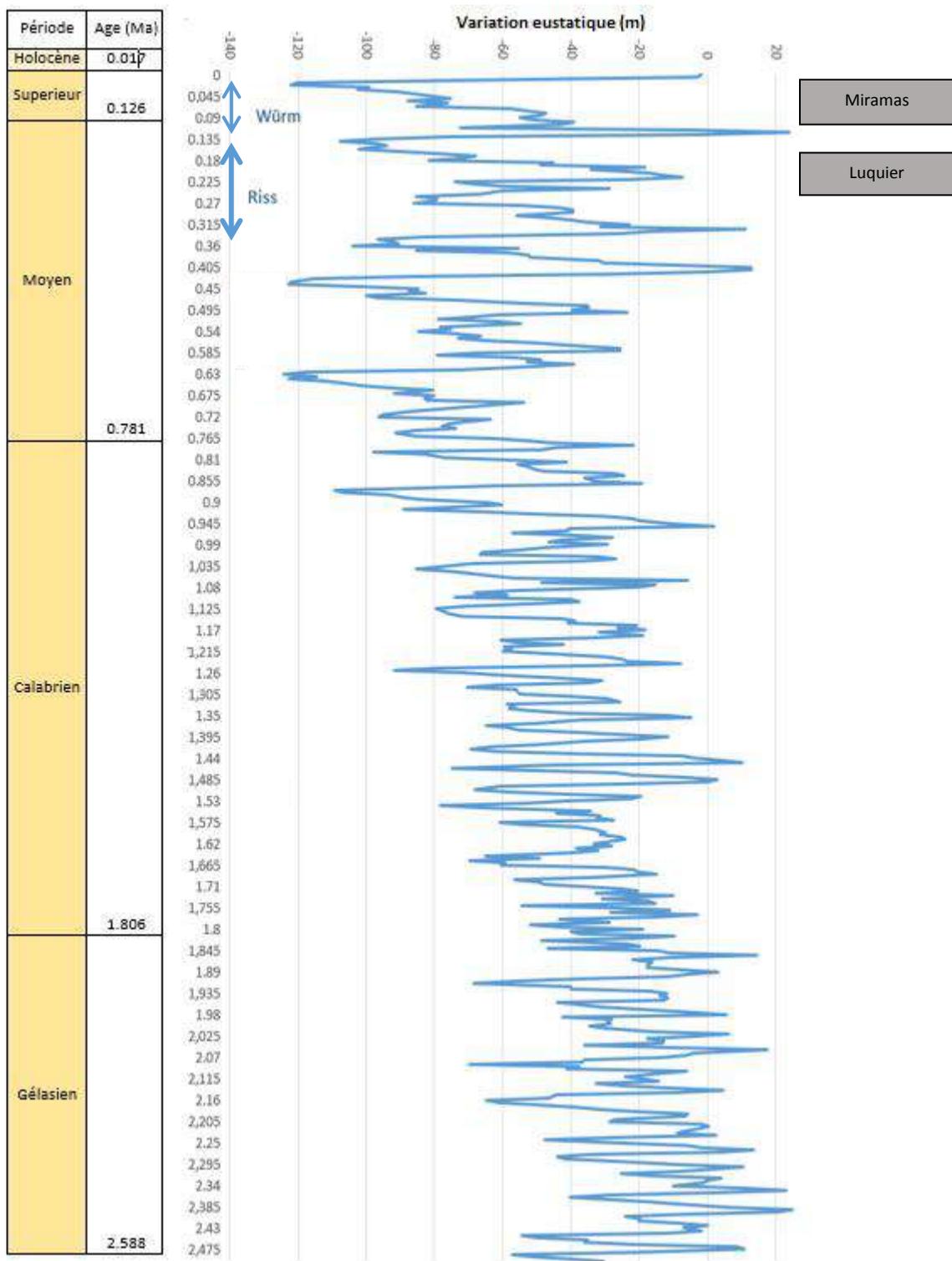


Figure 8: Variations eustatique (d'après les données de Miller et al. 2005)

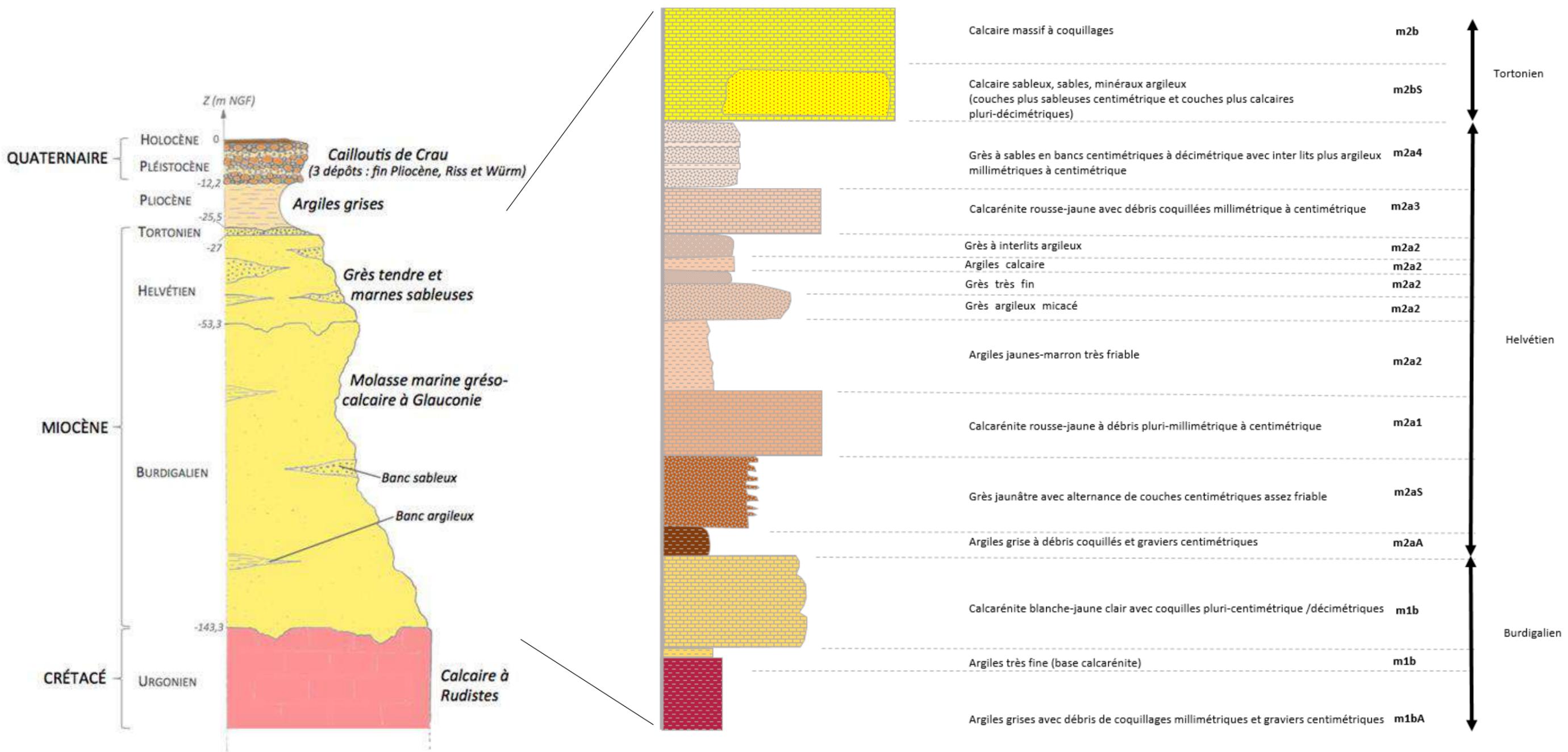


Figure 9: Log géologique d'après Séraphin (2005) et log du Miocène

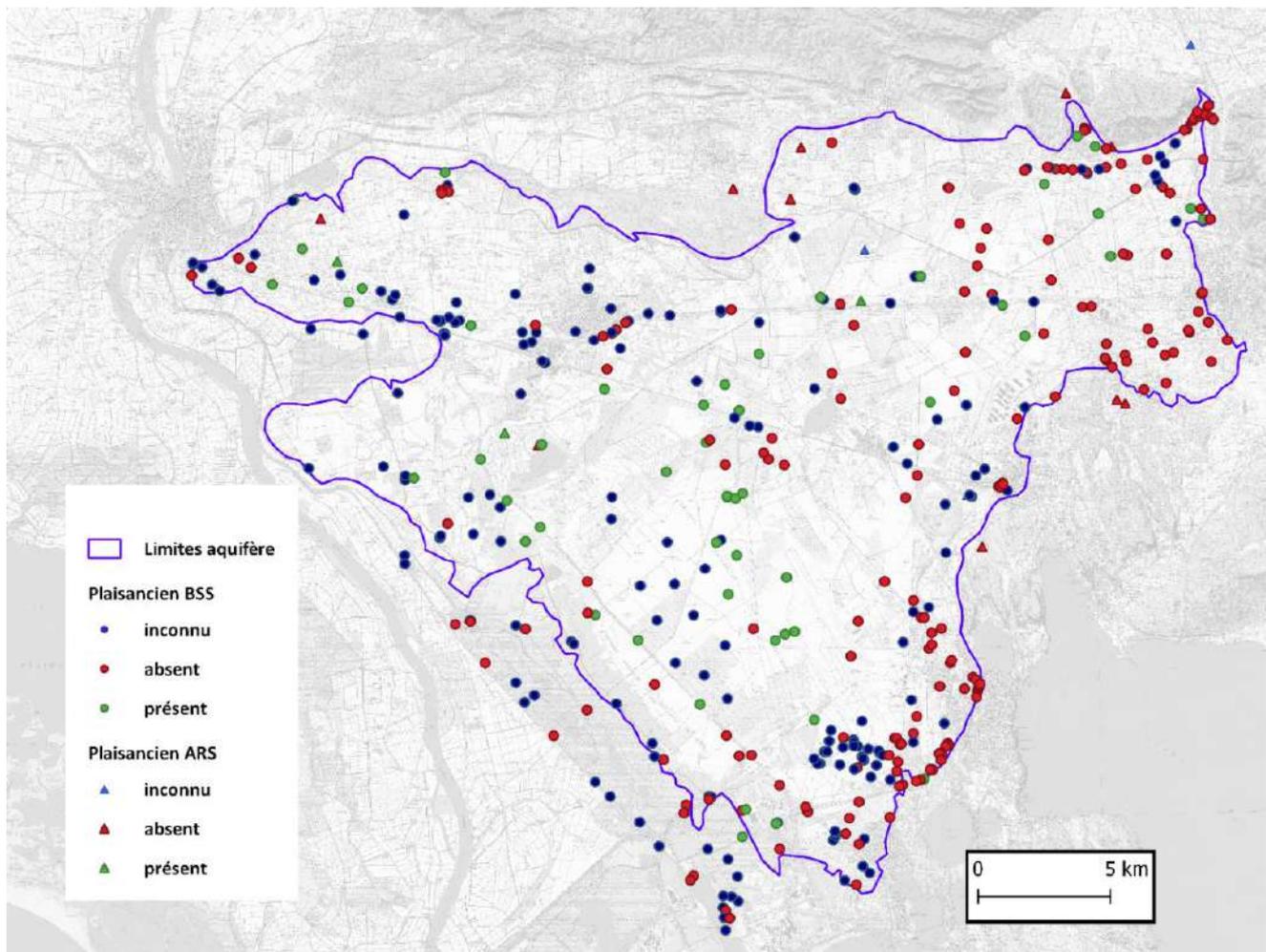


Figure 10: Présence du Plaisancien

La carte des isohypses d'après Roure et *al.* (2004) est utilisée afin d'avoir l'altitude du fond des argiles plaisanciennes. Avec les valeurs d'altitude du toit du Plaisancien provenant des interprétations géologiques sur les logs de forage, indiquant altitude et profondeur, l'épaisseur des argiles peut être retrouvée. Ces données sont représentées sur la figure 11.

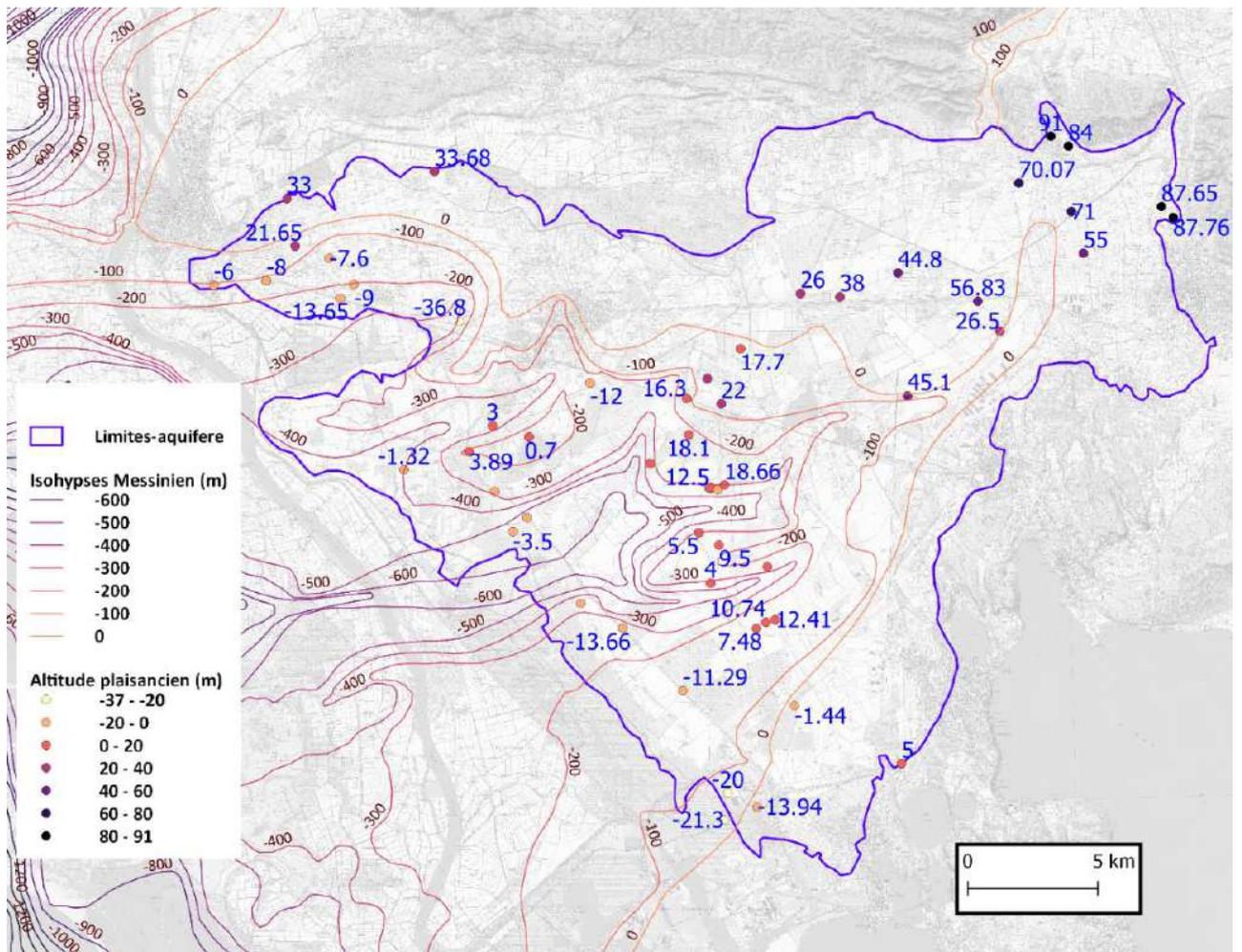


Figure 11: Altitude du toit du Plaisancien et Isohypses du Messinien

## Chapitre 5 : Conclusion et perspectives

Ce travail a permis la récolte des données nécessaires pour répondre aux objectifs du projet, visant à la caractérisation de la géométrie des aquifères de la Crau. La recherche bibliographique a mis en avant le rôle majeur qu'a pu jouer l'incision messinienne dans la mise en contact des formations pré-pliocènes avec les cailloutis superficiels. Une des clés d'analyse réside dans la structuration des dépôts argileux du plaisancien formant un aquiclude.

La nappe de la Crau, un ou plusieurs aquifères ? La question reste posée et nécessite des investigations supplémentaires.

La réinterprétation du substratum va être menée grâce aux apports sur les incisions messiniennes pour la déduction de l'épaisseur des argiles plaisanciennes.

Grâce à la surface topographique précise, la surface d'incision Messinienne sur l'écorché des formations pré-pliocènes ainsi que la caractérisation du contact entre les alluvions de Crau et le substratum, par la localisation des argiles Plaisanciennes ou du Miocène en contact sous ces alluvions, il sera possible de déduire l'épaisseur des argiles plaisanciennes. L'extension de celles-ci sera également analysée en fonction des contraintes amont (tectonique) et aval (eustatisme) permettant de vérifier les hypothèses faites sur la géométrie du système.

La nature des contacts entre le ou les aquifère(s) est donc en questionnement et la finalité de cette connaissance sur la géomorphologie de l'aquifère a pour but de caractériser au mieux les formations sous-jacentes ainsi que la présence ou non d'une compartimentation latérale entre le zone Nord et la zone Sud-Est. Cela permettra également de mettre en place un modèle multicouches pour être au plus près du fonctionnement hydrogéologique réel de ce système.

L'apport de connaissances fondamentales géomorphologiques permet l'amélioration du modèle hydrogéologique, qui dans le contexte de gestion de la ressource, permettra d'estimer la sensibilité de la ressource face aux prélèvements ainsi faire face aux variations sur le territoire et vue de sa gestion quantitative.

# Bibliographie

- ❖ Champion, C., Choukroune, P., Clauzon, G., 2000. La déformation post-Miocène en Provence occidentale, *Geodinamica Acta*, 13:2-3, 67-85
- ❖ Colomb, E., Roux, R.-M., 1978. La Crau. Données nouvelles et interprétations. *Géologie 382 méditerranéenne*, V(3), 303-324. 383
- ❖ Colomb, E., Roux, R.-M., 1986. La Crau, histoire Plio-Pléistocène. *Méditerranée*, 3, p. 31-42.
- ❖ Cova, R., 1965. Étude hydrogéologique de la partie septentrionale de la Crau et des reliefs de bordure. Thèse, Universités de Montpellier et de Marseille, 157 pp.
- ❖ Denizot G. Le Pliocène dans la vallée du Rhône. In: *Revue de géographie de Lyon*, vol. 27, n°4, 1952. pp. 327-357.
- ❖ Depons A., 2007, Les mécanismes de contrôle de l'érosion messinienne dans le bassin de Camargue, mémoire de stage.
- ❖ Miller, K.G., Kominz, M.A., Browning, J.V., Wright, J.D., Mountain, G.S., Katz, M.E., Sugarman, P.J., Cramer, B.S., Christie-Blick, N., Pekar, S.F., 2005. The Phanerozoic record of global sea-level change. *Science* 310, 1293–1298.
- ❖ Molliex, S., 2009. Caractérisation de la déformation tectonique récente en Provence (SE France). PhD 443 thesis, Aix-Marseille III University, 350 pp.
- ❖ Molliex, S., Siame, L., Bourlès, D., Bellier, O., Braucher, R., Clauzon, G., 2013. Quaternary evolution of a large alluvial fan in a periglacial setting (Crau Plain, SE France) constrained by terrestrial cosmogenic nuclide ( $^{10}\text{Be}$ ). *Geomorphology* 195, 45-52.
- ❖ Roure, S., Duvail, C., Aunay B., Le Strat, P., 2004, Géodynamique des systèmes plio-quaternaires des nappes alluviales de la plaine de la Crau. BRGM/RP-53088-FR, 69 p., 29 ill.
- ❖ Séraphin, P., 2016. Contribution du traçage isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta\text{D}$ ) à la compréhension et à la modélisation hydrogéologique de la nappe de la Crau. Thèse, Université d'Aix-Marseille.
- ❖ SYMCRAU 2015 *Bulletin sur l'état quantitatif de la nappe de la Crau - Période décembre 2013 - décembre 2014*, Rapport Juillet 2015, 24 p.
- ❖ Terrier, M., Courrioux, G., Martelet, G., avec la collaboration de Bitri, A., et Hanot, F. (2007) – Etude de la faille de Salon-Cavaillon (Région PACA, France) – Rapport final. BRGM RP-55989-FR, 177 p., 66 fig., 3 ann.

## Liste des figures

Figure 1: Carte des limites administratives du SYMCRAU .....	2
Figure 2: Épaisseur de l'aquifère d'après Roure & al. (2004) .....	3
Figure 3: Épaisseur de l'aquifère montrant l'existence d'un sillon central, d'après Séraphin (2016) .....	4
Figure 4: L'agro-hydrosystème de la plaine de la Crau dans les limites de la nappe libre, isopièzes octobre 2013 (SYMCRAU, 2015) .....	5
Figure 5: Qualité des données .....	7
Figure 6: Fonctionnement de la faille de Salon-Cavaillon (D'après Molliex,2009) .....	9
Figure 7: Synthèse des évènements anté-pliocène (d'après les données de Miller et al. 2005).....	13
Figure 8: Variations eustatique (d'après les données de Miller et al. 2005) .....	14
Figure 9: Log géologique d'après Séraphin (2005) et log du Miocène .....	15
Figure 10: Présence du Plaisancien .....	16
Figure 11: Altitude du toit du Plaisancien et Isohypeses du Messinien .....	17

## **5 ANNEXE 4 - DEPENDANCE DES ZONES HUMIDES AVEC LA PROFONDEUR DE LA NAPPE – DECEMBRE 2018**



# Sensibilité de la nappe aux conditions de prélèvements et de recharge & gestion de crise

DEPENDANCE DES ZONES HUMIDES AVEC LA  
PROFONDEUR DE LA NAPPE

---

## Table des matières

1.	Préambule	3
2.	Typologie des zones humides de Crau	5
3.	Répartition des zones humides de Crau	8
4.	Discussion	21

# 1. PREAMBULE

Le SYMCRAU porte le projet dit **SINERGI**, dont l'objectif est de déterminer les conditions de recharge et de prélèvement préservant les usages prioritaires de la nappe, notamment l'approvisionnement en eau potable des populations et le maintien du bon état des milieux naturels alimentés par la nappe, et pour limiter les impacts pour les autres usagers de la ressource (secteur agricole et industriel). Cette analyse a pour but d'identifier et de tester les mesures pouvant être mises en œuvre dans le cadre d'un plan de gestion de crise sécheresse pour rétablir les équilibres quantitatifs de la ressource.

Pour réaliser ces objectifs, le SYMCRAU dispose du modèle de simulation des recharges et des écoulements souterrains appelé MHYCRAU qu'il doit utiliser pour réaliser le projet. Afin de garantir une mise en œuvre efficace du projet dans les délais impartis, le SYMCRAU a renforcé son expertise par un cabinet de conseil en hydrogéologie (HYDROFIS), possédant des compétences dans l'élaboration d'études similaires. Il est accompagné dans cette assistance par la société ECOSPHERE qui a pour mission principale de travailler sur les relations entre la nappe et les milieux humides en Crau.

La complexité des interactions entre les eaux froides et oligotrophes provenant de la nappe de Crau, les eaux plus chaudes et turbides issues des circulations de surface et les eaux chargées en sels à proximité du biseau salé du golf de Fos, se traduit par des mosaïques d'habitats naturels hygrophiles localement très complexes. L'organisation des peuplements végétaux répond aux gradients écologiques le long desquels s'échelonnent milieux humides et milieux secs, milieux salés et milieux doux, milieux froids et milieux tempérés. Les transitions sont facilement identifiables grâce aux espèces structurantes dans les différentes situations, par exemple les marais à Marisque dans les zones sous influence de la nappe, peuplements héliophytiques à roseau, scirpes et joncs associés aux eaux de surface ou les groupements halophiles sous influence des eaux littorales.

Ces zones humides présentent un intérêt écologique exceptionnel, qui s'est traduit par la délimitation de nombreux périmètres de sites naturels à fort enjeu de conservation. Parmi les zones humides de Crau, les marais froids à Marisque et les laurons, puits naturels ouverts dans les alluvions directement alimentés par les affleurements et les résurgences de la nappe, sont considérés comme les plus remarquables. C'est l'originalité des cortèges floristiques qui a depuis attiré l'attention des scientifiques sur la singularité et la fragilité de ces milieux. Beaucoup d'espèces végétales considérées comme des reliques glaciaires, habituellement liées aux zones de montagnes, trouvent refuge dans un contexte méditerranéen. C'est le cas par exemple de la Gentiane pneumonanthe ou la Parnassie des marais, espèces communes en montagne mais habituellement absentes de l'aire méditerranéenne. Plus d'une vingtaine d'espèces végétales remarquables doivent ainsi leur maintien à la présence régulière voire constante (dans les laurons) des eaux fraîches de la nappe. Les analyses conduites sur les populations d'invertébrés aboutissent aux mêmes constatations.

Dès lors, les espèces végétales et les habitats naturels peuvent être utilisés en tant qu'indicateurs biologiques des conditions d'alimentation des zones humides, par des eaux souterraines ou des eaux superficielles. La connaissance de ces indicateurs est suffisante sur l'aire géographique concernée : la cartographie des zones humides fait l'objet d'une actualisation réalisée par le CEN PACA, les habitats

naturels bénéficient de cartographies réalisées dans le cadre du programme Natura 2000 (notamment site FR9301596 : Marais de la vallée des Baux et marais d'Arles) et la répartition des espèces végétales est renseignée grâce à la base de données floristique Silene-Flore.

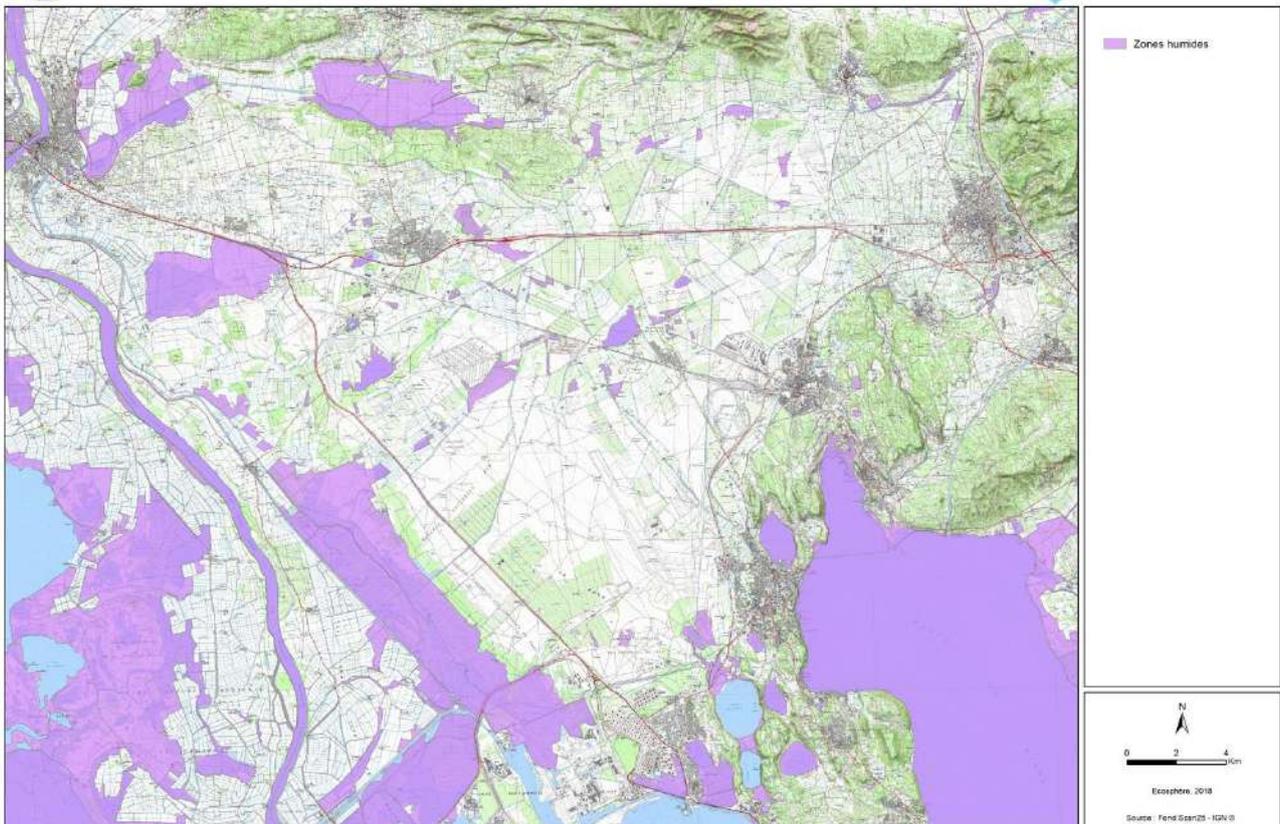
L'ensemble de ces données a été mobilisé afin d'identifier les secteurs présentant la plus grande sensibilité vis-à-vis de la ressource en eau en provenance de la nappe. Les croisements opérés entre les différentes sources de données cartographiques (géologiques, hydrogéologiques, géographies, écologiques et biologiques) ont conduit à sélectionner des hydrosystèmes représentatifs de la diversité des milieux humides de la Crau. Ces hydrosystèmes ont fait l'objet de visites de terrain permettant de confirmer ou non la qualité des indicateurs et les liens entre écosystèmes de surface et alimentation par des eaux souterraines.

## 2. TYPOLOGIE DES ZONES HUMIDES DE CRAU

Bien qu'homogène sur le plan climatique et morphologique, la plaine de la Crau présente des contrastes écologiques très marqués qui se traduisent en premier lieu par une opposition radicale entre les milieux steppiques arides et les milieux humides. Aux coussouls, pelouses sèches pâturées sur sols squelettiques, s'opposent des zones de marais (dépression des Baux, au nord et dépression du Vigueirat à l'ouest) qui s'intercalent entre la plaine et les unités écologiques périphériques : Alpilles, Camargue, vallée du Rhône, littoral du golfe de Fos... Plus éparses et discontinues, d'autres zones humides s'observent au cœur de la plaine de Crau.



Localisation des zones humides

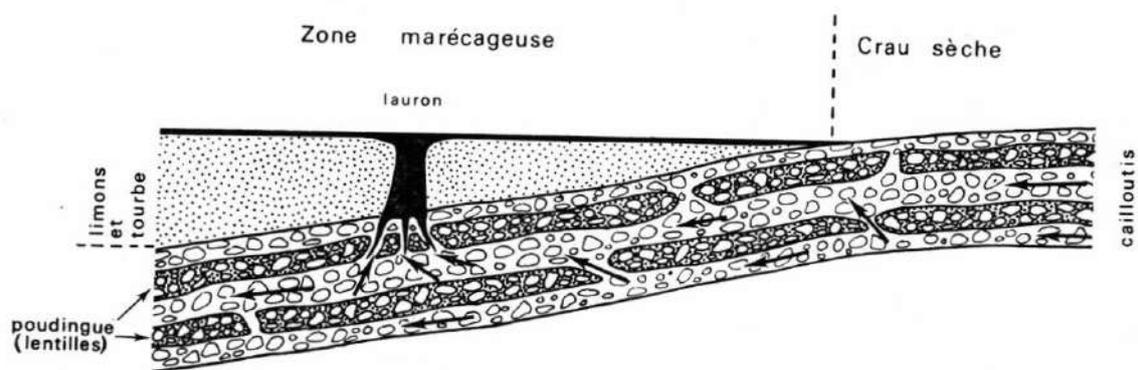


Ces zones humides présentent une grande diversité et répondent à plusieurs gradients écologiques : saturation en eau des sols, salinité du substrat, profondeur des nappes, permanence de la ressource, utilisation des sols... Rattachés aux zones humides, on reconnaît les groupements végétaux suivants :

- ✓ des marais alimentés par des eaux souterraines froides toute l'année et peu turbides. Ils caractérisent principalement les secteurs où la nappe émerge, notamment dans les bordures ouest et nord ;
- ✓ des étangs et canaux alimentés par des eaux de surface, plus chaudes et turbides, provenant du ruissellement des précipitations ou des apports de l'irrigation ;
- ✓ des mares temporaires, caractérisées par le développement saisonnier de groupements éphémères, qui se développent pleinement au printemps puis disparaissent durant la sécheresse estivale ;
- ✓ des prairies humides pâturées, en bordure des marais ou des étangs ;
- ✓ des forêts alluviales dont la physionomie et la composition floristique est identique à celle des ripisylves qui accompagnent les fleuves et cours d'eau méditerranéens.

Chaque type de zone humide est caractérisé par des cortèges floristiques particuliers. Si les zones d'étangs et les ripisylves se structurent autour d'espèces ubiquistes répandues dans un grand nombre de zones humides médio-européennes et méditerranéennes (roselières à Roseau commun par exemple), les marais, les prairies humides de bordure et les mares temporaires hébergent des espèces végétales remarquables, pour un grand nombre protégées, et pour certaines d'une grande rareté.

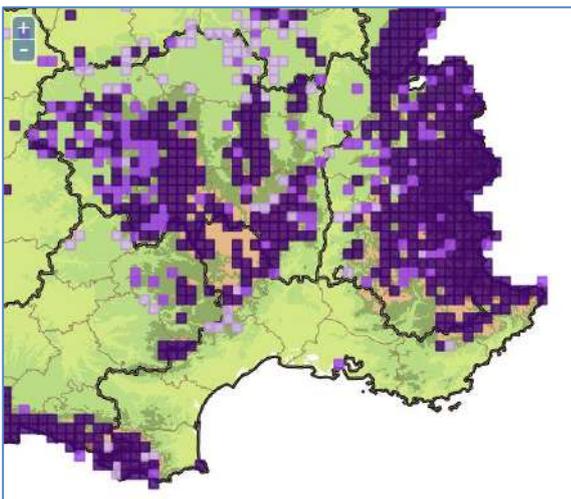
La présence d'**espèces typiques de milieux froids** est sans conteste la principale originalité floristique de la Crau humide. Ces espèces qualifiées de reliques glaciaires présentent des exigences écologiques caractéristiques des zones montagnardes ou boréales et leur présence dans le contexte méditerranéen aride de la plaine de Crau est très singulière. Les études conduites sur les communautés d'invertébrés montrent également la régularité dans ces milieux d'espèces boréo-alpines, trouvant dans la plaine de la Crau des stations marginales vis-à-vis de leur aire de répartition. L'explication généralement avancée pour comprendre la présence en Crau de ces espèces est le maintien de populations en situation de refuge dans les zones les plus froides lors du réchauffement qui a suivi la dernière période glaciaire. Les milieux les plus froids s'identifient dans les zones de remontée de la nappe, où est disponible toute l'année une grande quantité d'eau claire, oligotrophe, froide et à température à peu près constante. Les remontées de nappe s'identifient essentiellement au niveau de laurons. Ces laurons peuvent être ouverts ou colmatés par la matière organique d'origine végétale.



Coupe schématique d'un lauron (source : Giudicelli J & al., 1980)

Ces zones sont le plus souvent occupées par des peuplements de Marisque (*Cladium mariscus*), herbacée de grande taille fréquente dans les zones humides froides.

Parmi les espèces très originales présentes dans ces milieux, on peut citer la Parnassie des marais (*Parnassia palustris*), la Scutellaire en casque (*Scutellaria galericulata*), la Gentiane des marais (*Gentiana pneumonanthe*), la Fougère des marais (*Thelypteris palustris*), l'Euphorbe des marais (*Euphorbia palustris*), etc. L'espèce la plus originale est sans doute le très discret Liparis de Loesel (*Liparis loeselii*), découvert en Crau humide en 1948, revu en 1964 mais jamais retrouvé depuis. La présence de cette orchidée typique de prés tourbeux et de bas-marais calcicoles des régions froides, illustre parfaitement le rôle de refuge important qu'ont pu jouer les zones humides de Crau dans la conservation d'espèces à aire méditerranéenne à boréale dans un contexte méditerranéen aride. Sa disparition récente présumée du secteur illustre quant à elle la fragilité des populations de ces espèces et leur précarité dans un contexte de modification climatique (changement climatique à l'échelle des temps géologiques, mais aussi modifications climatiques récentes).



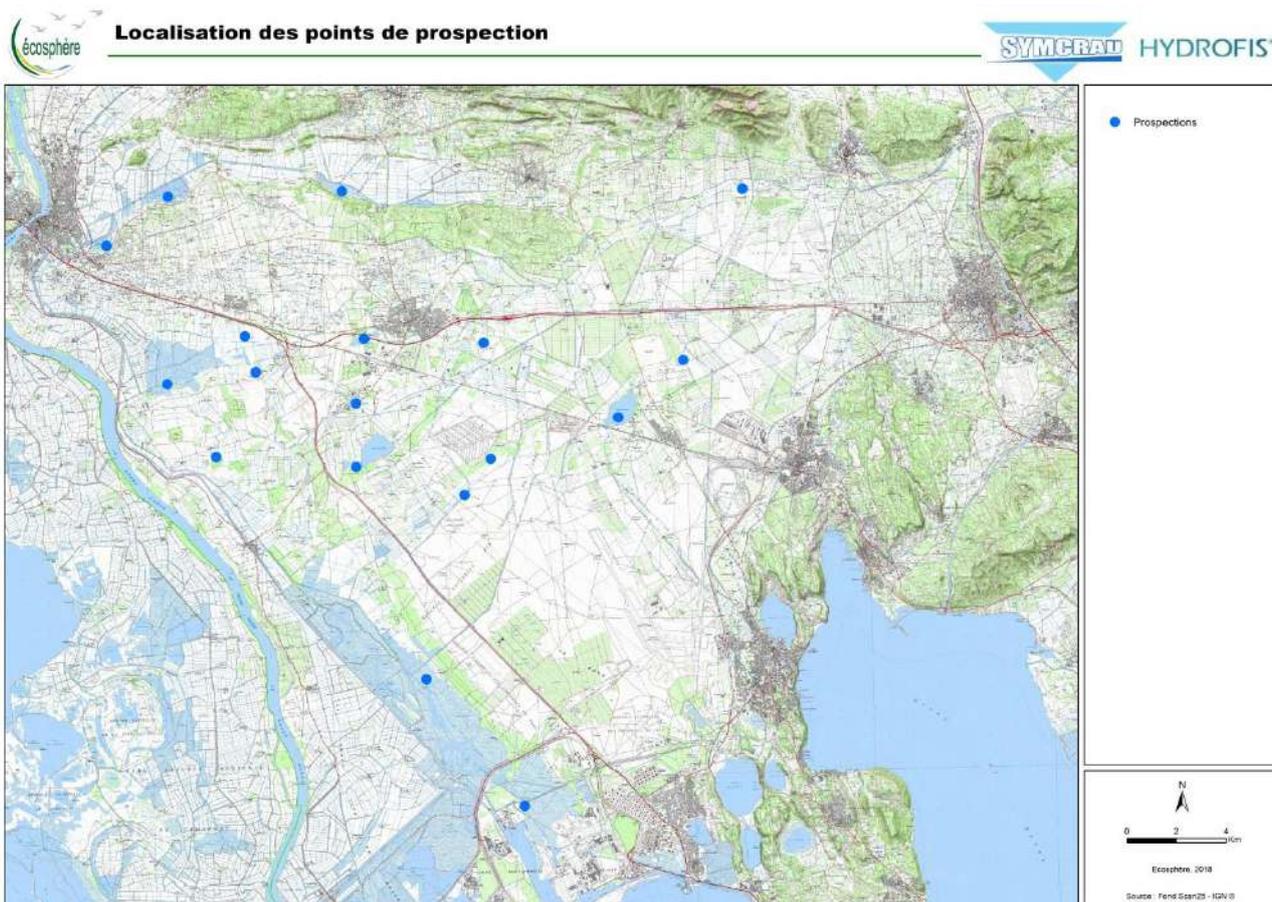
Exemple : répartition de *Parnassia palustris* dans le sud-est de la France

Des **prairies humides** sont fréquentes en transition des marais froids. Elles aussi sont importantes pour la conservation d'espèces mésophiles, généralement rares en région méditerranéenne, et souvent dépendantes de milieux en forte régression dans la région. Le Spiranthe d'été (*Spiranthes aestivalis*), la Gratiola (*Gratiola officinalis*), l'Orchis des marais (*Anacamptis palustris*), la Linaire grecque (*Kickxia commutata*), la Scorzonère à petites fleurs (*Scorzonera parviflora*) ou l'Euphorbe à feuilles de graminées (*Euphorbia graminifolia*), toutes protégées, figurent parmi les espèces emblématiques de ces prairies humides.

Les **mars temporaires** de Crau constituent également des hauts-lieu de la biodiversité provençale, avec des espèces d'une très grande rareté, dont certaines trouvent ici leur unique station française. C'est le cas de la Germandrée de Crau (*Teucrium aristatum*) dont la mare de Lanau constitue la seule localité française et de la Germandrée campanulée (*Teucrium campanulatum*), espèces ouest-méditerranéenne de découverte très récente en France dans le bois de Chambreyron. La verveine couchée (*Verbena supina*), la Menthe des cerfs (*Mentha cervina*), l'Etoile d'eau (*Damanonium polyspermum*), la Salicaire à trois bractées (*Lythrum tribracteatum*) ou la Pulicaire commune (*Pulicaria vulgaris*) sont des exemples d'espèces remarquables de ces milieux très rares et vulnérables.

### 3. REPARTITION DES ZONES HUMIDES DE CRAU

Afin de disposer d’une connaissance partagée par les différents acteurs dans les différentes configurations de développement de zones humides en Crau, quatre visites de terrain ont été réalisées avec les gestionnaires des milieux naturels. Ces visites ont ciblé des zones humides de différente nature, réparties dans l’ensemble du territoire. La carte suivante indique la localisation des sites visités.

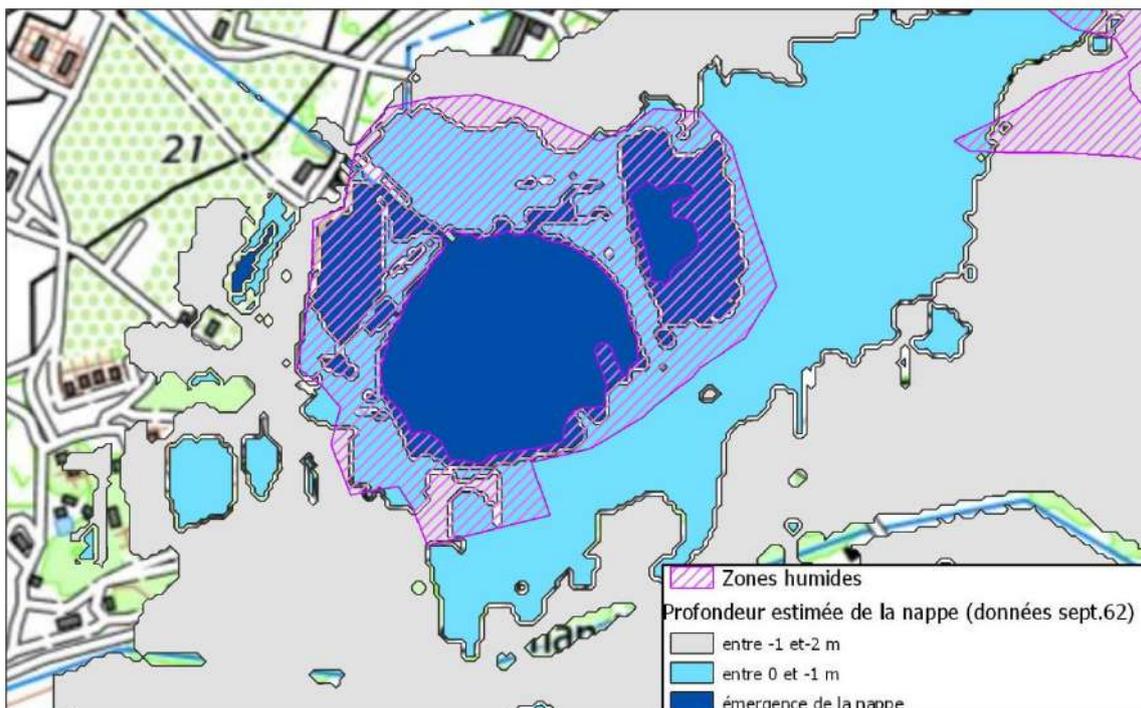


#### ETANG DE LA DYNAMITE

Des roselières à Roseau commun (*Phragmites australis*) se développent sur les marges du plan d’eau et les secteurs de hauts fonds, notamment au nord et à l’est. On y relève les espèces compagnes habituelles dans les zones humides tempérées et eutrophes. La présence de ces roselières justifie la sélection du site à l’inventaire des zones humides des Bouches-du-Rhône. Hormis quelques renoncules aquatiques, le plan d’eau n’accueille pas d’herbiers de macrophytes et les groupements de bordure n’abritent pas d’espèces

liées aux eaux froides et oligotrophes témoignant d'une influence de la nappe. Bien qu'une alimentation ténue de l'étang par la nappe de Crau soit possible au travers des horizons limono-argileux, notamment en été, l'essentiel de l'alimentation est réalisée par des eaux de surface : précipitation, excédents d'eau d'irrigation et eaux issues des processus industriels après traitement. Les habitats naturels et les espèces ne présentent aucune dépendance vis-à-vis de la gestion des niveaux de la nappe.

La cartographie des niveaux de nappe sur la base des données piézométrique de septembre 1962 indique une proximité de la nappe dans ce secteur. Cette proximité est plausible, notamment en raison de la présence d'autres zones humides en périphérie (ripisylves et étang du mas de Vert pré notamment). Le probable colmatage du fond de l'étang et la prédominance des apports d'eau de surface provenant de l'irrigation limitent fortement l'influence d'éventuels apports de la nappe.



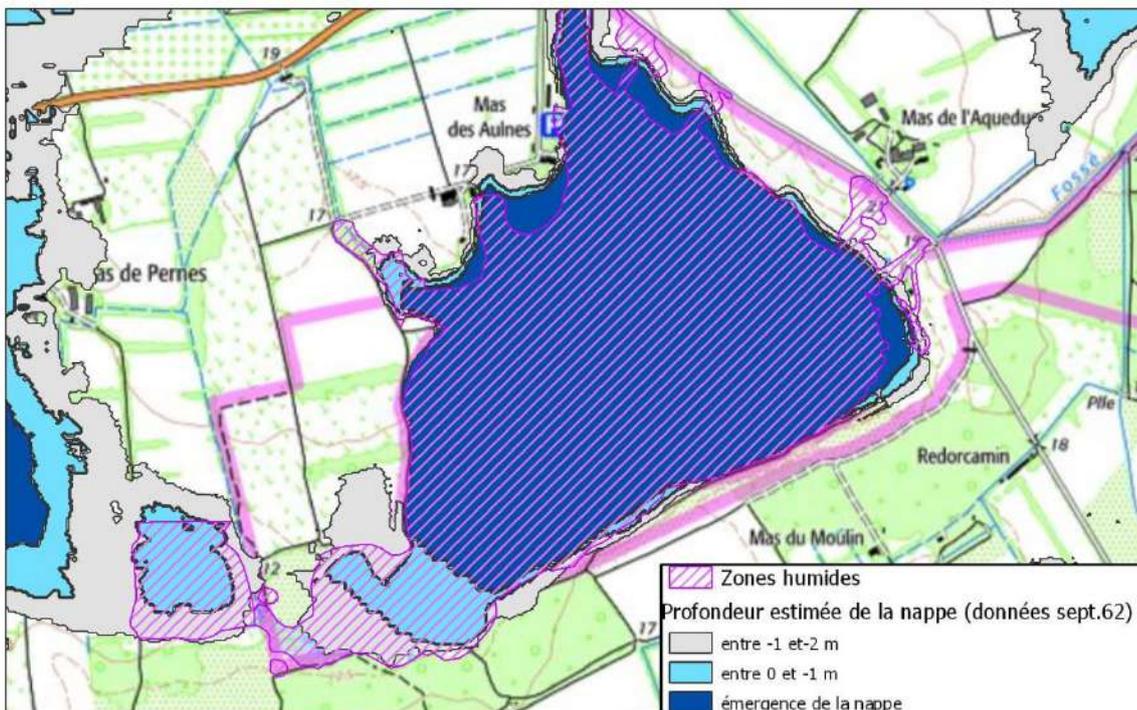
## ÉTANG DES AULNES

Figurant parmi les derniers étangs peu altérés de Crau, l'étang des Aulnes accueille sur ses marges des zones humides de grand intérêt : des ripisylves à Peuplier blancs au niveau des rebords et des vallats qui alimentent l'étang, des prairies humides, notamment au niveau du Mas de l'Aqueduc, quelques herbiers d'hydrophytes flottants, des roselières sur les marges et surtout au niveau de l'exutoire de l'étang, enfin des zones temporairement humides rappelant des mares temporaires méditerranéennes. Ces habitats assurent la conservation d'espèces animales et végétales remarquables qui ont justifié la désignation du site à l'inventaire des ZNIEFF et son rattachement au site Natura 2000 des Trois Marais.

L'enjeu biologique majeur de l'étang des Aulnes réside dans l'originalité des mares temporaires qui se développaient sur de petites surfaces discontinues à la pointe sud-ouest de l'étang, sur des dépressions argileuses humides en hiver et début de printemps. La présence d'espèces protégées très rares en région PACA comme la Menthe des Cerfs (*Mentha cervina*), la Verveine couchée (*Verbena supina*) ou la Pulicaire commune (*Pulicaria vulgaris*) dans ces milieux milite pour une attention particulière. Conditionnée par des débordements du marais en hiver et début de printemps suivis d'un assec estival, la conservation de ces

habitats repose sur la gestion des niveaux d'eau de surface et n'est pas dépendante des battements de la nappe. Aujourd'hui, les aménagements mis en œuvre dans l'objectif de restauration de la roselière du marais ont altéré le fonctionnement et l'état de conservation de ces milieux à faible valence et très peu résilients.

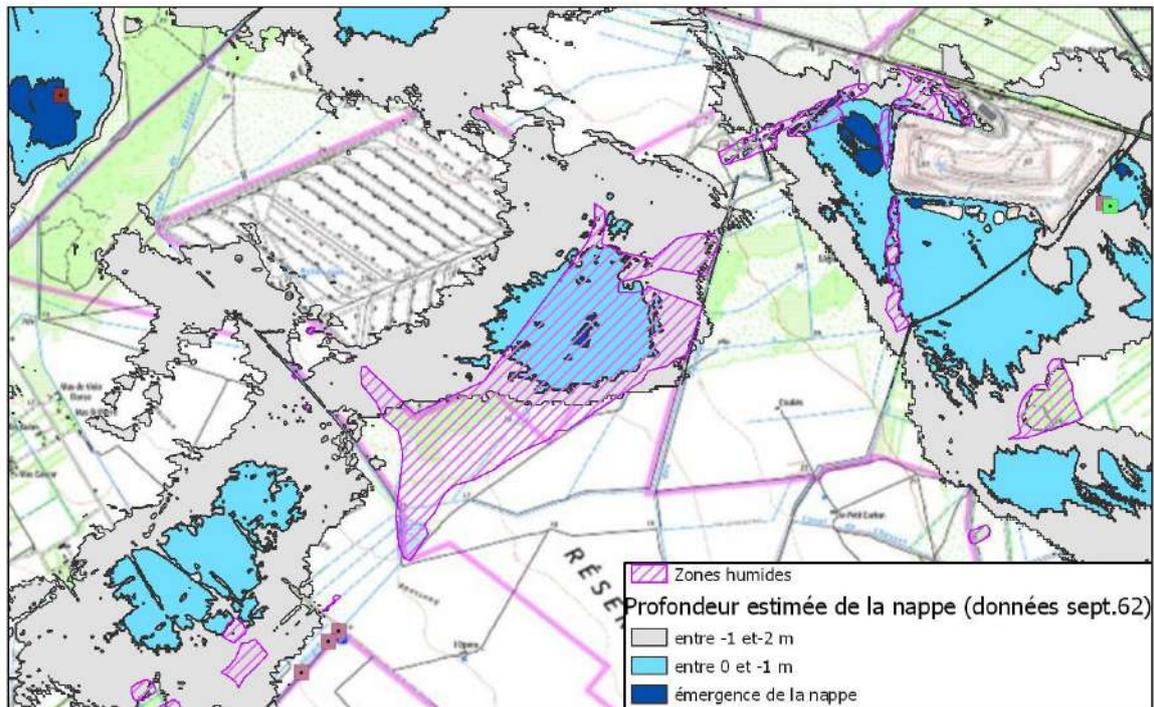
L'exutoire de l'étang des Aulnes alimente l'étang du Mas de Pernes. La carte basée sur les relevés piézométriques de septembre 62 montre que la nappe est peu profonde dans ce secteur, sans toutefois indiquer d'émergence. L'absence d'observations naturalistes ne permet pas de caractériser le fonctionnement de cette zone humide et d'évaluer les influences réciproques des apports superficiels et souterrains.



### ANCIEN MARAIS DE BAUSSENQ

Les résurgences de nappe alimentent des zones humides en bon état de conservation. Différents faciès de zones humides herbacées se développent en relai, entre des boisements hygrophiles à Platane et Peuplier blanc à l'ouest, et des pelouses sèches à l'est. Ces peuplements herbacés se structurent en mosaïques de cariçaias, mégaphorbiaies et prairies humides, en fonction de la teneur en eau des sols et de la durée d'inondation. Plusieurs espèces remarquables sont citées dans ces milieux, notamment l'Orchis à fleurs lâches (*Anacamptis laxiflora*), la Gratiolle (*Gratiola officinalis*) et l'Ophioglosse commun (*Ophioglossum vulgatum*). Cette enclave de milieux typiques de la Crau humide est singulière dans ce contexte très aride. Bien que les espèces inféodées aux milieux les plus froids de la Crau semblent absentes de cette zone humide, les cortèges rappellent sans équivoque ceux des prairies humides fraîches qui se développent en bordure des marais associés aux zones d'émergence de nappe.

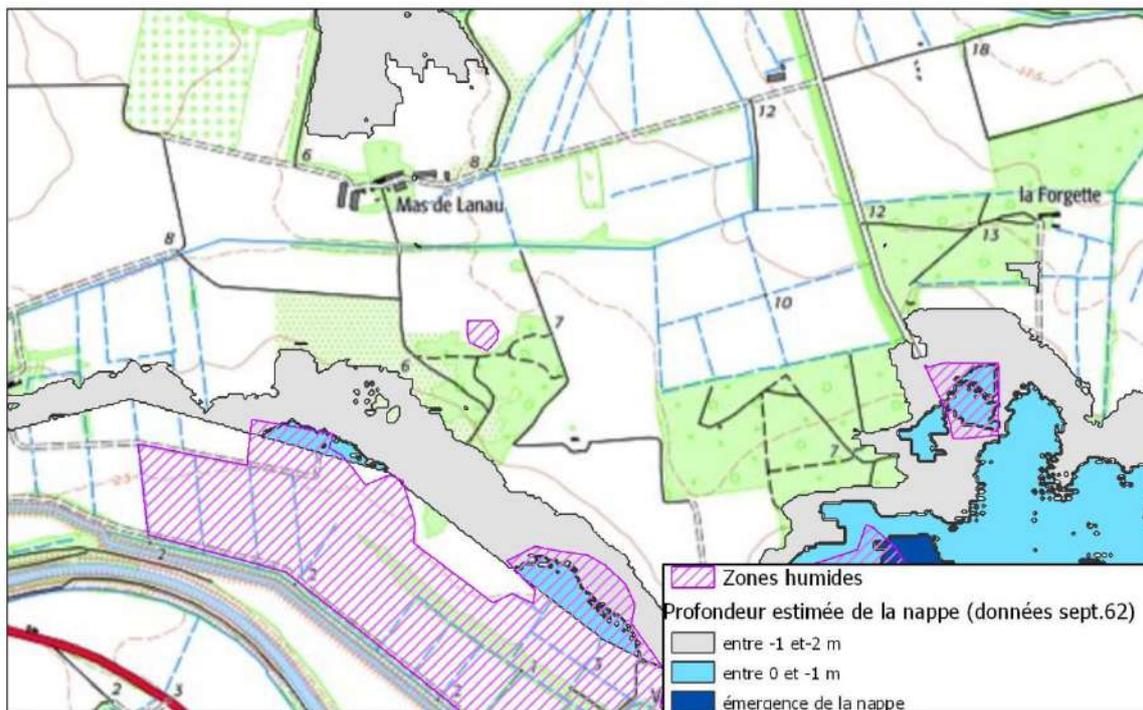
La cartographie des niveaux de nappe sur la base des données piézométrique de septembre 1962 montre une zone de débordement au centre d'un périmètre où la nappe est peu profonde. Cette représentation est conforme aux observations de terrain.



## MARE DE LANAU

La mare de Lanau est un site emblématique de la botanique provençale, avec un remarquable cortège floristique typique des zones humides temporaires méditerranéennes et surtout la présence d'une espèce rarissime, la Germandrée de Crau (*Teucrium aristatum* subsp. *cravense*) qui trouve ici sa seule station française. L'expression des cortèges représentatifs des milieux humides y est inconstante, certaines espèces caractéristiques ne s'étant pas exprimées depuis plusieurs années. L'alimentation de la mare est réputée mixte, provenant d'une part de la pluviométrie, d'autre part de laurons. L'absence d'eau lors de la visite du site, au moment où la nappe est en charge par les apports de l'irrigation, ne plaide pas pour une alimentation notable via la nappe. Par ailleurs, l'abondance des Chênes verts dans le paysage témoigne d'un contexte globalement xérophile, avec peu de probabilités de connexion avec les eaux souterraines. Les descriptions anciennes de ce biotope sont ambiguës. Les botanistes René Molinier et Gabriel Tallon livrent une analyse précise du site et décrivent en 1947 « des entonnoirs dont les dimensions varient de 0.5 à 1 m environ de diamètre et dont la profondeur est de 0.3 m, tapissés d'une vase de couleur gris-noirâtre... ». Plus récemment, des mentions d'alimentation par des laurons, figurent dans les données ZNIEFF (INPN, 2016) et dans la fiche de caractérisation de la masse d'eau « Cailloutis de Crau » (Agence de l'eau, 2014). Ces données méritent d'être précisées. Si une alimentation par la nappe était confirmée, le maintien de la ressource serait une priorité pour la conservation de cet espace.

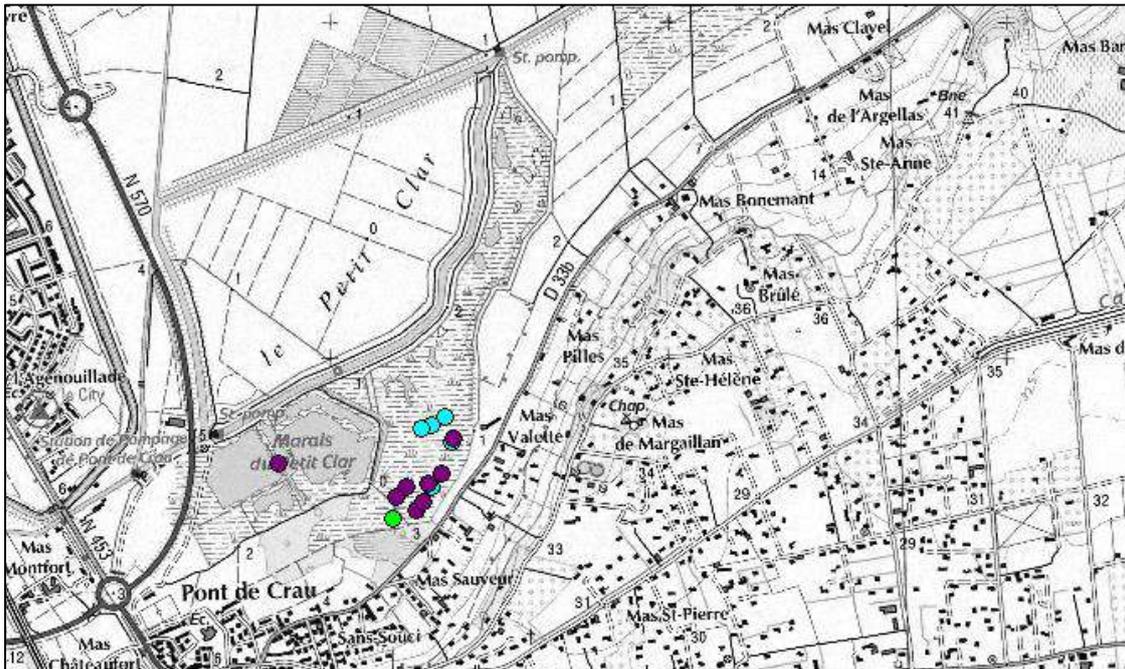
Les cartes issues de l'analyse des données piézométriques de septembre 1962 ne laissent toutefois pas apparaître une proximité de la nappe dans le secteur de Lanau. Les données analysées indiquent en effet une profondeur de nappe située entre 2 et 4 m, rendant difficile les possibilités d'alimentation de la cuvette naturelle.



### PETIT CLAR ET GRAVIÈRE

Le développement important des roselières à Phragmite commun indique un plan d'eau essentiellement alimenté par des eaux superficielles, issues des ruissellements dans le bassin versant et des fuyants d'irrigation. Même observés de loin, les étangs montrent des eaux grises. Le site n'étant pas accessible, les bases de données floristiques ne comportent pas d'informations sur les habitats naturels et la végétation du site, et ne permettent pas de disposer d'indices relatifs à des connexions même partielles avec les eaux souterraines.

Concernant l'étang de Beauchamps, la situation est plus contrastée. L'organisation et la composition floristique des peuplements naturels témoignent d'une double alimentation, au moins localement. Les grandes étendues d'eau grises bordées de roselières et colonisées par le Nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) sont caractéristiques d'étangs alimentés par les ruissellements superficiels et l'irrigation. En revanche, à l'aplomb du Mas Sauveur et du Mas Valette, les bordures accueillent des cladiaies, formations à Marisque (*Cladium mariscus*) caractéristiques de marais froids. L'observation sur le site de l'Écuelle d'eau (*Hydrocotyle vulgaris*), espèce qui partage la même écologie que le Marisque, renforce cette hypothèse, tout autant que l'abondance des stations d'espèces de milieux froids qui figurent dans la base de données Silene : plusieurs reliques glaciaires y sont notées, comme la Scutellaire casquée (*Scutellaria galericulata*), la Fougère des marais (*Thelypteris palustris*) ou l'Euphorbe des marais (*Euphorbia palustris*).



Localisation de trois espèces de milieux humides froids : *Cladium mariscus* (violet), *Scutellaria galericulata* (bleu) et *Thelypteris palustris* (vert)

L'analyse hydrogéologique montre que l'essentiel du système est alimenté par des eaux superficielles et que les échanges avec la nappe sont faibles et localisés. La présence de résurgences est toutefois très probable sur les marges du marais du Petit Crau, avec des flux suffisants pour permettre le maintien de la cladiaie et des espèces végétales compagnes caractéristiques. La qualité des habitats naturels et l'abondance des stations d'espèces rares dont plusieurs sont protégées militent pour la conservation stricte des apports d'eaux souterraines.

## MARAI DE MEYRANNE

La situation hydrogéologique et l'analyse des isopièzes indiquent l'alimentation des marais par la nappe de Crau. Les apports d'eaux froides se traduisent bien dans les cortèges floristiques par la présence des espèces liées aux marais froids, par exemple le Marisque (*Cladium mariscus*), le Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*), la Fougère des marais (*Thelypteris palustris*) ou la Scutellaire à casque (*Scutellaria galericulata*). Cependant, l'organisation de la végétation apparaît complexe et témoigne de la diversité des apports d'eau, mais également des modalités de la gestion mise en œuvre par les chasseurs. En effet, le paysage végétal s'organise en mosaïques de formations associées à des eaux superficielles comme les roselières à Roseau commun (*Phragmites australis*), de cladiaies typiques des milieux froids associés aux eaux souterraines et de peuplements de transitions comme des Jonchaies à Jonc des chaisiers (*Schoenoplectus tabernaemontani*) et des cariçaias à Carex élevé (*Carex elata*).

Le maintien de la diversité des apports d'eau est prépondérant pour la conservation de ce site qui mériterait des investigations plus approfondies.

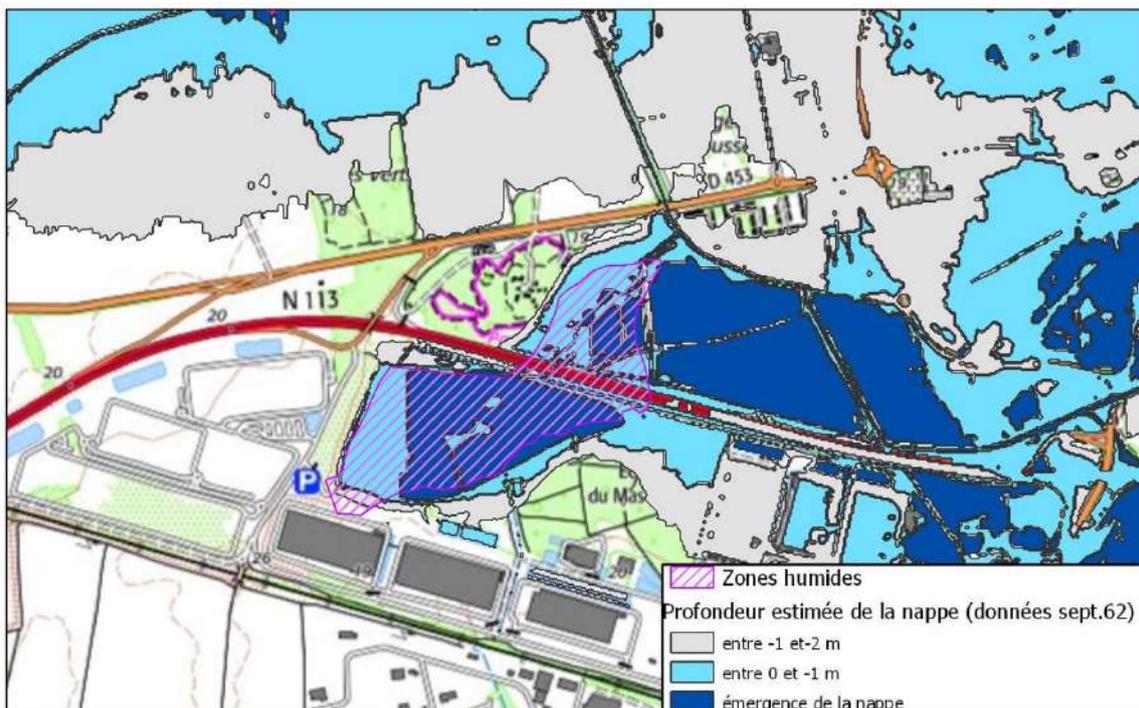
## MARAI DES CHANOINES

Situé dans le prolongement du marais de Meyranne, il est caractérisé par une influence très forte de la nappe sur l'organisation des peuplements. L'abondance de laurons actifs ou colmatés est une originalité de ce marais dans lequel s'observent de nombreuses stations d'espèces de milieux froids, au niveau des zones inondées (Fougère des marais (*Thelypteris palustris*) et Marisque (*Cladium mariscus*) par exemple) et au niveau des prairies humides (Herbée dorée (*Senecio doria*), Cirse de Montpellier (*Cirsium monspessulanum*), Orchis des marais (*Anacamptis palustris*), Epipactis des marais (*Epipactis palustris*) et Mouron délicat (*Lysimachia tenella*)).

Des données anciennes mentionnent des espèces liées à des milieux plus froids comme la Gentiane des marais (*Gentiana pneumonanthe*), l'Euphorbe des marais (*Euphorbia palustris*), le Petit Rhinanthus (*Rhinanthus minor*) et le Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*). Ces espèces seraient à rechercher sur le site et ses abords, pour caractériser ou non une baisse de l'influence des eaux souterraines fraîches. C'est par ailleurs dans ce secteur que figurent les mentions historiques du Liparis de Loesel (*Liparis loeselii*).

## BAISSE DE RAILLON

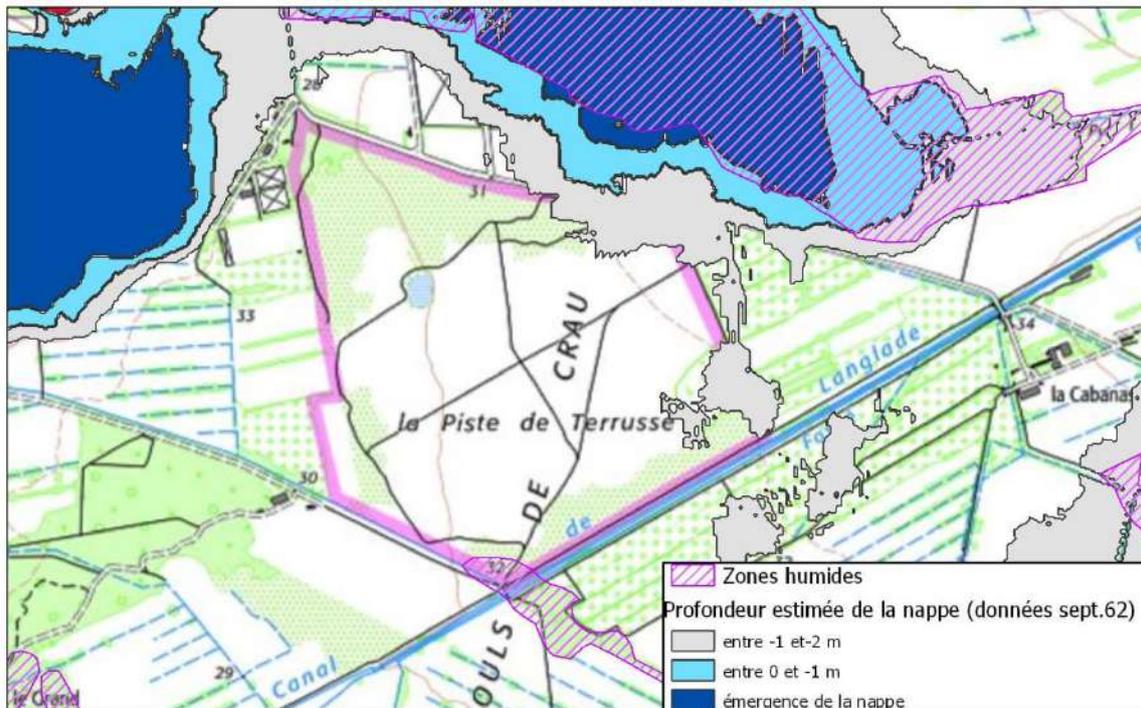
Le plan d'eau de la baisse du Raillon, typiquement lié à l'accumulation d'eau superficielle, ne présente pas d'enjeu notable sur le plan des habitats naturels : bien qu'habitats intéressants pour l'avifaune et l'entomofaune, ces milieux sont répandus, peu sensibles aux perturbations et très résilients en cas d'atteintes. Au nord de la N113, un secteur réduit enclavé dans le golf montre une zone d'émergence de la nappe, avec le développement abondant de la cladaie et la prédominance d'eaux claires dans la roubine de la Chapelette.



La cartographie des niveaux de nappe sur la base des données piézométrique de septembre 1962 témoigne de la proximité de la nappe dans tout le secteur. Les analyses fournissent toutefois une représentation très excessive des secteurs d'émergence. Toutefois, la grande densité des canaux de drainage peut expliquer un assèchement partiel de ce secteur autrefois nommée « marais de St Martin ».

## MARES TEMPORAIRES DE TERRUSSE

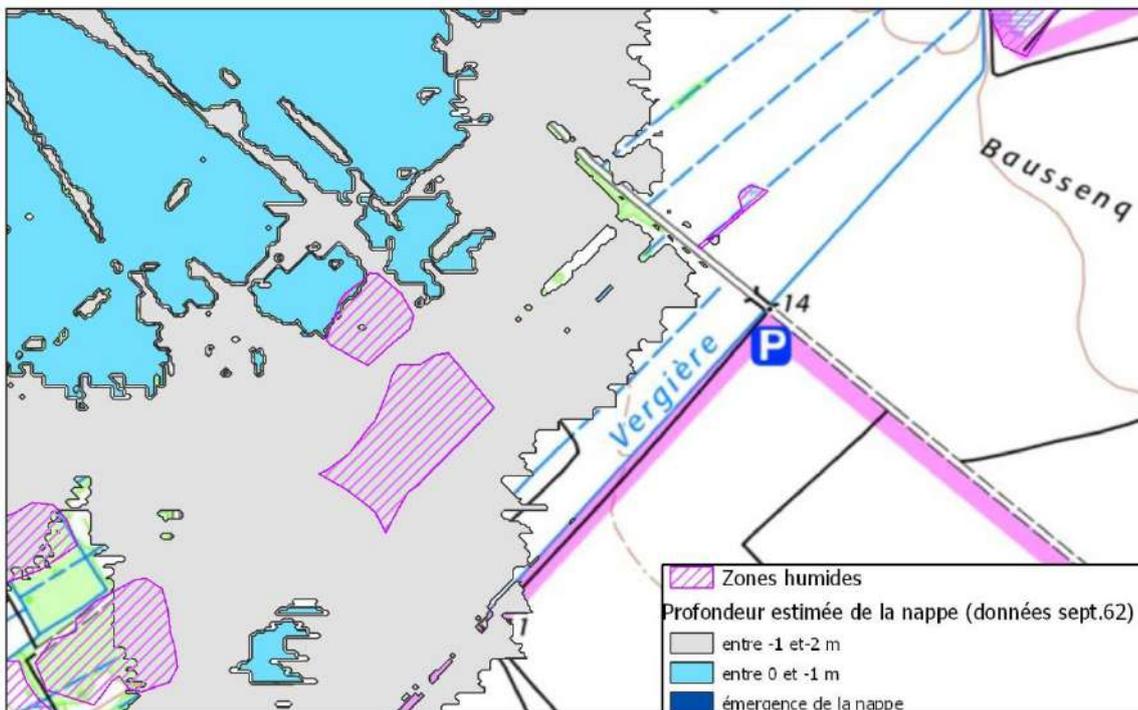
Malgré l'indication cartographique de la présence d'une zone humide, les analyses piézométriques montrent une absence de contact hydraulique avec la nappe. Les analyses piézométriques sont conformes aux observations de terrain : les peuplements végétaux présents ne livrent que des espèces xérophiles et nitrophiles, typiques des zones pâturées de la Crau sèche.



## MARE ET CANAL DE VERGIÈRE

La proximité de la nappe se manifeste par les eaux froides et oligotrophes qui s'écoulent dans le canal de Vergière. La nappe est également visible au sein de l'espace agricole à la faveur d'une dépression sans doute issue d'un prélèvement de matériaux. Ces espaces très contraints par leur morphologie et leur environnement agricole ne permettent pas l'expression d'habitats hygrophiles de grande ampleur. Ils conservent toutefois une très grande qualité, qui se traduit par la diversité exceptionnelle du peuplement d'Odonates (49 espèces connues le long du canal).

La cartographie des niveaux de nappe sur la base des données piézométrique de septembre 1962 répond très bien aux observations de terrain. La limite cartographique des zones de proximité de la nappe (profondeur entre 1 et 2 m) coïncide avec la répartition des parcelles irriguées et cultivées en foin de Crau. Sur site, les contrastes sont marquants entre les zones cultivées, au nord-ouest du canal de Vergière et les zones steppiques pâturées, au nord-est.

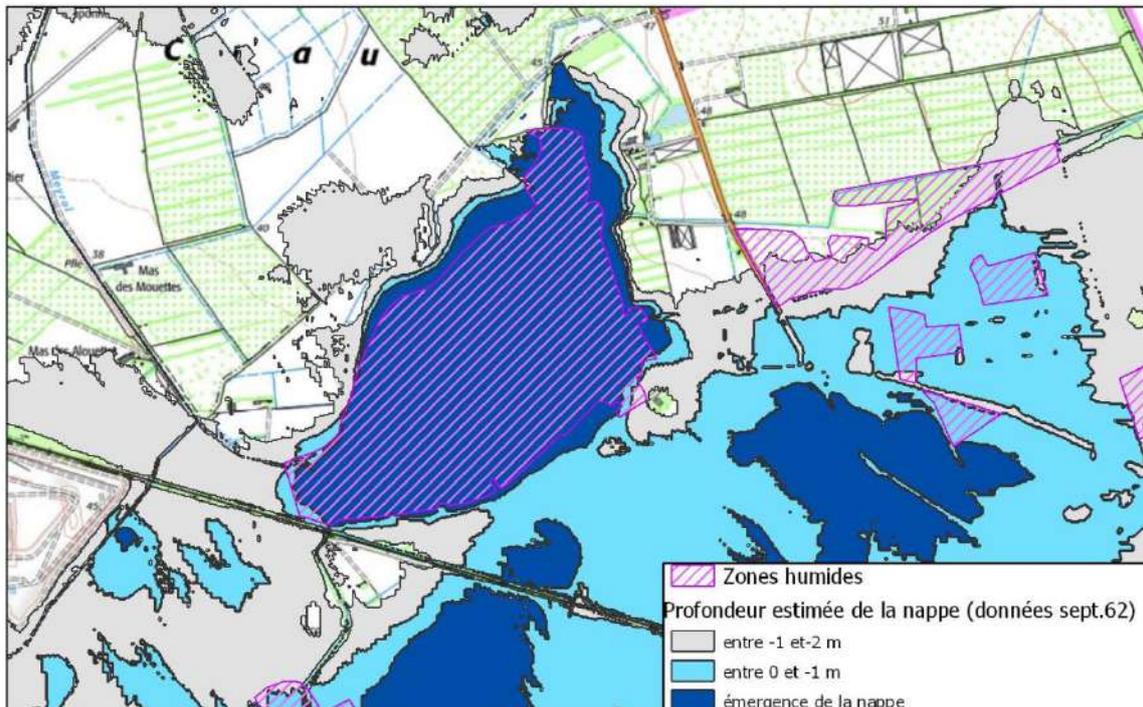


### ÉTANG D'ENTRESSEN

L'étang d'Entressen correspond à une vaste surface en eau autour de 35 m NGF. Il est alimenté par des canaux d'irrigation au Nord (faible débit) mais surtout par le canal de Meyrol. Il alimente au Sud un canal qui dirige ces eaux superficielles vers l'Étang de l'Olivier à Istres.

Malgré l'existence d'échanges de la nappe vers l'étang, qui ont lieu soit localement au travers de la molasse miocène (quart Sud-Ouest, échanges faibles et localisés), soit temporairement par débordement au-dessus des argiles sableuses rouges du Pliocène lorsque les niveaux de la nappe de la Crau sont très élevés, ce sont les apports d'eaux de surface qui conditionnent l'organisation des peuplements naturels. Les espèces hygrophiles recensées sur le pourtour de l'étang se rattachent toutes aux roselières à Roseau commun et aux voiles herbacés qui bordent les canaux. On y relève localement des espèces intéressantes comme la Nivéole d'été (*Leucojum aestivum*) ou le Cresson des marais (*Rorippa palustris*).

Aucune espèce typique des marais froids ne figure dans les bases de données disponibles. Des mentions anciennes (avant 1970) font toutefois état d'espèces mésophiles de prairies fraîches, avec l'Ophioglosse commun (*Ophioglossum vulgatum*), l'Oenanthe fistuleuse (*Oenanthe fistulosa*) ou le Narcisse à bouquets (*Narcissus tazetta*) mais ces données n'ont pas été confirmées par des observations récentes.

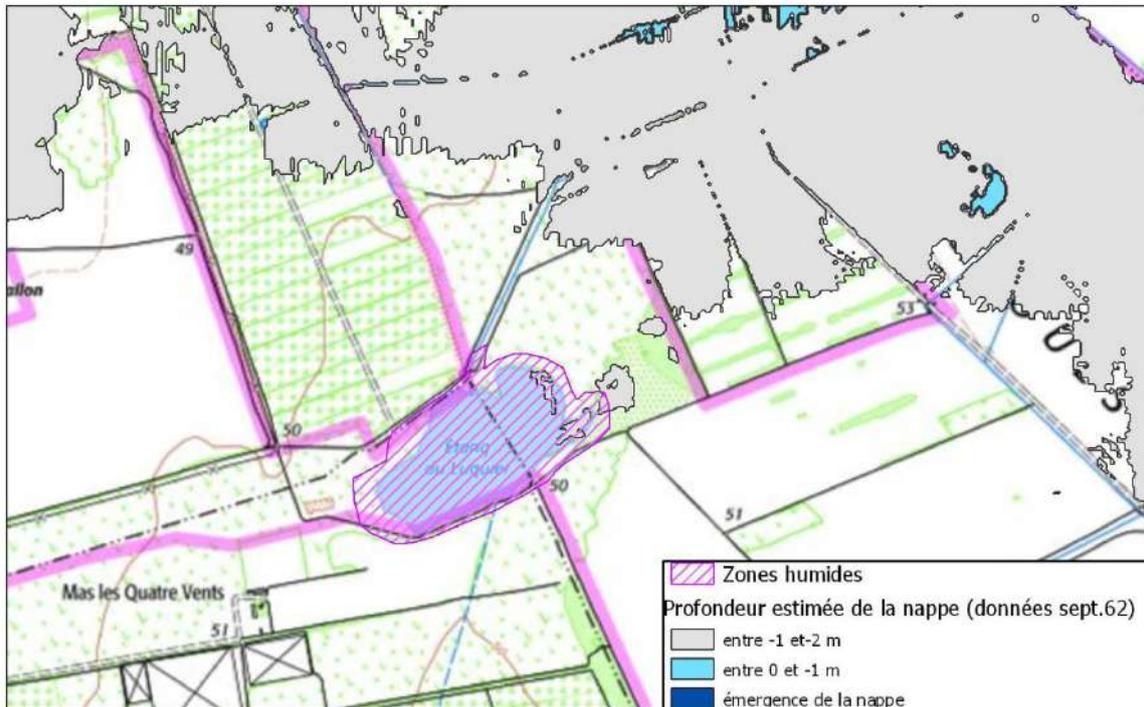


## ETANG DU LUQUIER

Le plan d'eau est principalement bordé de roselières à Phragmite qui signent une alimentation principalement superficielle. Le creusement d'une partie du fond de l'étang par le propriétaire a permis une remontée locale de l'eau de nappe, qui ne se traduit toutefois pas dans le plan d'eau actuel par une différence de turbidité de l'eau ni par des peuplements végétaux particuliers.

L'intérêt biologique du plan d'eau et de ses bordures est essentiellement lié à la faune et à la présence d'espèces hygrophiles indépendantes des eaux froides : Gratiolle (*Gratiola officinalis*) ou Salicaire à trois bractées (*Lythrum tribracteatum*) par exemple. Les mentions anciennes de Menthe de cerfs (*Mentha cervina*) et d'Inule d'Angleterre (*Inula britannica*) mériteraient des prospections ciblées pour confirmation.

Les espèces habituellement liées aux écoulements d'eaux de nappe sont absentes du site. L'absence de connexions naturelles entre le plan d'eau et les eaux souterraines est confirmée par la cartographie des niveaux de nappe issue de l'interprétation des données piézométriques de septembre 1962, qui montrent une profondeur de nappe supérieure à 2 mètres, hormis très ponctuellement à l'ouest du site et l'absence de tout indice d'émergence.

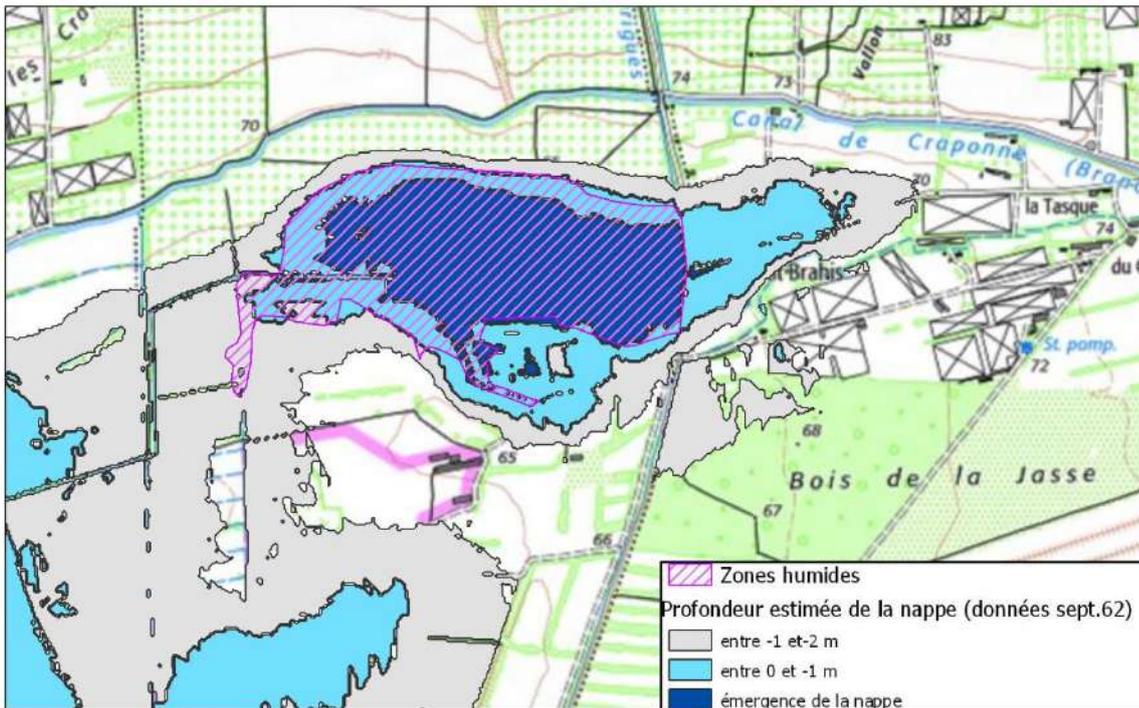


## BOIS DE BRAHIS

Les roselières et les ripisylves de Peuplier blanc dominent le paysage végétal du Brahis. Toutefois, les fossés de drainage montrent des eaux oligotrophes fraîches et peu turbides. L'abondance d'algues filamenteuses indique un déséquilibre sans doute lié au contexte agricole du site.

Les reconnaissances de terrain n'ont pas permis d'identifier des habitats naturels et des stations d'espèces remarquables liées à la présence d'eaux froides. Par ailleurs, les bases de données n'apportent pas d'informations particulières dans ce secteur sous-prospecté.

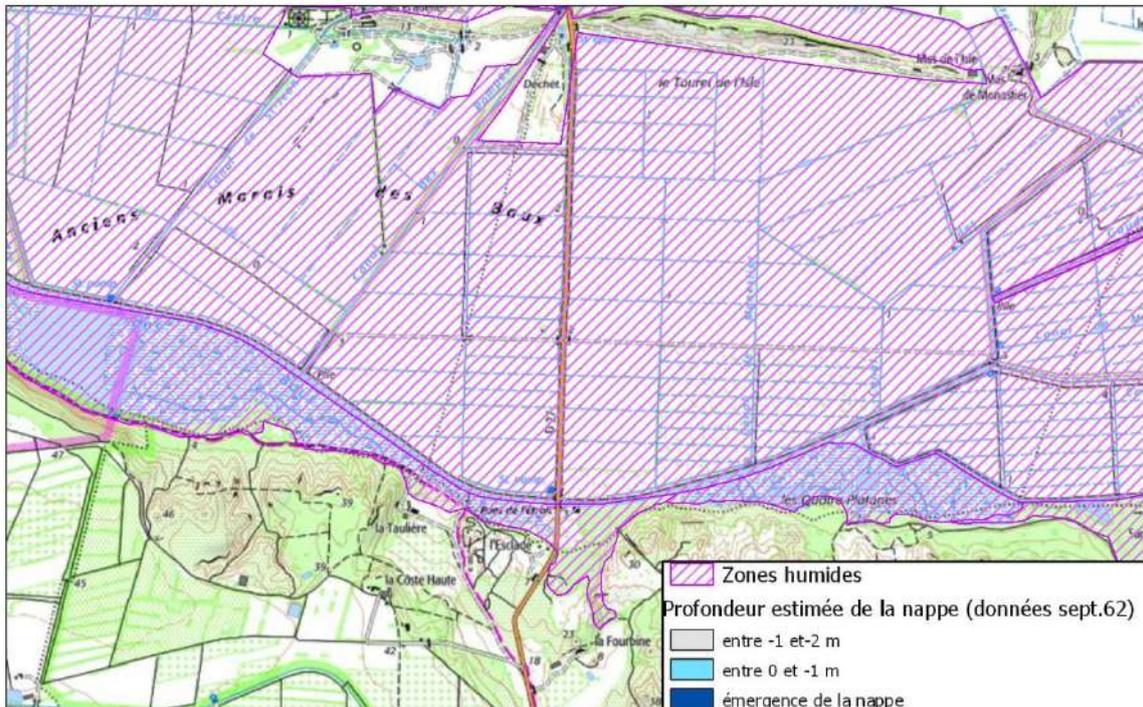
La carte piézométrique de septembre 1962 montre la proximité de la nappe, avec des zones d'émergences semblant étendues à l'issue de l'été. Les battements de nappe entre basses et hautes eaux sont importants, de l'ordre de 3 m. L'alimentation de cette zone humide par les eaux souterraines est probable au moins en période de hautes eaux. Des prospections complémentaires sont nécessaires au printemps pour caractériser les milieux et en hiver pour confirmer ou infirmer l'alimentation par les eaux de la nappe en période de basses eaux.



### MARAI DE L'ILON ET DES QUATRE PLATANES

Les marais de l'Ilon et des Quatre Platanes présentent la même configuration hydrogéologique. Ils sont en position basse dans la dépression des Baux et au contact plus au sud avec les calcaires karstifiés de l'Anellier qui sont en position de relais hydraulique entre la dépression des Baux et la nappe de la Crau. Cette situation hydrogéologique indique sans équivoque une alimentation des marais par la nappe de la Crau. Les venues d'eau peuvent être localisées au droit de laurons ou plus diffuses par drainage ascendant au sein des horizons limoneux.

L'organisation de la végétation illustre parfaitement les particularités hydrogéologiques du site. Les marais à Marisque associés aux espèces liées aux eaux froides dominent en contrebas du massif karstique, dans les zones humides qui recueillent les résurgences de la nappe : on y relève notamment la Scutellaire en casque (*Scutellaria galericulata*) et le Choin noirâtre (*Schoenus nigricans*). La végétation des marais froids est associée aux espèces des prairies humides dans les zones atterries, avec l'Orchis à fleurs lâches (*Anacamptis laxiflora*) ou le Mouron délicat (*Lysimachia tenella*). Ces milieux très originaux méritent des prospections complètes, en particulier le marais des Quatre Platanes.



### MARAIS DE LA BORDURE SUD

La végétation est très typique des bordures de la plaine de Crau, avec le développement important des marais à Marisque, alimentés par les laurons et les prairies humides fraîches dans les zones de transition entre les chênaies vertes de coustière et les marais de la dépression du Vigueirat.

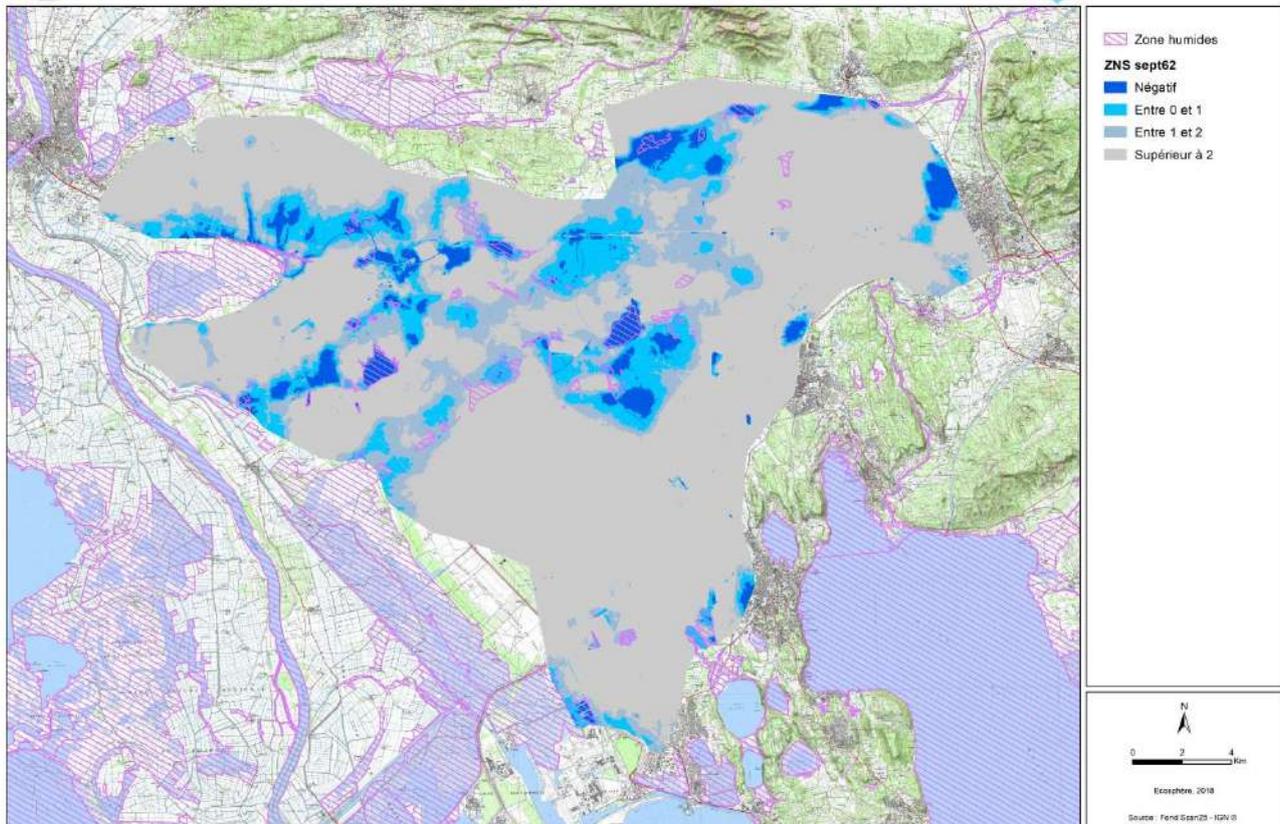
Les gradients d'humidité qui augmentent depuis la Crau sèche vers l'axe du Vigueirat s'observent tout le long de la bordure sud-ouest de la plaine, plus particulièrement entre Mas Thibert et le marais de l'Audience à Fos-sur-Mer. Ces milieux sont totalement dépendants de la qualité et de la quantité des eaux souterraines qui parviennent. Les cortèges floristiques y sont très originaux et représentatifs de la Crau humide. De très nombreuses stations des reliques glaciaires les plus rares s'y maintiennent. La cohérence de l'organisation des habitats naturels, y compris dans les zones drainées lors des tentatives d'assèchement, démontre que l'alimentation du milieu par des eaux froides souterraines est certainement antérieure à la mise en place de l'irrigation telle qu'on la connaît en Crau.

## 4. DISCUSSION

Les habitats naturels et la flore constituent des indicateurs biologiques pertinents pour déterminer les modes d'alimentation en eau des zones humides. La distribution des cladaïes à Marisque (*Cladium mariscus*) et le cortège des espèces qui lui sont associées est très représentative en Crau des milieux froids connectés avec des remontées d'eaux souterraines, principalement au niveau des laurons. La présence de prairies humides fraîches est également un indicateur pertinent de connexions avec la nappe, même lorsque la végétation de marais froids est absente (Beaussenq). A l'inverse, la prédominance des roselières à Roseau commun traduit plutôt une alimentation par des eaux turbides et chaudes de surface, apportées par les précipitations mais surtout par l'irrigation.

La cohérence dans l'organisation des marais froids et des prairies humides de transition, ainsi que la grande constance des cortèges floristiques caractérisés par l'abondance des reliques glaciaires, indique que la mise en place de ces habitats est ancienne. Malgré l'influence anthropique séculaire sur ces milieux (mise en culture, pâturage, drainage et pompage dans la nappe...), la persistance des reliques glaciaires traduit une situation de refuge très ancienne et une présence de ces espèces au moins depuis le dernier épisode glaciaire, en lien avec les secteurs d'émergence de la nappe. Bien que des échanges entre les stations de Crau et les populations plus septentrionales ne puissent être totalement écartés, les analyses polliniques récentes réalisées dans le marais des Baux montrent la présence de végétations liées à des climats froids et humides lors de l'Holocène moyen, ce qui confirme la possibilité de survivance de certains de ces taxons à la faveur des émergences d'eaux froides. La distribution des points d'émergence et le débit de la nappe à leur niveau, notamment sous l'effet des aménagements agro-pastoraux ou des dynamiques naturelles de colmatage. Aujourd'hui, l'irrigation assure une part prépondérante de la recharge de la nappe.

La distribution des zones humides dans la plaine de la Crau est très bien illustrée par les modalisations réalisées à partir de données fournies par les suivis piézométriques mis en œuvre en 1962.



La cartographie des profondeurs de nappe conduit aux commentaires suivants :

- ✓ Les zones d'émergence en grand (dépression du Vigueirat et dépression des Baux de Provence) ne sont pas représentées car les suivis piézométriques n'ont pas été réalisés dans ces secteurs. C'est dans ces bordures que se maintiennent les espaces les plus remarquables, qui hébergent les plus grandes quantités de stations de reliques glaciaires : marais de Capeau, d'Icard, des Trinitaires, du Retour, de Tenque, du Coucou, de l'Audience et du Tonkin, dans la dépression du Vigueirat ; marais du Petit Clar, de l'Illon, des Quatre platanes, de Santa Fé dans la dépression des Baux de Provence ;
- ✓ En centre Crau, les zones humides indiscutablement connectées avec la nappe s'organisent selon des axes d'importance variable. L'axe principal est orienté Est-Ouest et s'inscrit le long de l'axe de du canyon messénien de la Durance. La localisation des zones d'affleurement de la nappe et la distribution des espèces végétales liées aux milieux froids sont particulièrement concordantes dans le secteur des marais de Meyranne et des Chanoines. A l'amont des marais de Meyranne, la cartographie des zones d'affleurement de la nappe est très cohérente avec le tracé de l'ancien canyon de la Durance, mais la pression des activités anthropiques a fortement limité l'expression des milieux liés aux nappes. Les secteurs indiquant les plus faibles profondeurs de nappe correspondant aux zones cultivées et irriguées (foins de Crau), avec un soutien important de la nappe en été par l'irrigation ;
- ✓ Deux axes parallèles sud-ouest/nord-est structurent également la répartition des zones humides

- Le premier axe relie le secteur est de St-Martin de Crau (zones humides de la Lieutenante) et marais de la Volpelière. Il suit en partie le tracé du canal de Langlade et du fossé Rageyrol. La modélisation des zones d’affleurement de la nappe montre des secteurs de nappe superficielle au niveau des étangs (Etang des Aulnes et Etang de la Dynamite), les zones humides de Vert Pré, de la Volpelière et de la Forgette, mais aussi des secteurs irrigués au profit de la production de foins de Crau. Une zone de nappe sub-affleurante questionne : au sud de Mas de Fray, une zone humide potentielle semble subsister au sein des prairies à foin de Crau et mériterait une prospection pour reconnaître les habitats en présence.
- Le second axe s’articule sur l’étang d’Entressen, les zones humides de Baussenq et de Vergière jusqu’aux marais d’Icard. Là aussi, dans les secteurs de faible profondeur de la nappe, les zones humides alternent avec les prairies irriguées et cultivées en foin de Crau.

La responsabilité du gestionnaire vis-à-vis de la conservation de la biodiversité s’applique principalement aux zones d’émergences de la nappe, qui assurent la conservation des milieux les plus rares et les plus vulnérables. Une réduction des apports serait préjudiciable à la conservation des espèces et à l’organisation des habitats. Les secteurs de plus grande vulnérabilité se situent dans les contextes où se maintiennent des milieux dépendants de la présence d’eau froide dans un contexte où la ressource est rare (zone d’émergence réduite). C’est le cas notamment des zones humides de Baussenq, où l’alimentation de prairies humides fraîches par la nappe constitue une singularité dans un contexte xérophile. Dans les zones d’émergence en grand de la nappe, les milieux sont moins vulnérables, mais une diminution de la ressource pourrait conduire à une extension des roselières et cariçaies liées aux eaux de surface au détriment des cladaies, accélérant le risque de colmatage des marais. On pourrait dans ce cas prédire une rétractation des zonations bois de chêne vert en coustière-prairie humides-marais, parallèlement à l’axe de la dépression du Vigueirat.

Les mares temporaires qui figurent parmi les principaux enjeux de conservation du patrimoine floristique de la plaine de Crau (Lanau, Chambremont, bordures de l’étang des Aulnes) ne semblent pas dépendantes des apports d’eau de la nappe. La situation reste ambiguë pour la mare de Lanau : si des liens étaient avérés, le maintien de ces apports en hiver et au printemps serait prioritaire.

Zone prospectée	Principaux habitats humides	Dépendance à la nappe
Etang de la Dynamite	Phragmitaies	Sans objet
Etang des Aulnes	Phragmitaies Mares temporaires	Sans objet
Ancien marais de Baussenq	Prairies humides	Forte dépendance à une nappe émergente
Mare de Lanau	Mare temporaire	A priori sans dépendance, mais données historiques ambiguës
Petit Clar et Gravière	Phragmitaies	Sans objet
Marais de Meyranne	Cladaies Phragmitaies et Jonchaies	Dépendance au moins partielle à une nappe émergente
Marais des Chanoines	Cladaies et laurons Prairies humides Reliques glaciaires	Forte dépendance à une nappe émergente
Baisse de Raillon	Phragmitaies Cladaies	Locale

Mares temporaires de Terrusse	Pas d'habitats hydrophiles	Sans objet
Mare et canal de Vergière	Circulation d'eau de nappe	Forte dépendance à une nappe émergente
Etang d'Entressen	Phragmitaies	Sans objet
Etang du Luquier	Phragmitaies	Sans objet
Bois de Brahis	Ripisylves	Forte dépendance à une nappe peu profonde
Marais de l'Ilon et des Quatre Platanes	Cladiaies Reliques glaciaires	Forte dépendance à une nappe émergente
Marais de la bordure sud	Cladiaies Reliques glaciaires	Forte dépendance à une nappe émergente

## **6 ANNEXE 5 - TABLEAUX DES PLUIES MENSUELLES RELEVÉES SUR LES STATIONS CLIMATIQUES EN CRAU**

**SINERGI Annexe 4 Pluies mensuelles relevées sur les stations climatiques en Crau**

Coefficient de pondération	140	2	15	120	19	82	0	143	0	0	
cumul mensuel (mm)	St MARTIN DE CRAU	PORT DE BOUC SJ	EYGUIERES MAS CHAUD	ARLES MAS THIBERT	ARLES MAS REY	SALON MERLE	FOURQUES	ISTRES	SALON	MARIGNANE	MOYENNE PONDEREE
janv-11	27.2	25.8	42.8	30	27.8	30	31	27.4	29.1	18.9	28.81
févr-11	49.4	44.8	37.6	44	19.6	44	18.5	50	33	21.4	46.03
mars-11	98.4	70.4	84	103	125.8	103	119	77.3	116.5	58.2	94.87
avr-11	27	4.8	7.6	18	17.4	18	16	9.4	15	5.2	17.69
mai-11	5.4	0.6	0	2	2	2	2.5	1.2	1.8	0.6	2.63
juin-11	67.2	36.6	86.6	80	78	80	58	5.8	96.9	96.5	56.15
juil-11	83	61.8	70	74	66	74	62.5	67.2	59.2	84.4	74.10
août-11	41.2	2.8	59	39	8.6	39	13	4.4	35.6	10.1	29.42
sept-11	17.8	8.6	11.4	14	10	14	4.5	38.4	15.5	15.4	21.48
oct-11	40	44.4	36.6	39	46.2	39	43.5	44.3	49.4	56	40.94
nov-11	192	206.8	240	90	307.8	90	255.5	187.5	135.5	135.4	156.88
déc-11	4.2	4.4	5.4	4.5	4.4	4.5	7	4.6	5.4	7.7	4.47
janv-12	14.8	11.6	20.6	11.5	6.6	11.5	8	9.2	14.9	13.9	11.84
févr-12	0.2	0.8	0.4	0.5	0	0.5	0.5	1.8	1.8	2.4	0.76
mars-12	12.6	7	14	8.8	11	10.5	10.5	9.5	14.7	10.9	10.50
avr-12	74.4	47.2	93.6	55.8	103.6	83	87.5	49.9	62.7	50.8	66.26
mai-12	96.6	54.4	41.2	40.6	51	69	46.5	53.9	48.5	73.7	64.22
juin-12	8	14.2	7.2	8.6	7.6	7.5	6	11.8	7.7	14.3	9.09
juil-12	12.4	6.6	7.4	19.4	34.4	10	29.5	6.6	15.5	11.2	12.68
août-12	15.4	29.4	13.4	18.2	45	14	19	12.3	18.2	8.8	16.05
sept-12	41	38.6	39.8	3.6	59.2	45	59	4	35.7	27.5	23.48
oct-12	78.4	63.2	79.8	70.6	58.8	75	63	40.3	75.3	117.8	64.88
nov-12	73.6	84.4	114.2	52.2	31.4	91	45.5	70.2	93.3	101.6	70.15
déc-12	21.4	9.6	18.4	15.6	12.8	21.5	14.5	10.2	17.7	8.4	16.56
janv-13	46	61.8	44.2	41.6	36	35	32	44.5	33.2	37.8	42.49
févr-13	11.8	5.4	24.2	10.8	13.4	14	5.5	6.6	10.4	8.2	10.88
mars-13	85.2	89.4	101.8	81.8	114.2	80.5	113.5	59.6	69.9	57.7	78.20
avr-13	102.2	99.8	104.8	89.6	70	104.5	63	90.5	74.7	62.3	95.34
mai-13	81	50.4	64	96.4	111.2	60	109	54.6	63.9	67.1	74.49
juin-13	10	8.6	2.4	24.2	14.8	6.5	13	11.3	13.3	10.7	13.03
juil-13	19.8	23.8	79	13.8	44.6	43	43	21.5	47.2	46.2	25.16
août-13	4.2	2.2	8.4	0.8	28.6	10	18.5	1.2	1	5.7	4.51
sept-13	44	30	64.6	10.2	45.4	40.5	44	21.6	65	47.8	30.11

oct-13	39	48.2	32.4	25.6	28	37.5	28.5	48.9	39.1	59.3	37.84
nov-13	58	85	50.6	44.2	58	46.5	57.5	54.4	39.3	52.1	51.91
déc-13	81	90.8	116.8	57.8	69.8	83	69.5	67.3	104.8	87.1	72.87
janv-14	163.2	156.6	210.8	129.2	125	123.5	116	128.2	147.2	109.3	139.47
févr-14	116.8	93.4	138.4	93	94.2	119	83.5	87.9	124.2	95.6	103.44
mars-14	31.2	29.4	46	30.4	21.4	29	26.5	30	34.3	15.7	30.40
avr-14	37.2	15.8	29.6	16	15	32	16	33.7	16.8	9.6	29.43
mai-14	10	12.8	10.2	24.8	11	10	10	13.6	6.8	6.4	14.45
juin-14	35.6	34.6	32	64.2	59.4	25.5	66.5	19.1	35	39.3	36.83
juil-14	68	15.6	56	31.8	67.6	73.5	62.5	10.2	53.6	10.1	44.10
août-14	60	88	30.6	82.4	37.4	52.5	33	36.6	58.2	89.1	55.99
sept-14	145.4	73.2	35.8	82.4	101.4	81	120.5	78.7	62.8	75	97.41
oct-14	37.4	24.2	34.8	19	12	31	14	4.2	80	20.9	21.99
nov-14	246.8	303.6	286.4	256	279.6	215.5	239	175	271.8	146.2	226.84
déc-14	43	84.4	11.2	84	55.6	19	47.5	60.5	19.9	44.4	53.17
janv-15	84.4	107.2	85	101.6	99.6	50	90	83.7	67.9	71.3	83.41
févr-15	71.4	83.6	73.2	87.2	55	60.5	34	52.7	70.4	78.3	67.69
mars-15	76.2	82.2	62.4	85.2	55.8	66.5	54	87.9	42	55	78.84
avr-15	93.4	87.2	84.4	143.8	126.8	73	123	91.6	44.1	50.6	102.24
mai-15	2	1.4	2.6	1	1.2	2	2	1.4	1.4	1	1.59
juin-15	95.2	83.4	77.4	94.2	87.8	75.5	79	1.4	75.9	83.6	65.30
juil-15	6.4	5.2	3.8	12.6	15.4	5	12.5	5.6	3.2	0.8	7.64
août-15	84.6	116.2	74.6	146.4	111.8	73.5	85	85.9	89.5	42.5	98.27
sept-15	23.2	31.6	17.6	30	49.6	31	47.5	14.8	24.4	51	24.52
oct-15	210.8	67.2	217.4	159.8	129.6	165.5	83	38.7	90.6	53	141.36
nov-15	27	25.6	22.4	20.6	26.4	19.5	25	14.5	14.4	23.6	20.75
déc-15	18.4	21.4	12.8	23.4	17.6	11.5	17.5	17.2	9.6	19.4	17.96
janv-16	12.2	14	15.6	22.6	17.4	8.5	16.5	11.6	10.4	9.2	14.14
févr-16	71.6	82	82.4	84.2	69.8	70	43	75.8	77.1	61.1	75.69
mars-16	40	45.8	50.2	55.6	39.8	37.5	41.5	36.2	40.2	41.8	42.47
avr-16	18.6	18.8	21.8	31.8	34	14.5	82	21.8	16	14.8	22.53
mai-16	51.4	32.4	50	50.8	38.8	47	38.5	39.1	37.2	31.5	46.62
juin-16	6.2	8.6	15	6.6	17	6	19.5	8.4	1.2	1.4	7.52
juil-16	6.2	3.6	3.6	2.2	5.2	3.5	10.5	10.6	5.8	4.8	5.94
août-16	7.8	5.8	12.2	1.4	6.4	10	5	2.2	6.9	5.8	5.20
sept-16	29	27	38.8	20.6	66	37.5	62	26.5	22.7	10	29.34
oct-16	68.4	71.2	105	80.2	107.8	98	95.5	78	109.9	58.5	80.91
nov-16	69.4	76.6	120.6	87.2	120.6	87.2	94.5	56.6	88.9	93.2	76.16
déc-16	19	21.6	21.6	23.2	26	23.5	12.5	18.2	24.9	14.2	20.80
janv-17	45	42.2	41.6	38	39.4	53	38.5	44.2	29	31.3	44.11
févr-17	11.4	10.2	23.4	24.8	17.6	20	16.5	14.4	15.7	21.9	17.23
mars-17	43.2	51.4	67.2	74.2	61.2	54	56	47.2	83.7	76.7	54.52
avr-17	85.8	77.4	89.6	55.8	58.2	90.5	48	82	63.6	55.6	77.66
mai-17	14.6	29	21.6	29.6	32.8	20.5	29.5	21.5	34.4	30.2	21.80

juin-17	13.6	6.2	22.8	26	17.8	30.5	13.5	27	23.4	17.6	23.18
juil-17	1	2	1	4.4	1	1.5	2	0.6	2	0	1.76
août-17	10.2	5.2	7.8	6.4	8.4	7.5	10	4	4.4	5.3	7.04
sept-17	9.2	5.4	13.8	18.4	8.2	8.5	7.5	9.6	16.1	6.6	11.40
oct-17	0	0	0.2	0.4	1.8	1	3.5	1.6	1.4	0.8	0.76
nov-17	39.4	42.6	49.8	72.2	46.6	57.5	46.5	44	40.2	40.9	51.64
déc-17	25.2	33.6	40.8	19.6	16	32	6	25	40	24.8	25.07
janv-18	66.6	106.6	98.4	93.2	101.6	109	114.5	63.2	105.5	85.3	80.81
févr-18	24.6	39.8	27	72	65.8	26.5	54	32.6	14.8	23	39.64
mars-18	53	69.2	82	71.6	61.4	71.5	56	48.7	57.6	46.7	60.22
avr-18	98	112.6	104.8	96.6	103.4	98	97	109.1	77.1	80.5	101.17
mai-18	71.2	55.8	124.6	62.8	80	88	72	59.8	60.5	53.8	70.58
juin-18	14	36.6	30	14.4	19.2	23.5	20	17	41.4	21.4	17.15
juil-18	9.8	19.6	18.2	24.6	20.4	11.5	28.5	18.7	13	20.3	16.59
août-18	3.2	60	5.4	87.8	19.2	51.5	34.5	43.1	66	62.9	42.10
sept-18	7.6	22	6.6	23.4	4	19.5	13	19.8	4.2	13.34	16.36
oct-18	162.4	276	236	324.4	208.4	221.5	212.5	219.9	199.7	263	229.03
nov-18	118.2	169.4	218.4	170.8	181.6	156	160	145.3	134	154.3	149.10
déc-18	10.8	35.2	35.4	20.6	16.4	23	17.5	26.7	33.1	29.3	20.35

## **7 ANNEXE 6 - DESCRIPTION DES METHODES DE CALCUL DE DRAINAGE EN FONCTION DE L'OCCUPATION DES SOLS**

## METHODOLOGIE DE CALCUL DE LA RECHARGE

La recharge de la nappe correspond aux volumes de drainages simulés sur les différents types d'occupation de sols de l'aire modélisée.

### RECHARGE SUR PRAIRIES IRRIGUEES, CULTURES D'HIVER ET DE PRINTEMPS

La recharge sous surface de prairies irriguées est calculée par la chaîne de traitement SIMSPAT qui se base sur l'outil STICS. Le modèle est constitué de plusieurs modules permettant de traiter :

- le bilan hydrique du sol (humidité du sol, transpiration, évaporation, drainage, ruissellement) ;
- le bilan azoté et carboné du sol ;
- le fonctionnement écophysiological de la plante qui tient compte des bilans hydrique et azoté du sol mais aussi des facteurs climatiques et anthropiques (itinéraires techniques : date de semis, fertilisation, irrigation, récolte...).

STICS permet de simuler le drainage sous prairies irriguées, sous champs de blé, représentatifs des grandes cultures d'hiver, et sous champs de tournesol, représentatifs des grandes cultures de printemps. Dans la version utilisée STICS ne prend pas en charge les autres surfaces rencontrées en Crau.

### RECHARGE SUR ZONES HUMIDES, FORET, ARBORICULTURE ET OLIVIERS

Les classes d'occupation des sols non prises en charge par STICS sont simulées par l'algorithme de calcul DRAINAGE\_R élaboré sous le code R.

L'évapotranspiration ET est calculée selon le modèle de la FAO (Allen & al. 1998) en appliquant un coefficient cultural  $K_c$  à l'évapotranspiration de référence  $E_{To}$  (formule de Penman). Le drainage est ensuite déterminé par bilan hydrique dans le sol au pas de temps journalier, lorsque le volume d'eau dans le sol dépasse la capacité au champ et en supposant que le ruissellement de surface est négligeable.

On fait ainsi l'hypothèse que l'eau précipitée non remobilisée par l'ET va à la nappe et que les remontées capillaires sont négligeables, la couche de sol indurée faisant office de barrière aux flux d'eau, en dehors du réseau de fractures permettant le drainage seulement. Le détail de calcul est donné dans le tableau 1 où  $F$  est le flux entrant (mm),  $SM$  est l'humidité du sol (%),  $CC$  la capacité au champ (%),  $PF$  point de flétrissement permanent (%) et  $R$  la recharge. L'indice  $i$  correspond au jour antérieur et  $j$  au jour courant.

$$ET_j = K_{c_j} E_{To_j}$$

$$F_j = P_j - ET_j$$

$$SM_j = \min(\max(PF_j, SM_i + F_j), CC)$$

$$R = SM_i - SM_j + F_j$$

**Tableau 10** Détail du calcul de la recharge par bilan hydrique dans le sol

### RECHARGE SUR PARCELLES DE COUSSOULS

Les coussouls constituent des zones de végétation très clairsemées où la transpiration des plantes joue un rôle négligeable dans les processus d'évapotranspiration, comme par exemple le pâturage naturel sur sable étudié par Stroosnijder et Koné (1982). Un modèle de type FAO, basé sur une évapotranspiration potentielle et un coefficient cultural n'est donc pas adapté à ce type de couverture.

Le drainage et l'évapotranspiration (ET) sont calculés en remplaçant le premier terme du calcul du tableau 1, un modèle empirique d'évapotranspiration, inspiré du modèle proposé par Stroosnijder et Koné (1982). Ce modèle est fondé sur la connaissance de

l'évapotranspiration potentielle ( $ET_0$ ) et des précipitations ( $P$ ). Il s'appuie sur un formalisme simple pour représenter la dépendance de l'ET au climat et sa décroissance avec l'assèchement du sol.

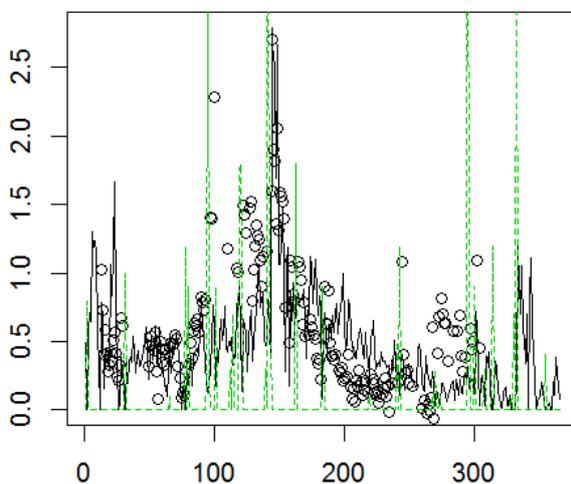
Dans ce modèle, il est considéré qu'au cours d'une séquence d'évaporation encadrée par deux épisodes pluvieux, le dessèchement du sol est d'autant plus rapide que la demande évaporatoire caractérisée par l'ETP est plus forte. Par ailleurs, il est admis que le dessèchement du sol limite l'évapotranspiration. Ce dessèchement est pris en compte par l'évaporation potentielle cumulée. La réhumectation du sol est prise en compte par un mécanisme de réinitialisation du cumul des  $ET_0$  qui dépendra du cumul pluviométrique. Cela revient à distinguer les petites pluies, qui réhumectent de manière superficielle le sol, des grosses pluies qui vont avoir un impact beaucoup plus durable sur les sols.

Formellement le modèle est décrit dans les équations présentées dans la Tableau 2, avec une première étape de calcul d'une évapotranspiration apparente  $ET_a$  liée au climat et à la couverture végétale (coussouls), dépendante de l'évapotranspiration potentielle  $ET_0$  et du coefficient cultural  $K_c$ . Par la suite il est ajouté un module d'extraction par évaporation des sols où  $P$  est le cumul pluviométrique journalier,  $\alpha$  est un paramètre empirique qui détermine le niveau de précipitation pour une réhumectation complète du sol et  $\beta$  décrit la vitesse de réduction de l'ET en fonction de la somme des  $ET_a$ . L'indice  $i$  correspond au jour antérieur et  $j$  au jour courant.

$ET_a = K_c ET_0$		
<p><b>Si <math>P_j = 0</math></b></p> <p>Si <math>\sum ET_{a_i} + ET_{a_j} \leq \beta^2</math>  <math>ET_j = ET_{a_j}</math></p> <p>Si <math>\sum ET_{a_i} + ET_{a_j} &gt; \beta^2</math>  <math>\sum ET_j = \beta (\sum ET_{a_j})^{1/2}</math></p>	<p><b>Si <math>P_j &gt; \alpha</math></b></p> <p><math>\sum ET_{a_j} = ET_{a_j}</math>  <math>ET_j = ET_{a_j}</math></p>	<p><b>Si <math>0 &lt; P_j &lt; \alpha</math></b></p> <p><math>\sum ET_{a_j} = [(\alpha - P_j) / \alpha] \sum ET_{a_i} + ET_{a_j}</math></p> <p>Si <math>\sum ET_{a_j} \leq \beta^2</math>  <math>ET_j = ET_{a_j}</math></p> <p>Si <math>\sum ET_{a_j} &gt; \beta^2</math>  <math>\sum ET_j = \beta (\sum ET_{a_j})^{1/2}</math></p>

**Tableau 11** Détail de calcul du modèle d'évaporation du sol (modifié d'après rapport ASTUCE&TIC)

Le modèle étant empirique, il est nécessaire de disposer de séries d'évapotranspiration mesurées pour calibrer les paramètres  $K_c$ ,  $\alpha$  et  $\beta$ . Pour cela, il a été utilisé une station de flux disposée sur les prairies sèches (coussouls). En se basant sur ces mesures acquises durant une année (Figure 1), les valeurs suivantes ont été estimées :  $K_c = 0.477$ ,  $\alpha = 32.58$  mm et  $\beta = 4.0$  mm<sup>1/2</sup>.



**Figure 31** Comparaison des valeurs journalières (mm) d'évaporation mesurées (rond) et simulées (ligne continue) sur une surface de coussouls. Les traits-tirés verts correspondent aux pluies (mm/10)

Les sorties de drainage sont ensuite pondérées par un facteur de 0.425 afin de rétablir un rapport recharge naturel / recharge par irrigation de 69% sur l'aire d'alimentation de la nappe, calculé par Séraphin et al (2016b) par des méthodes isotopiques indépendantes du bilan du système.

#### RECHARGE SUR SURFACES URBANISEES ET SERRES

Le calcul du drainage sous surface urbanisées et les serres utilise la même méthode que pour le drainage sous coussouls mais en appliquant des coefficients représentant l'interception des précipitations et leur concentration avant infiltration :

- Pour les surfaces urbaines, il est considéré que 30% de la surface draine 50 % des pluies sur l'ensemble des surfaces (le reste étant intercepté par les surfaces ou collecté et exporté en dehors de l'hydrosystème).
- Pour les surfaces de serres, il est considéré que 10% de la surface draine 80 % des pluies sur l'ensemble des surfaces (le reste étant intercepté par les bâches ou collecté et exporté en dehors de l'hydrosystème).

Le calcul de la recharge est détaillé dans le Tableau 3 où  $P_a$  (mm) est l'intensité de pluie sur la surface d'infiltration,  $I$  (%) représente le part des précipitations s'infiltrant dans le sol et  $A$  (%) correspond à la surface d'infiltration rapportée à la surface totale collectée.

$$PA_j = P_j I / A$$

$$F_j = P_j - ET_j$$

$$SM_j = \min(\max(PF_j, SM_i + F_j), CC)$$

$$R_j = (SM_i - SM_j + F_j) A$$

**Tableau 12** Détail du calcul de la recharge par bilan hydrique dans le sol

#### DRAINAGE SOUS SURFACES D'EAU LIBRE

Dans les plans d'eau libre connectés à la nappe (étangs intérieurs), il est considéré que toute la pluie participe à la recharge de la nappe. Les étangs intérieurs de la Crau constituant des conditions drainantes de la nappe, les flux nets de recharge sont toutefois très limités.

#### DRAINAGE DANS LA PARTIE CAPTIVE DE L'AQUIFERE

Il est estimé que les eaux de surface n'alimentent pas la nappe captive

Allen R.G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage, 56 p.

Stroosnijder et Koné 1982 Le Bilan d'eau du sol in La productivité des pâturages sahéliens Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agricultural Research Report Edit. Pening & al. PUDOC, Wageningen 918 p. 133-165

Seraphin et al. 2016b Partitioning groundwater recharge between rainfall infiltration and irrigation return flow using stable isotopes: The Crau aquifer Journal of Hydrology 542 Nov 2016 p. 241-253

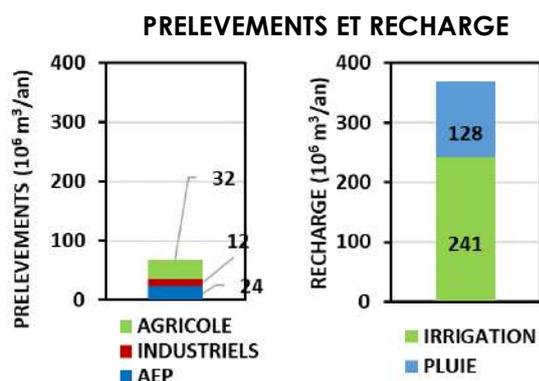
## **8 ANNEXE 7 - FICHE SYNTHETIQUE DES RESULTATS DE LA SIMULATION DE REFERENCE 2013-2018**

## TEST DE SENSIBILITE ETAT DE REFERENCE 2013 - 2018

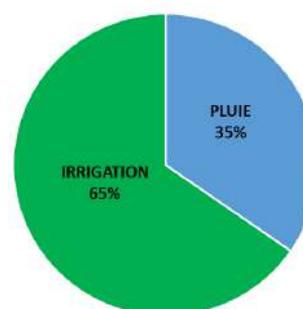
### DONNEES D'ENTREE

#### CARACTERISTIQUES

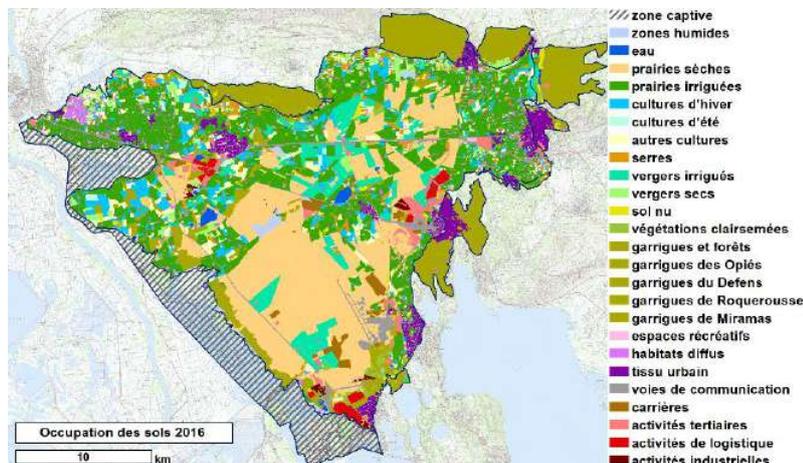
Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	Dotation pour l'irrigation 100%
Condition de prélèvements	Estimations 2013 - 2018



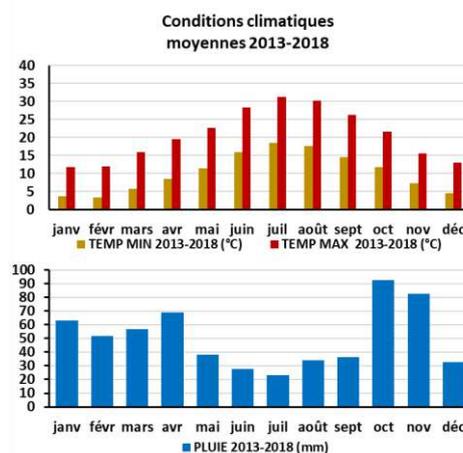
#### NATURE DE LA RECHARGE



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

La recharge de la nappe est évaluée à environ 370 millions de m<sup>3</sup>/an, dont 65% est apporté par l'irrigation gravitaire. La lame d'eau précipitée de 610 mm/an représente un volume de 430 millions de m<sup>3</sup>/an, dont 130 millions participe à la recharge (30%), le reste étant ruisselé (18%) ou évapotranspiré (52%). 75% des eaux d'irrigation appliquées sur les prairies participent à la recharge de la nappe.

Près d'un quart du territoire est occupé par des coussouls, mais ceux-ci ne produisent que 7% de la recharge totale. Les prairies, occupant 20% du territoire, contribuent à 77% de la recharge.

La comparaison entre l'état en période estivale qualifiée de « hautes eaux » et celui en période hivernale qualifiée de « basses eaux » montre des battements de nappe pluri-métrique dans le secteur irrigué, atteignant localement plus de 8 m (secteur Arles et Aureille). Le secteur de Basse-Crau montre une inversion de tendance avec des hautes eaux en hiver et des basses-eaux en été, marquant l'influence prépondérante du régime des pluies sur l'hydrodynamique des eaux souterraines dans ce secteur.

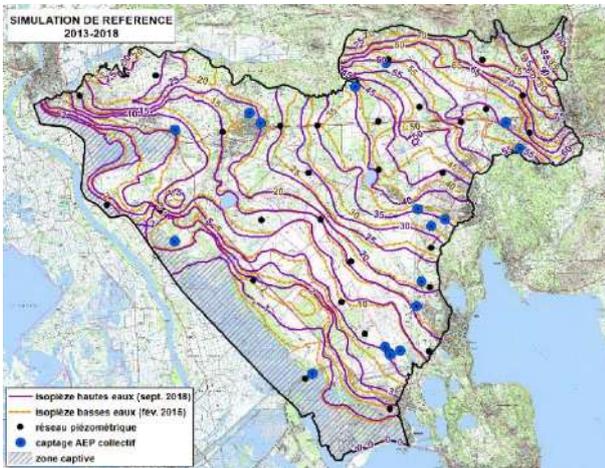
En période de basses eaux, 22% de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieur à 2 m, tandis que cette surface se réduit à 20% en période de hautes eaux.

L'analyse des indicateurs montre une absence de tension sur l'ensemble de la période, hormis ponctuellement une faible tension sur les indicateurs agricoles « St martin amont » et « Entressen sud » durant l'épisode de sécheresse de l'année 2017.

**L'analyse du scénario référence met en évidence le poids prépondérant de l'irrigation des prairies dans la recharge de la nappe. L'état de la ressource durant cette période de référence se caractérise par une quasi-absence de tension sur l'ensemble des indicateurs.**

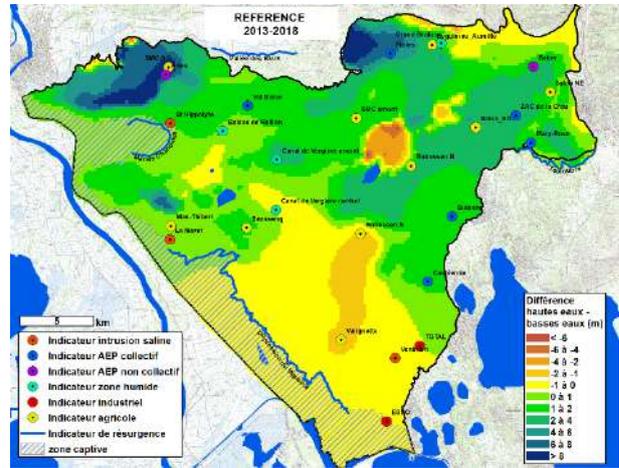
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES : février 2015

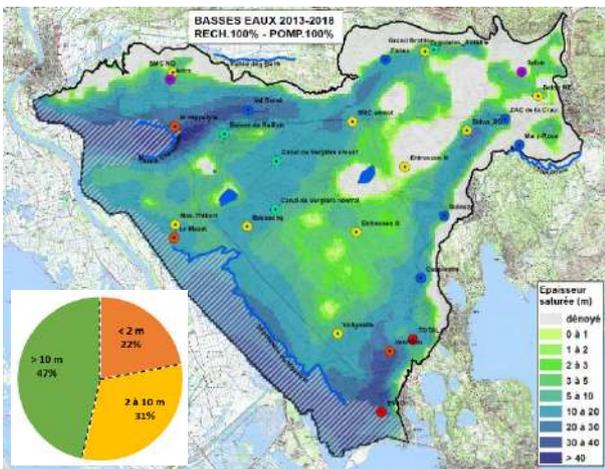


Isopièzes simulés en hautes et basses eaux

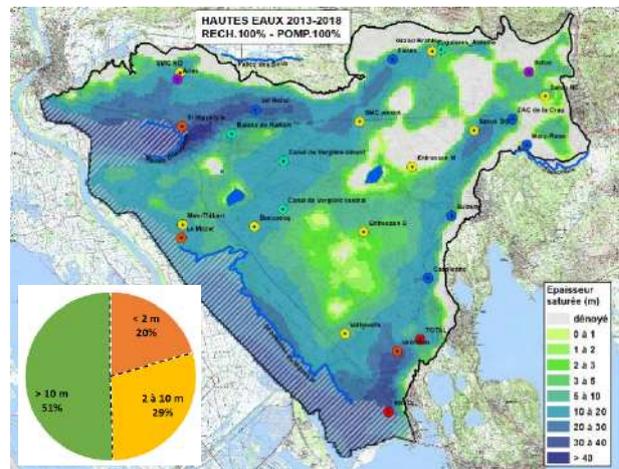
### HAUTES EAUX MOYENNES : septembre 2018



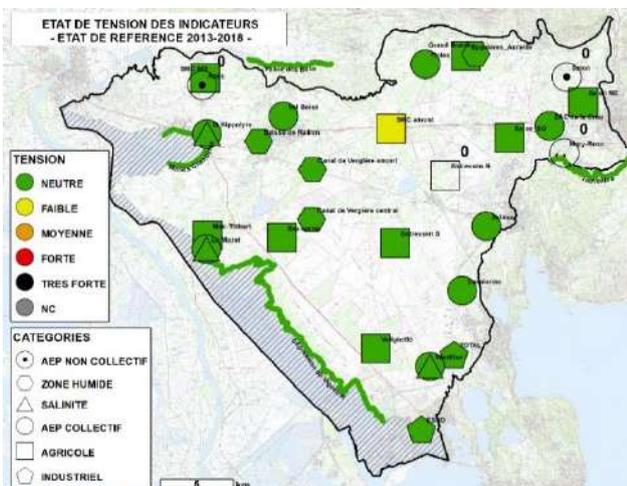
Battement simulé de la nappe



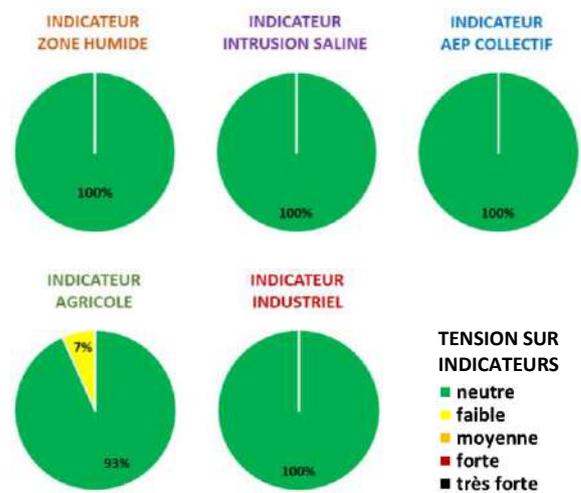
Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux



## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateurs

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BAISSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAIS CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRAT																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

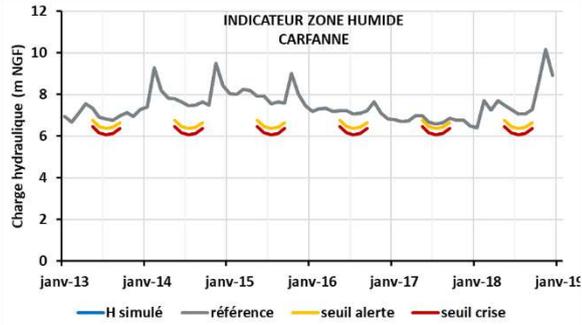
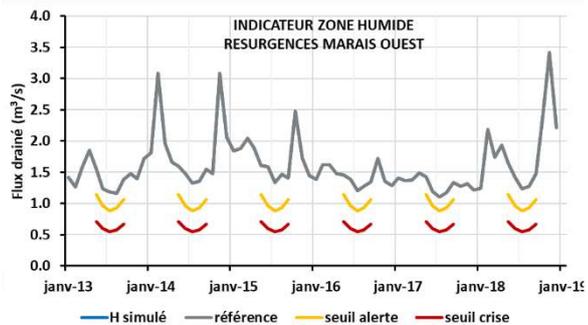
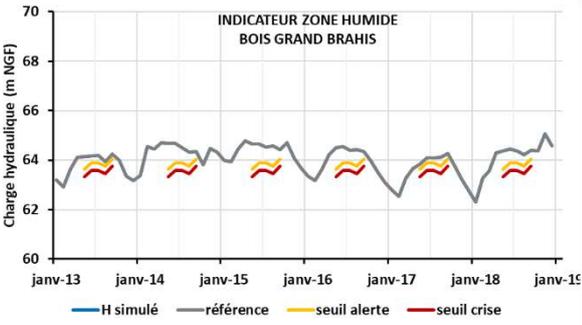
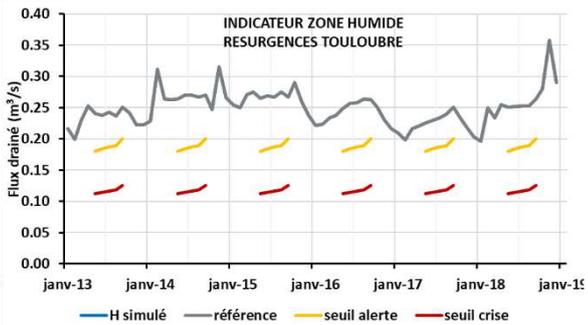
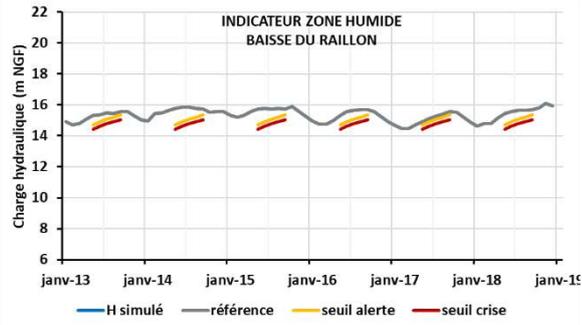
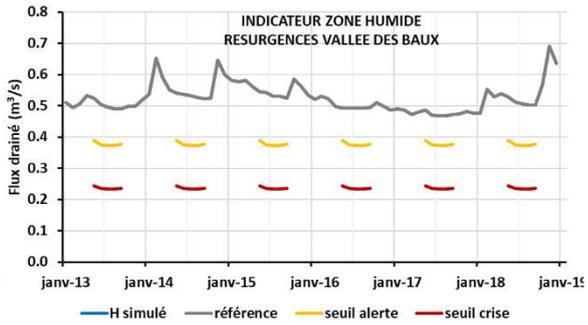
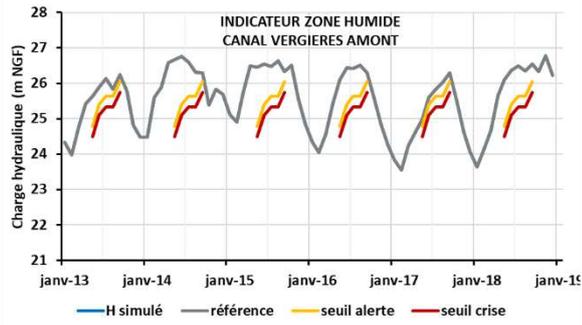
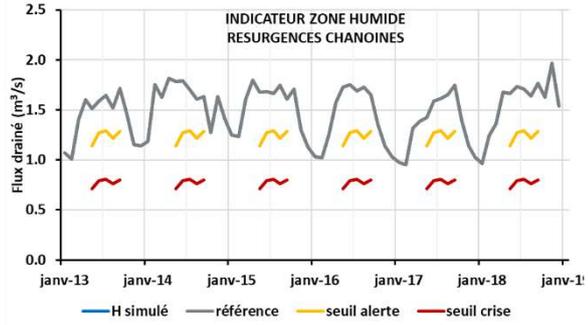
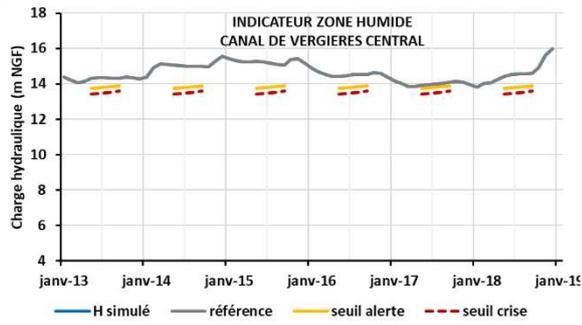
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

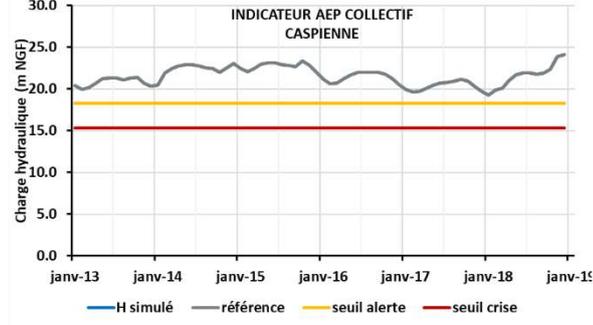
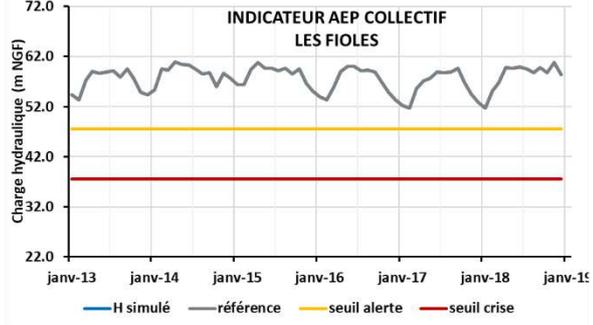
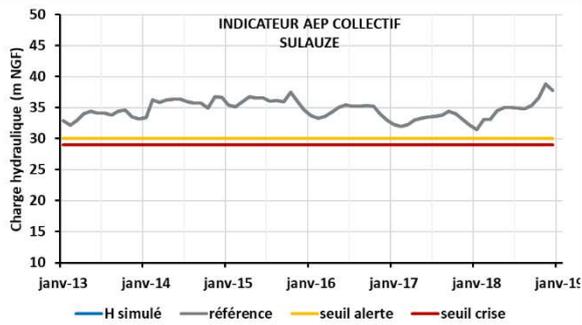
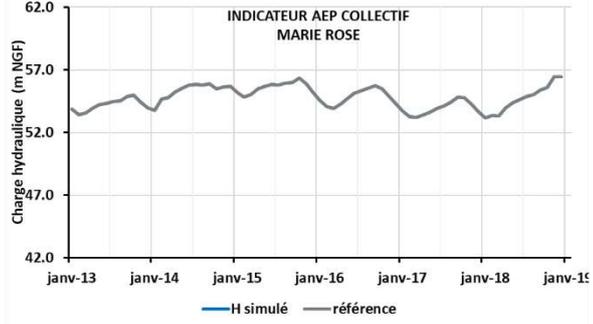
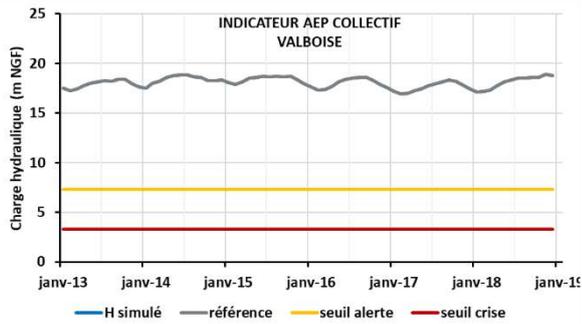
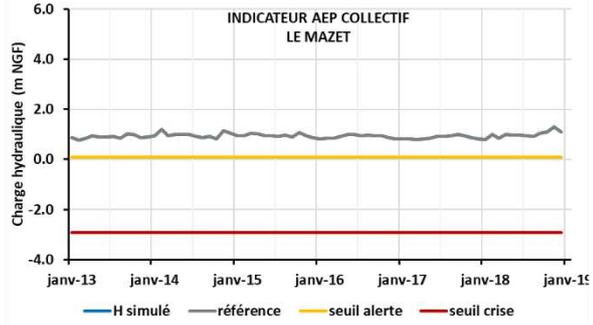
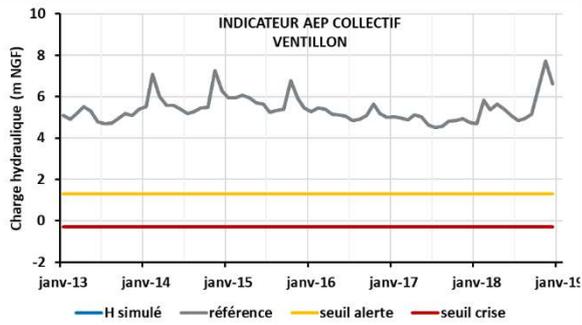
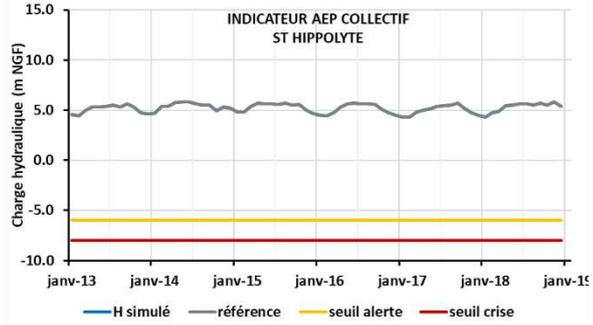
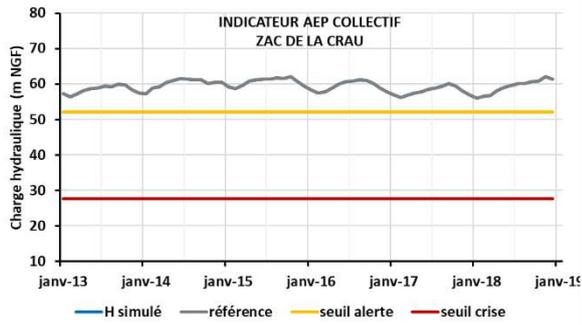
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUEST																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

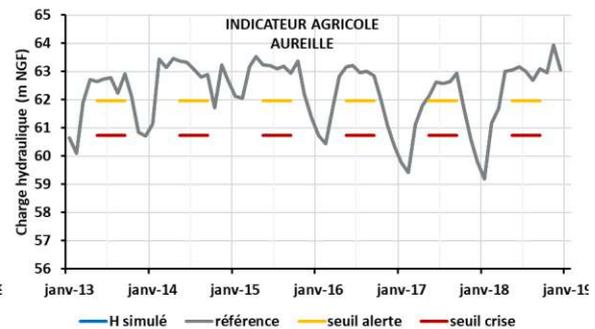
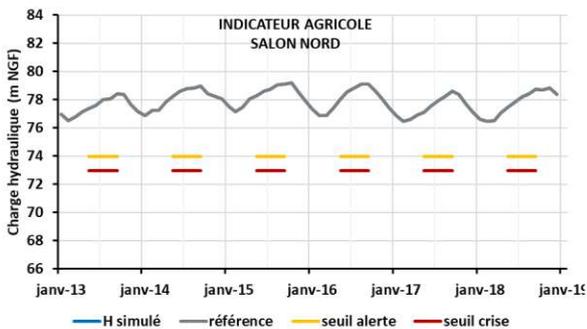
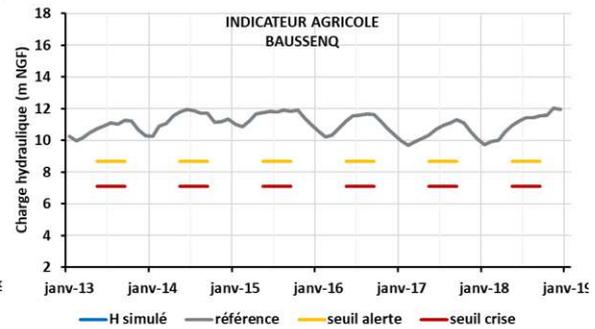
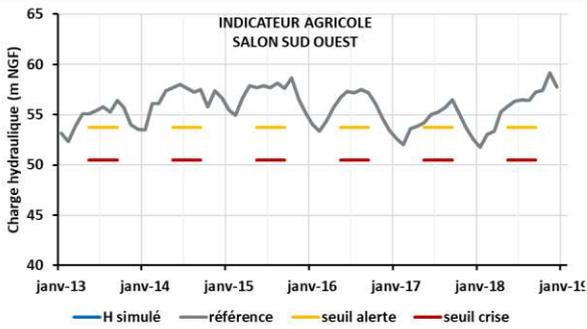
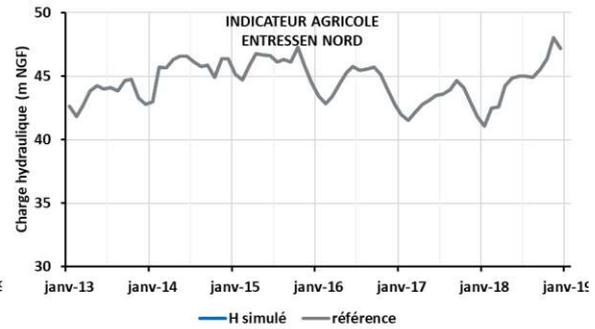
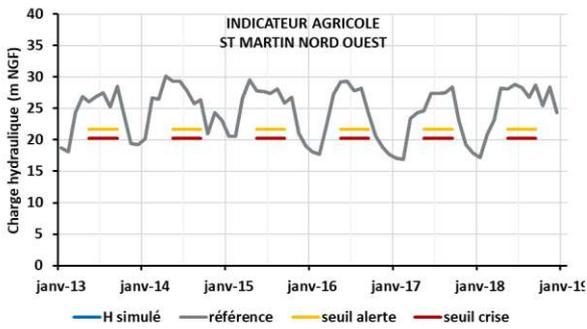
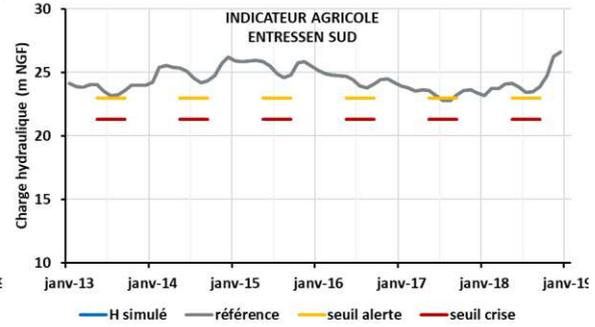
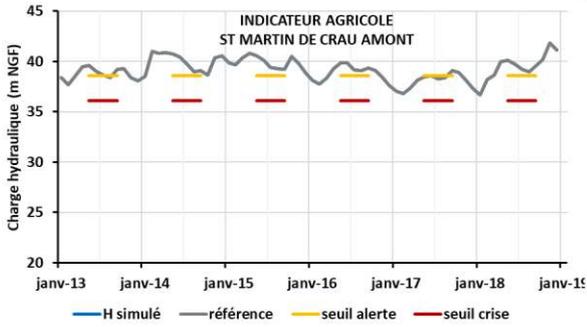
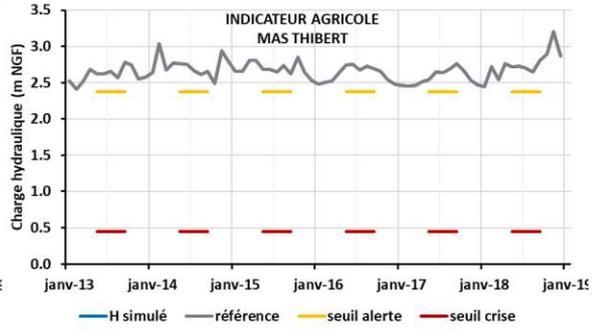
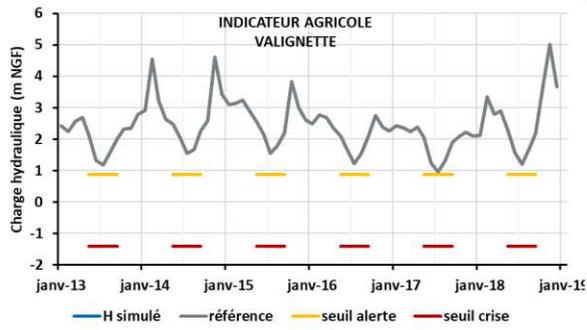
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



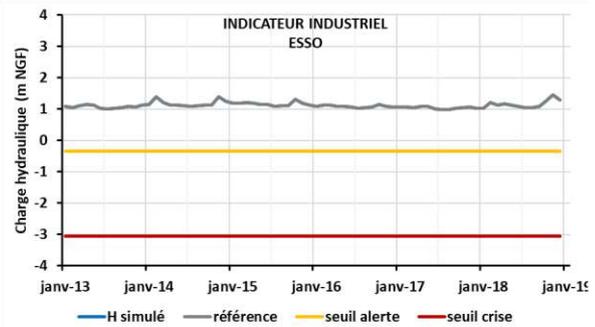
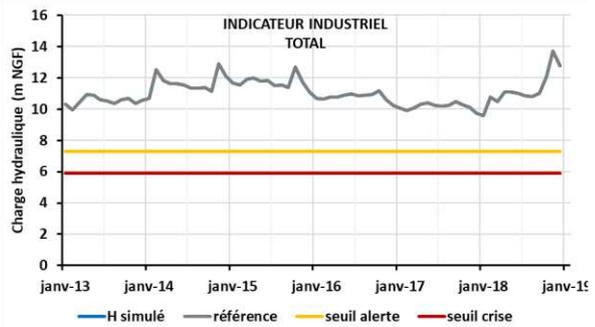
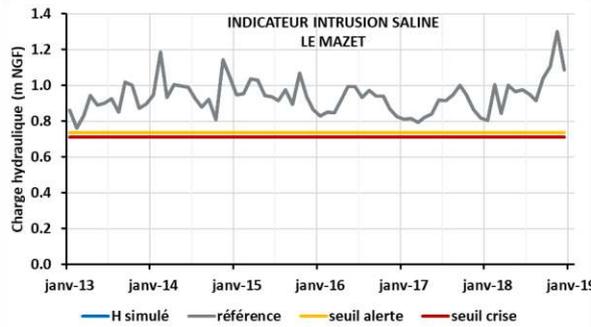
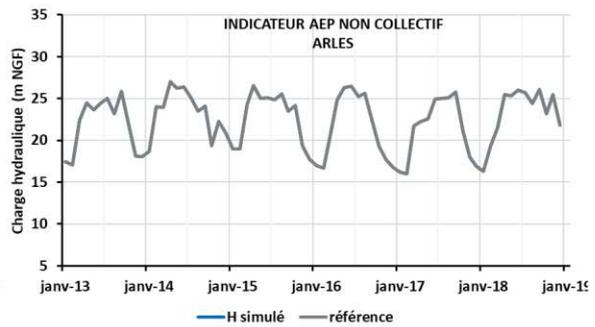
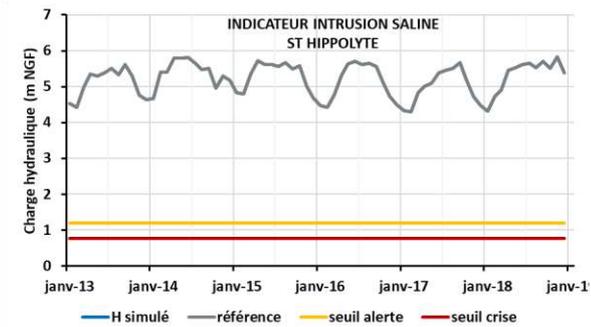
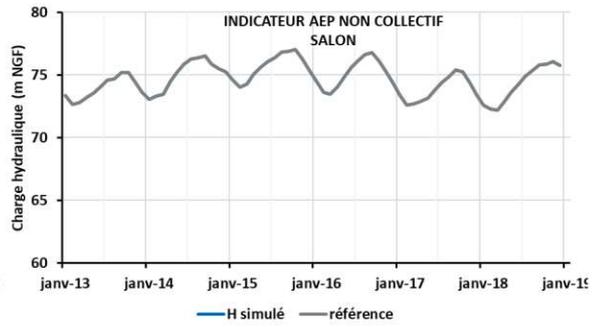
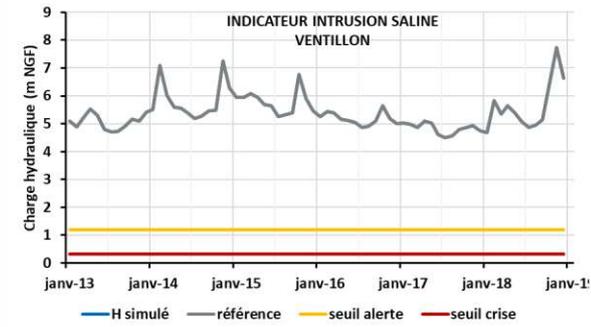
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



**9 ANNEXE 8 - FICHES DE SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ANALYSE DE SENSIBILITE AUX CONDITIONS DE RECHARGES ET DE PRELEVEMENTS**



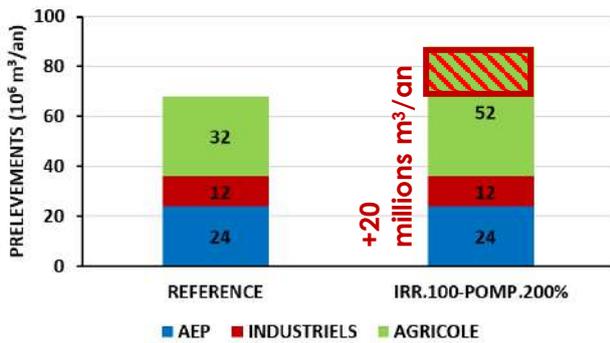
## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 100% – POMPAGE 200%

### DONNES D'ENTREES

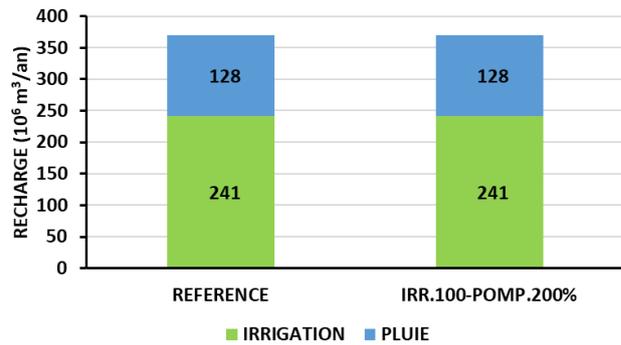
#### SYNTHESE

Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	Dotation pour l'irrigation 100%
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements agricoles hors prairies + 100%</b>
Condition de référence	Etat de référence 2013-2018 (test IRR.100% - POMP.100%)

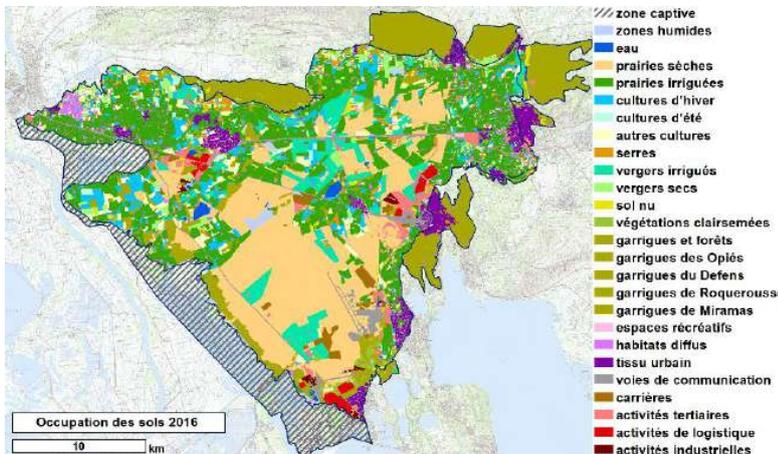
**PRELEVEMENTS 2013-2018**



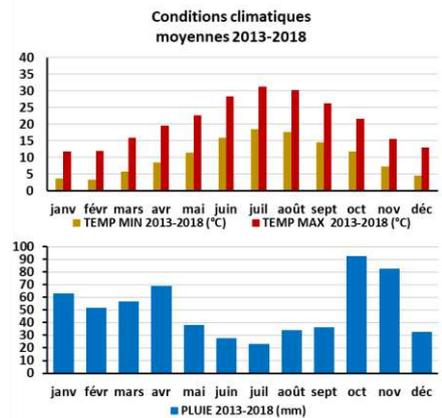
**RECHARGE 2013-2018**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**

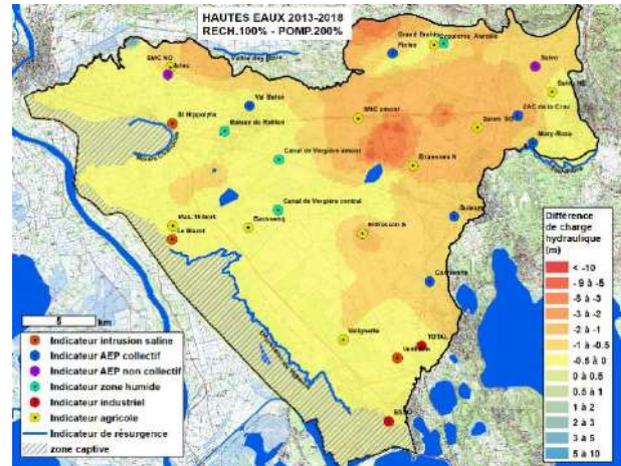
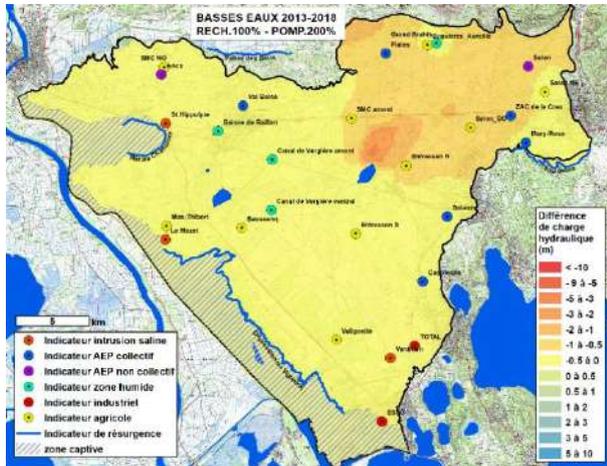


#### COMMENTAIRES

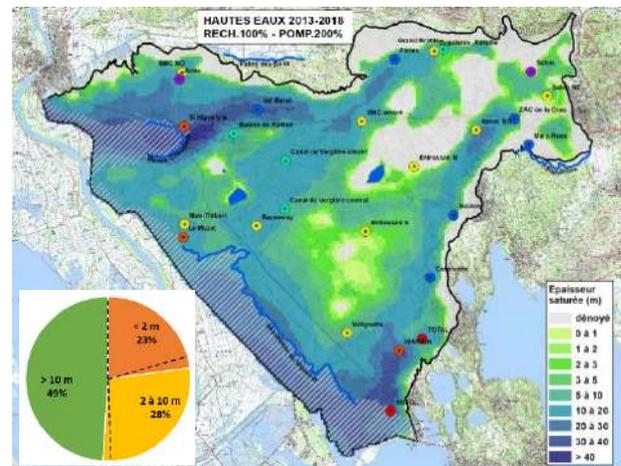
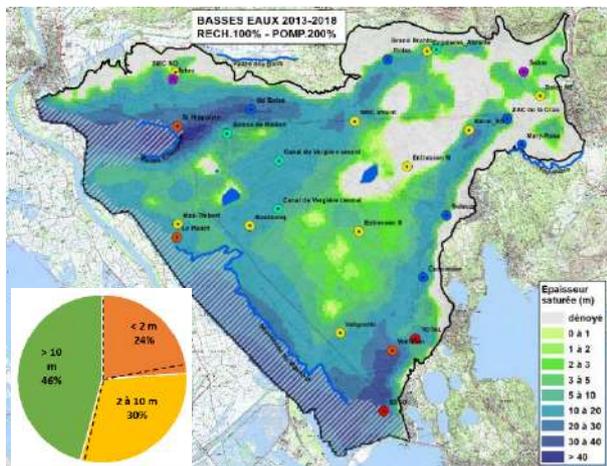
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

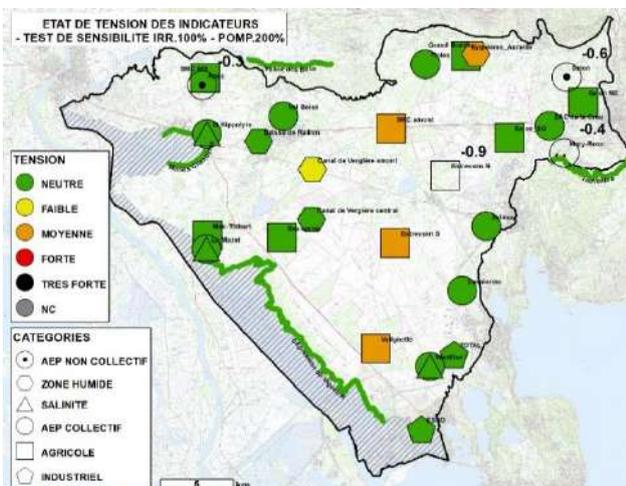


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (IRR.100%-POMP100%)

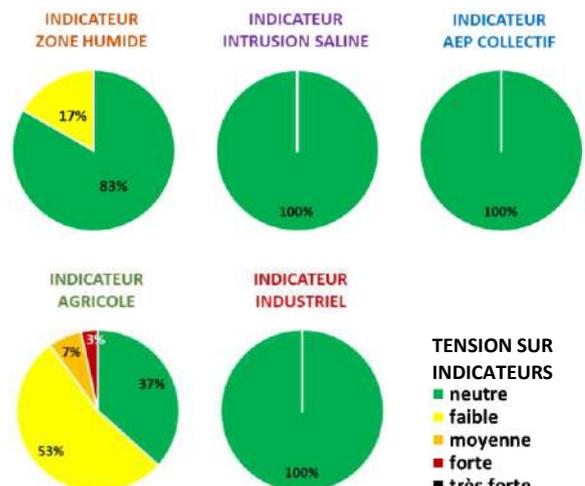


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur



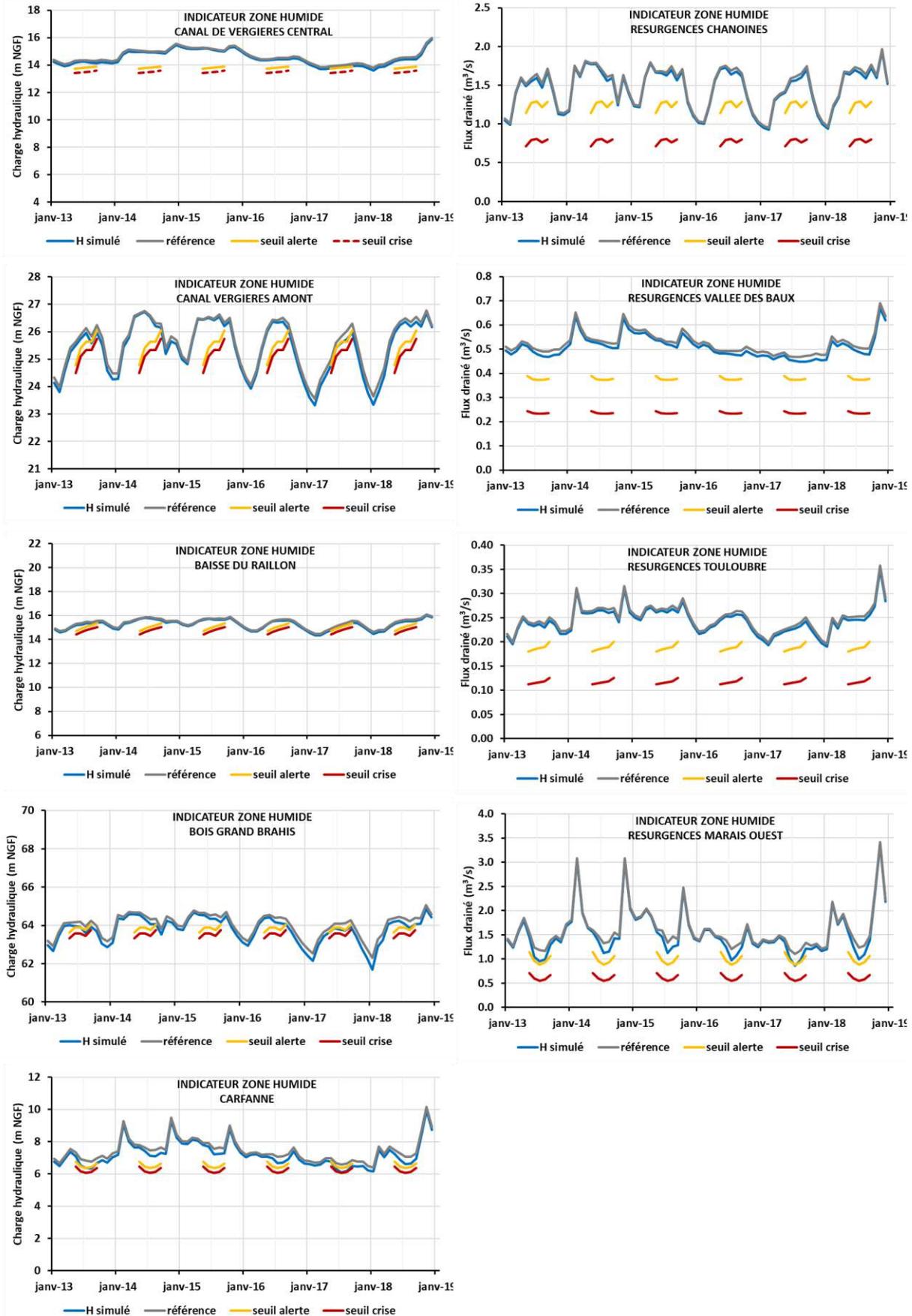
Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

INDICATEURS

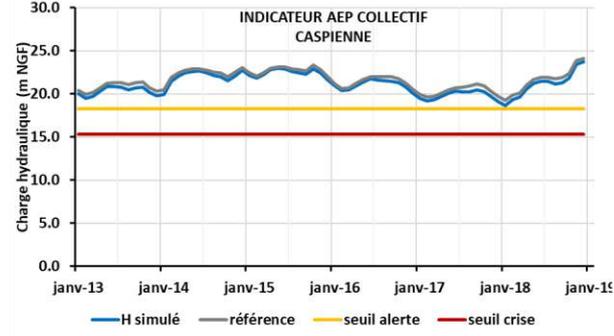
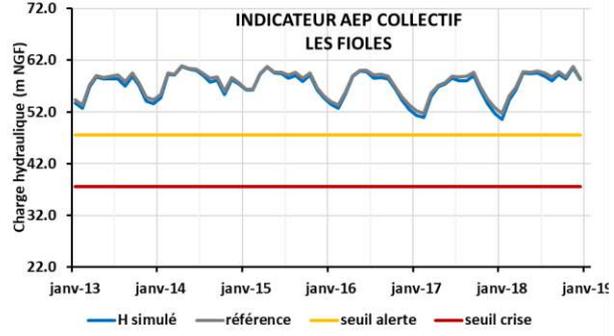
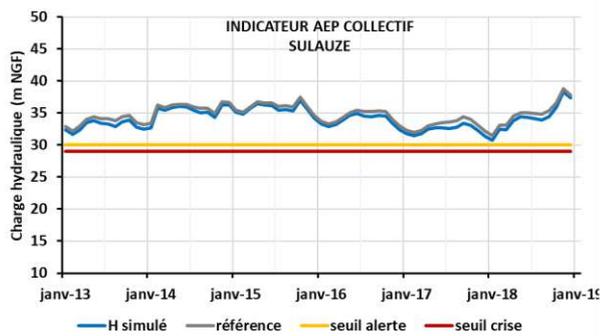
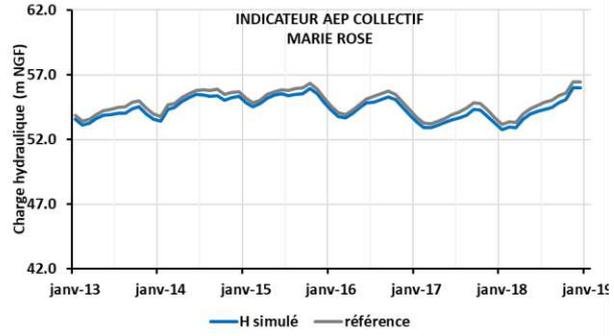
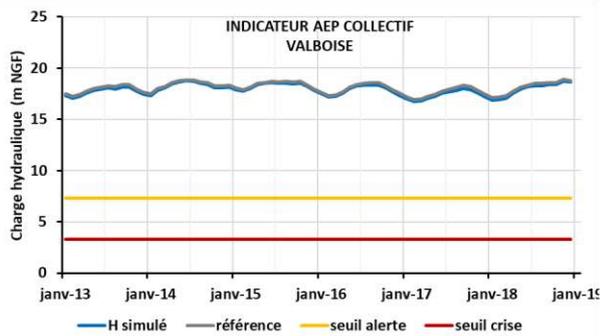
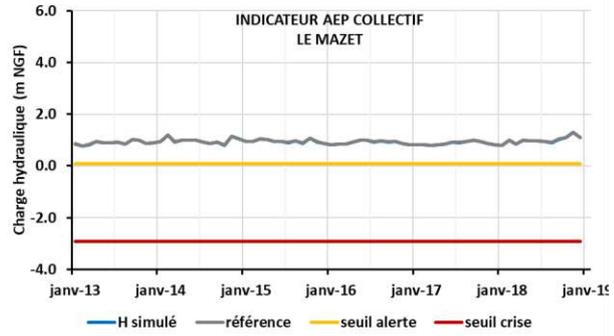
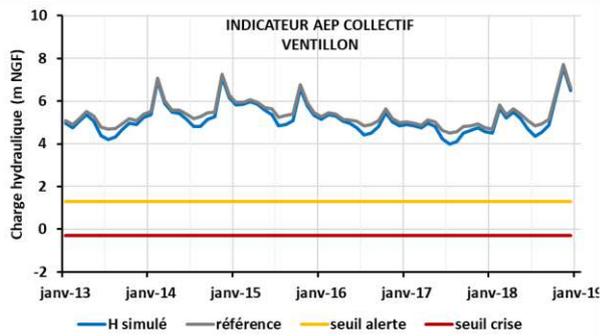
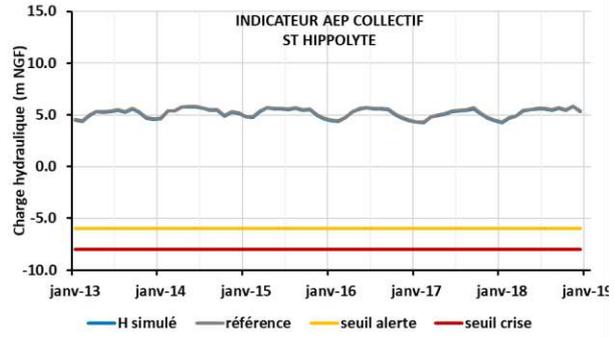
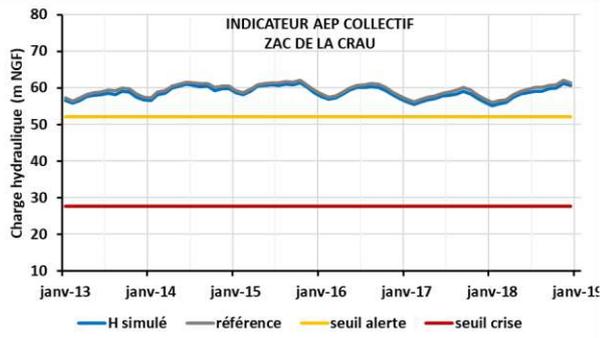
CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																													
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE				
VERGIERE CENTRAL																													
VERGIERE AMONT																													
BAISSE DU RAILLON																													
GRD BRAHIS																													
MARAIS CHANOINES																													
VALLE DES BAUX																													
TOULOUBRE																													
DEPRESSION VIGUEIRA																													
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE	
INDICATEURS SALINITE																													
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE				
VENTILLON																													
ST HIPPOLYTE																													
LE MAZET																													
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
INDICATEURS AEP COLLECTIF																													
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE				
ZAC DE LA CRAU																													
VENTILLON																													
VALBOISE																													
SULAUZE																													
ST HIPPOLYTE																													
LE MAZET																													
LES FIOLES																													
CASPIENNE																													
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
INDICATEURS AGRICOLES																													
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE				
VALIGNETTE																													
ST MARTIN AMONT																													
ST MARTIN NORD-OUEST																													
SALON SUD-OUEST																													
SALON NORD-EST																													
MAS-THIBERT																													
ENTRESSEN-SUD																													
BAUSSENQ																													
AUREILLE																													
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
INDICATEURS INDUSTRIELS																													
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE				
TOTAL																													
ESSO																													
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE

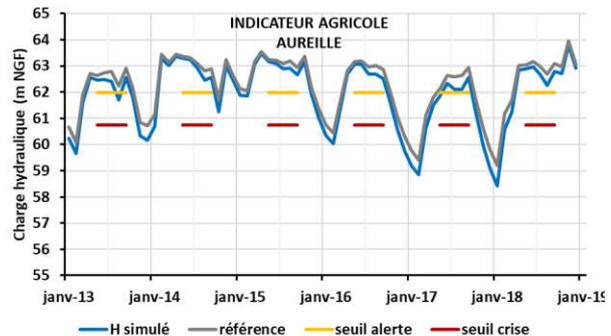
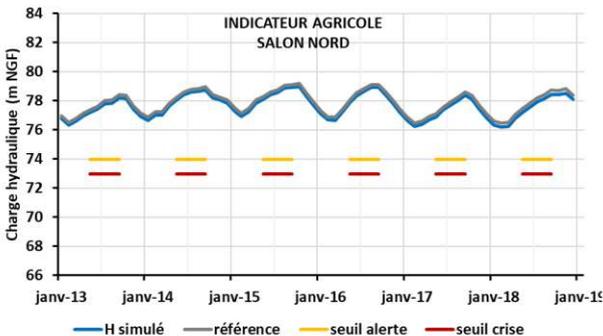
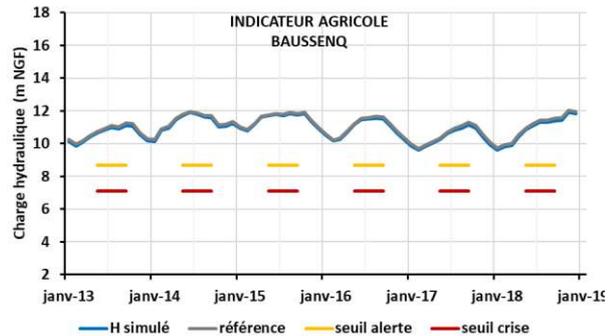
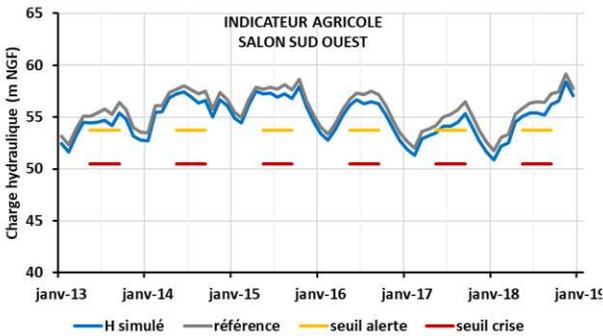
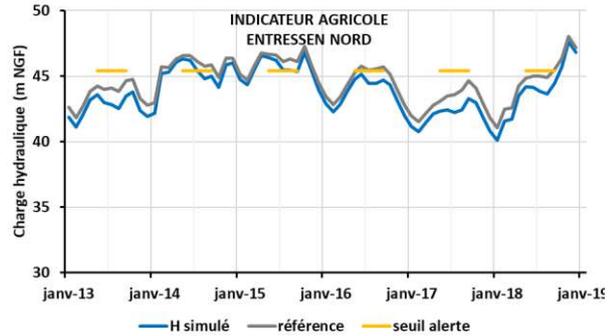
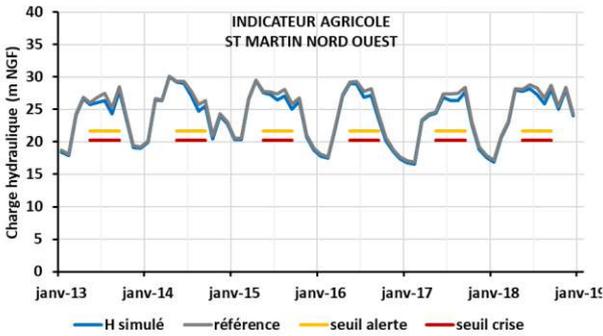
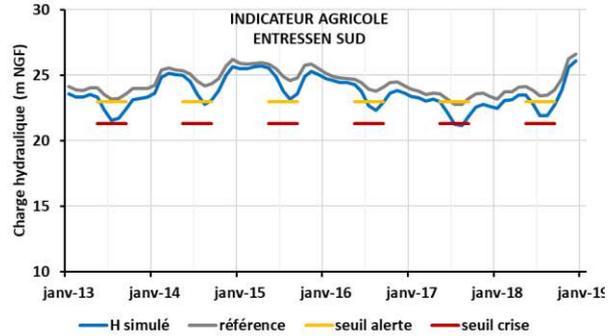
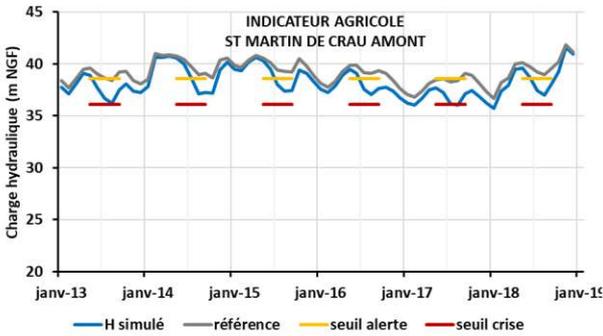
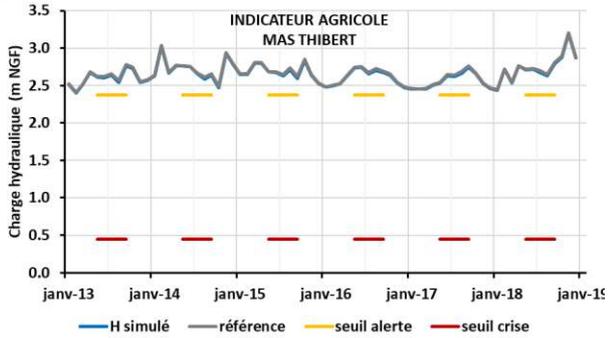
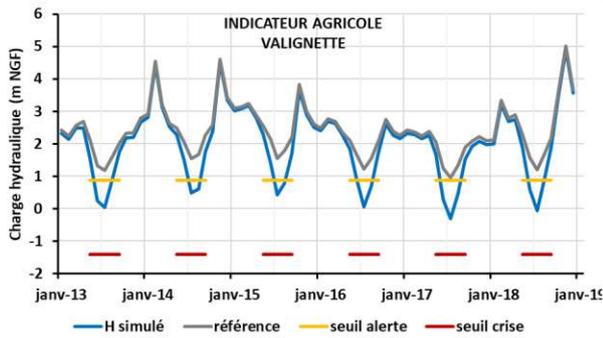
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



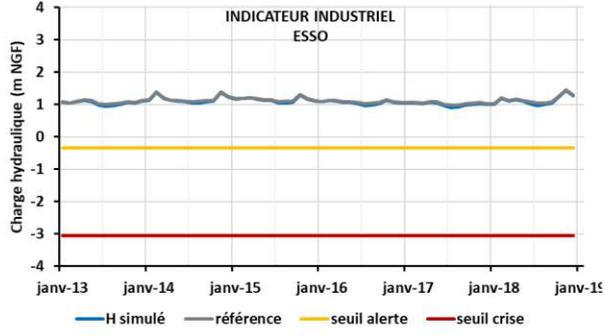
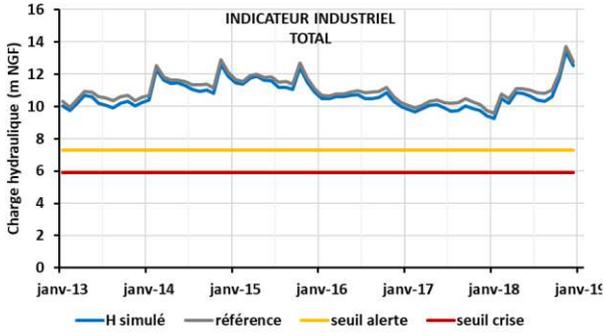
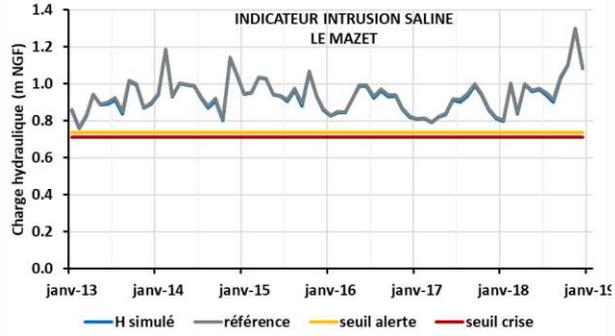
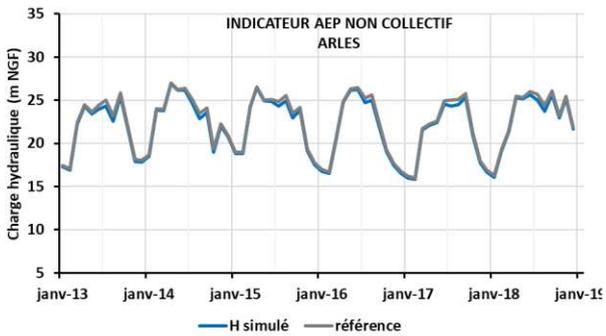
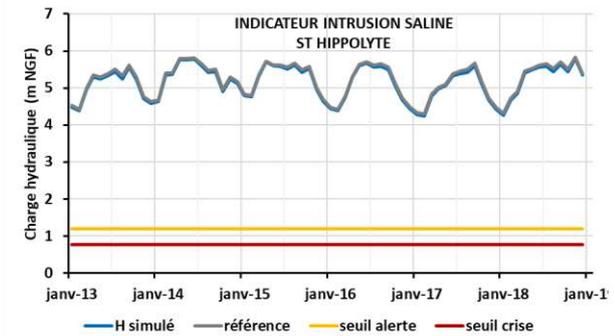
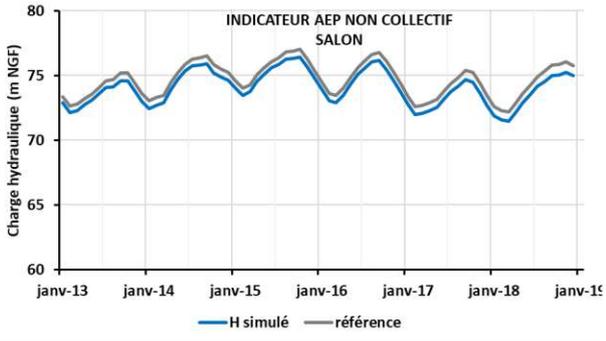
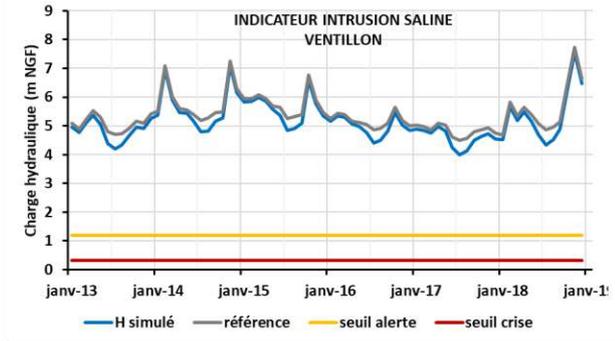
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**

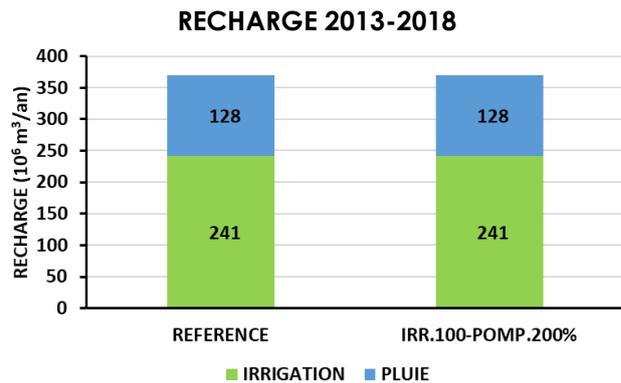
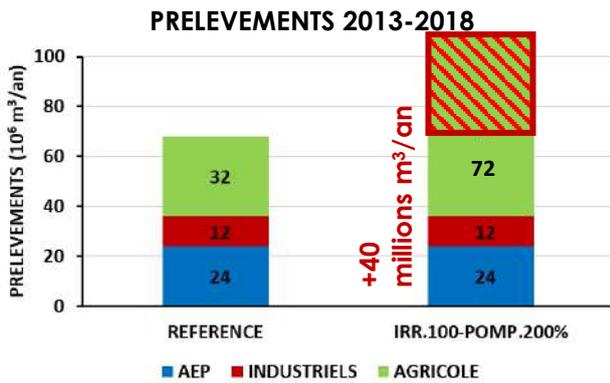


## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 100% – POMPAGE 300%

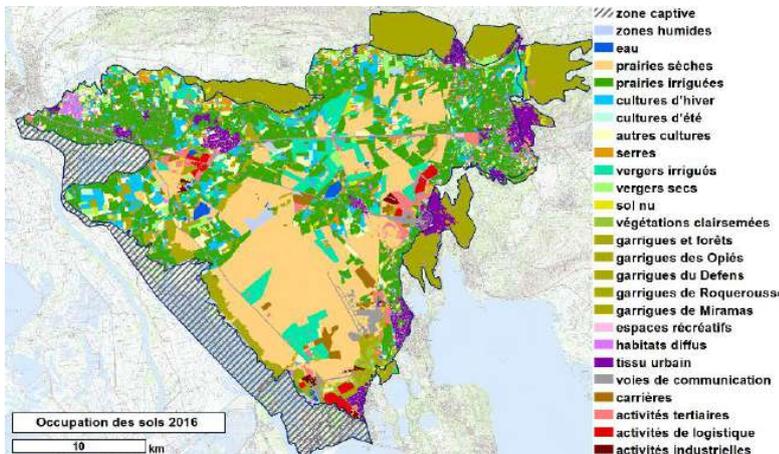
### DONNES D'ENTREES

#### SYNTHESE

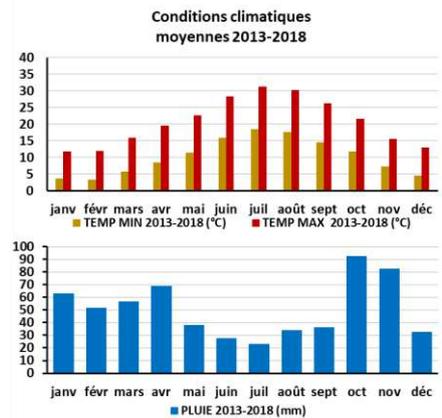
Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	Dotation pour l'irrigation 100%
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements agricoles hors prairies + 200%</b>
Condition de référence	Etat de référence 2013-2018 (test IRR.100% - POMP.100%)



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES

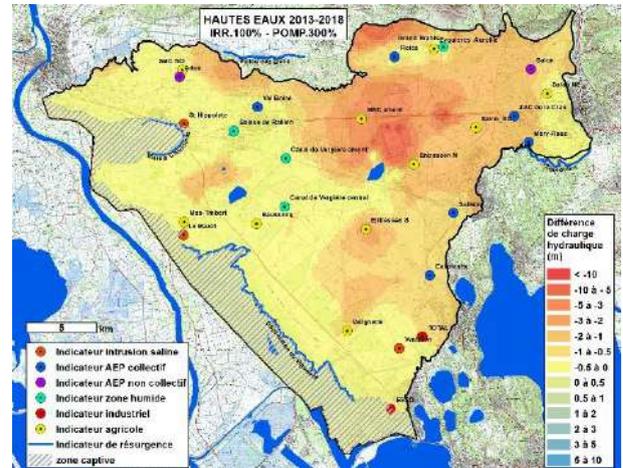
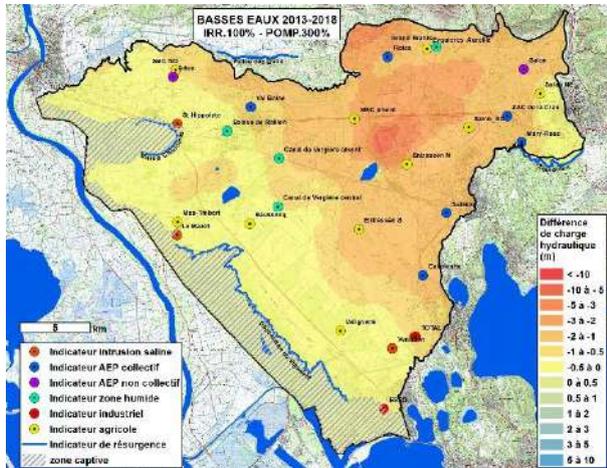


#### COMMENTAIRES

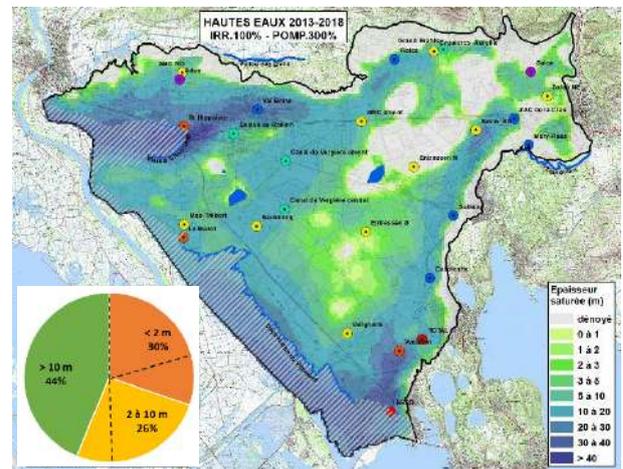
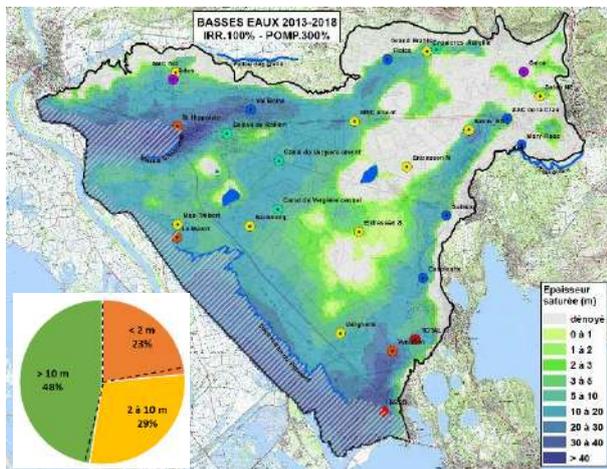
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

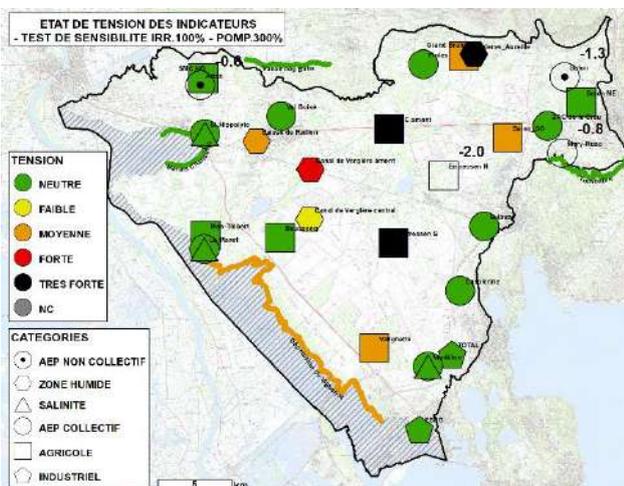


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (IRR.100%-POMP100%)

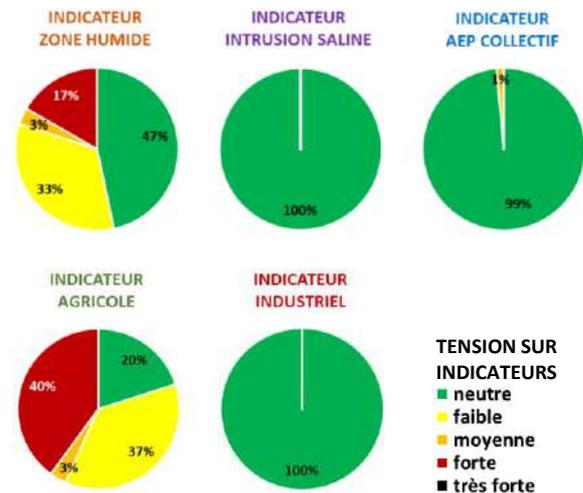


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur



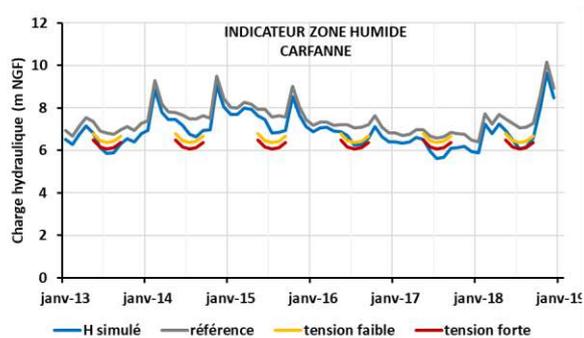
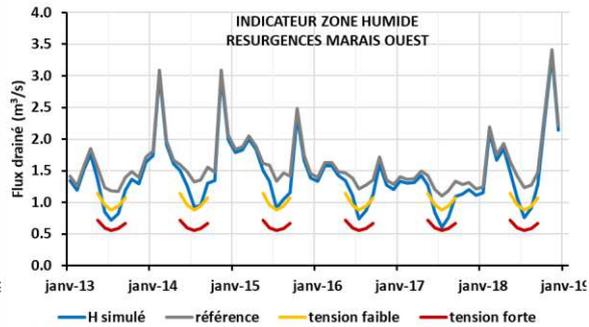
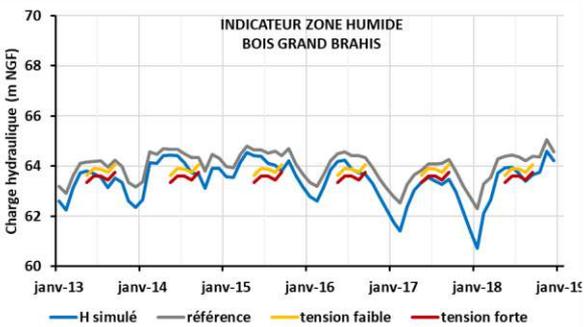
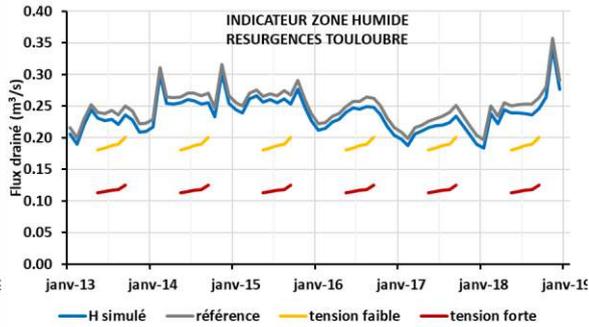
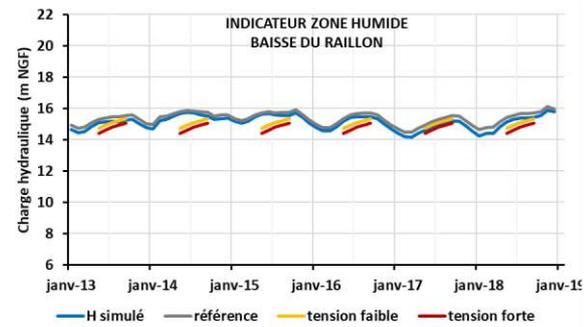
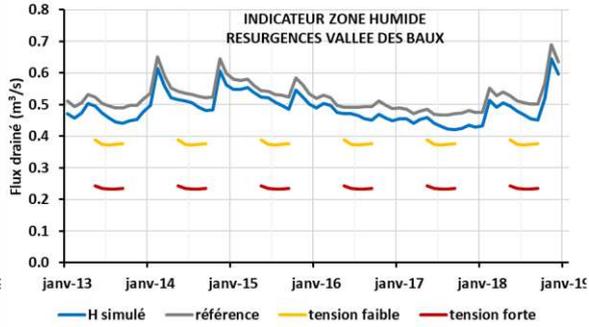
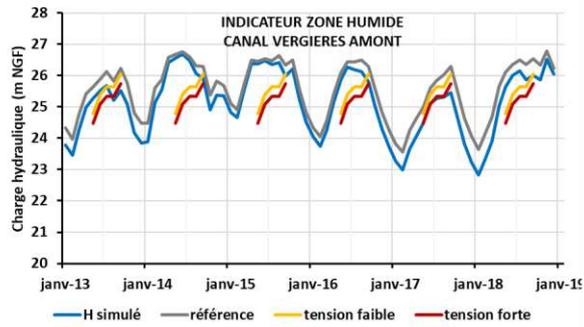
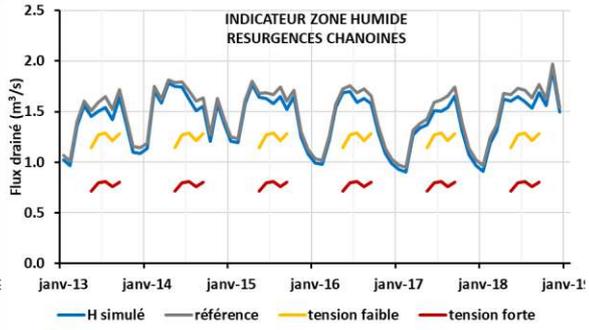
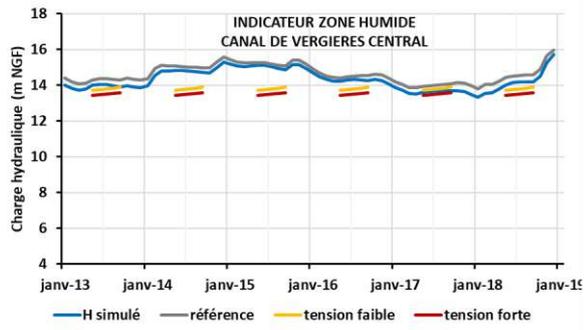
Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

## INDICATEURS

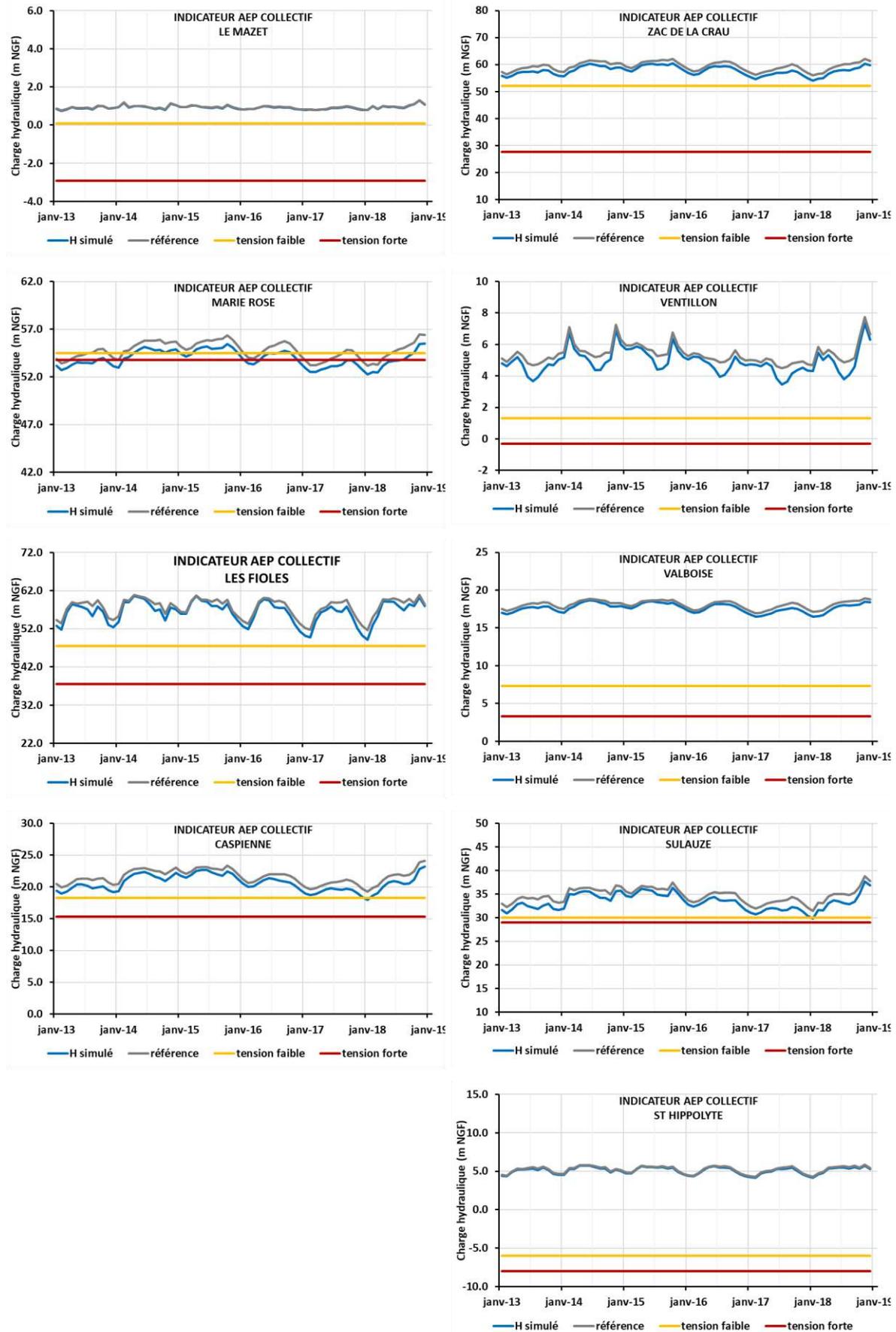
CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAIS CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRA																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										
INDICATEURS SALINITE																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										
INDICATEURS AEP COLLECTIF																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										
INDICATEURS AGRICOLES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUEST																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										
INDICATEURS INDUSTRIELS																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

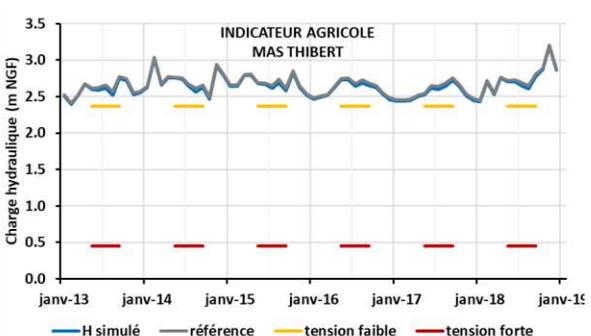
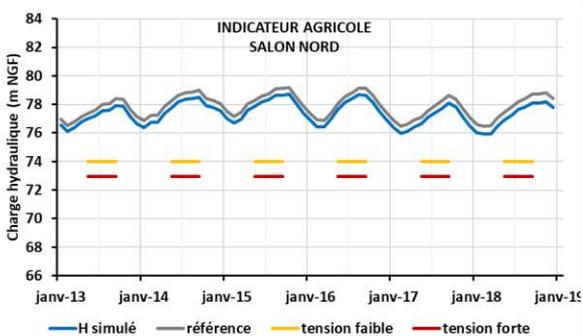
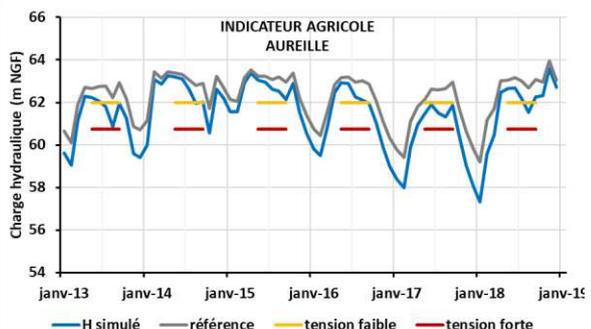
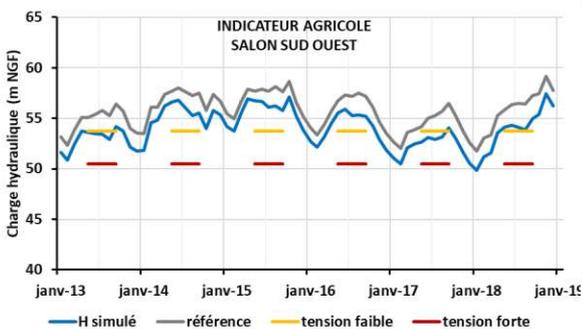
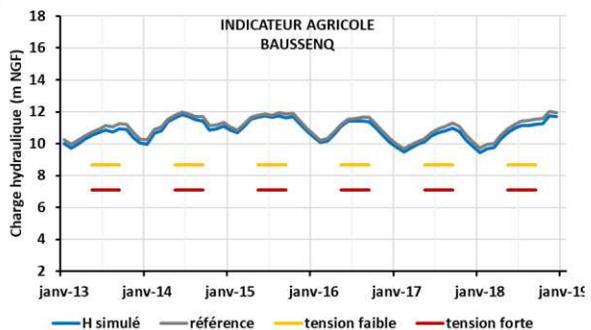
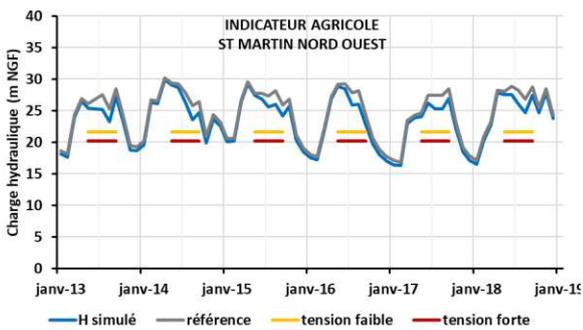
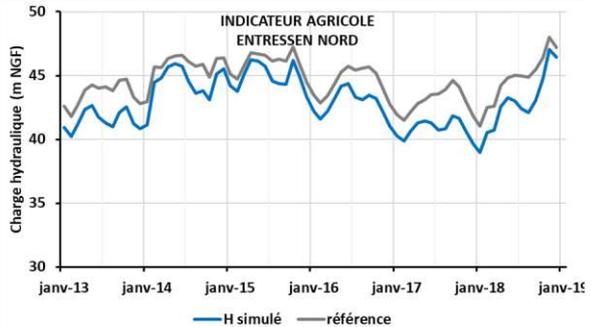
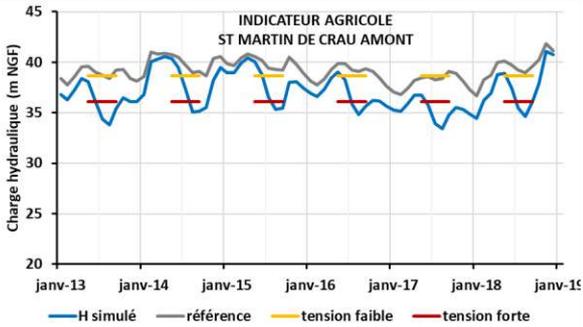
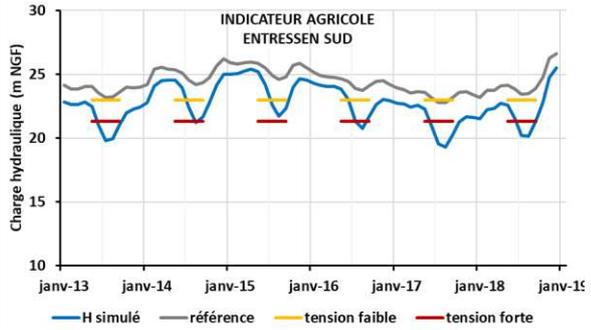
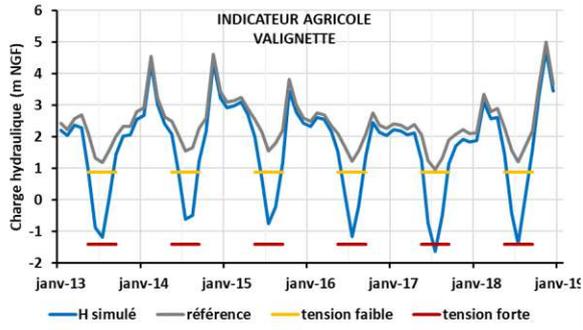
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



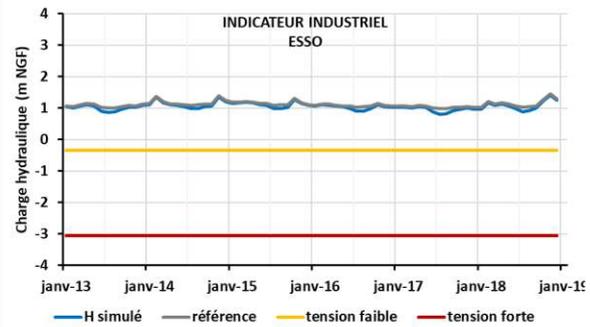
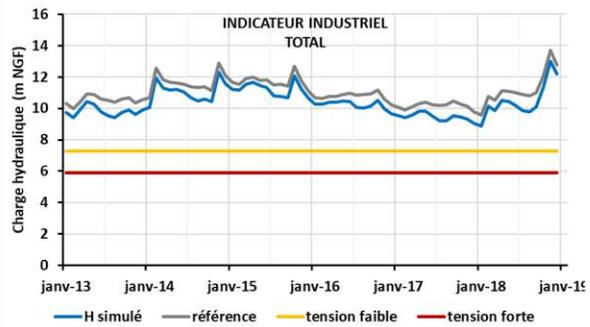
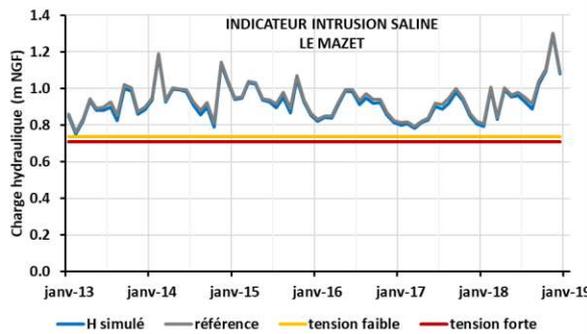
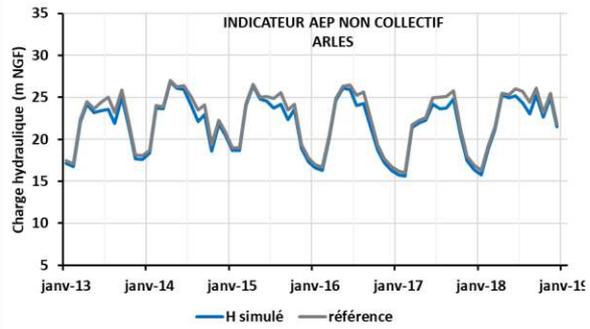
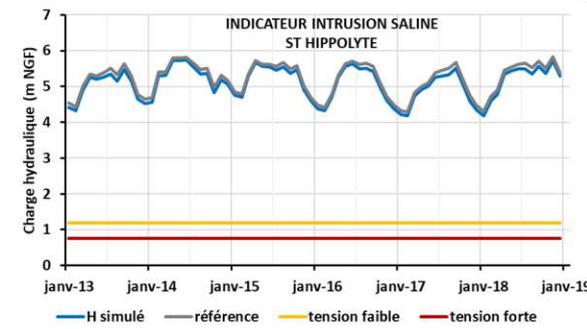
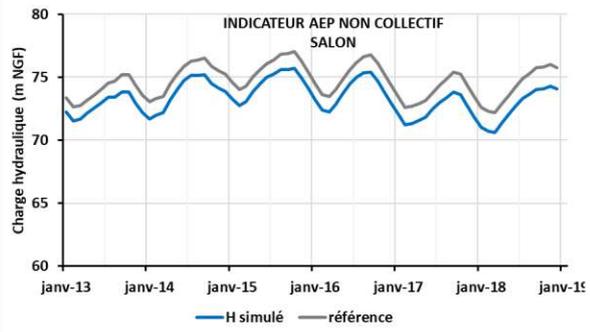
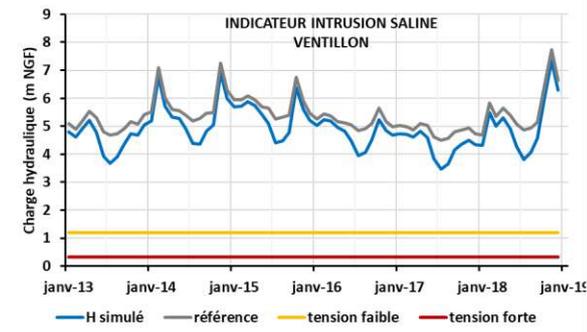
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



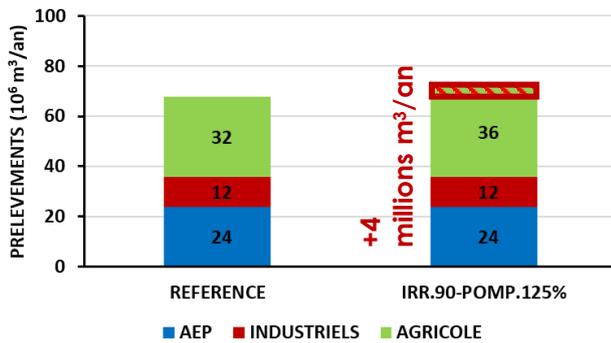
## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 90% – POMPAGE 125%

### DONNEES D'ENTREE

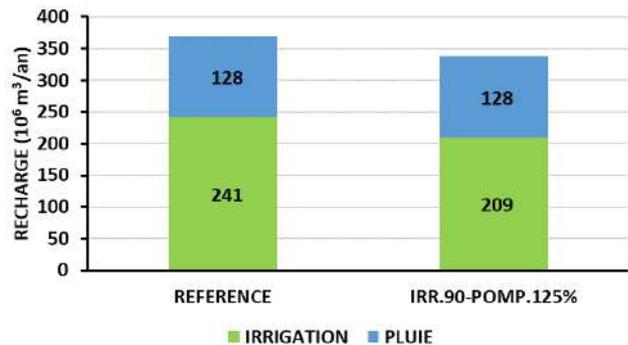
#### SYNTHESE

Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	<b>Dotation pour l'irrigation -10%</b>
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements agricoles hors prairies + 25%</b>
Condition de référence	Etat de référence 2013-2018 (test IRR.100% - POMP.100%)

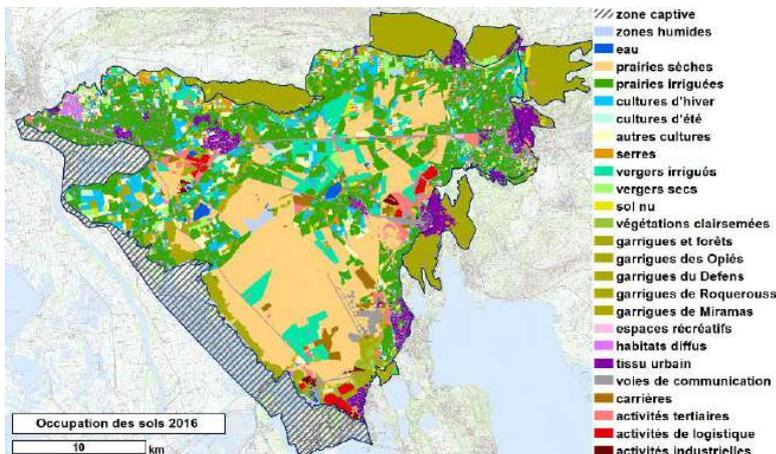
#### PRELEVEMENTS



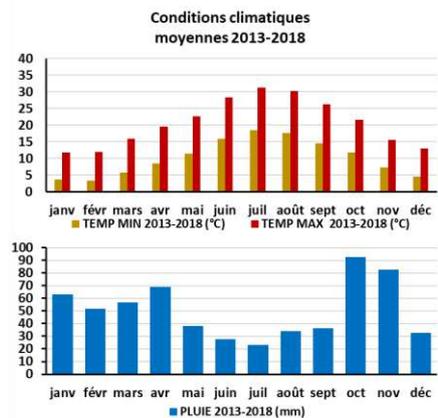
#### RECHARGE



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES

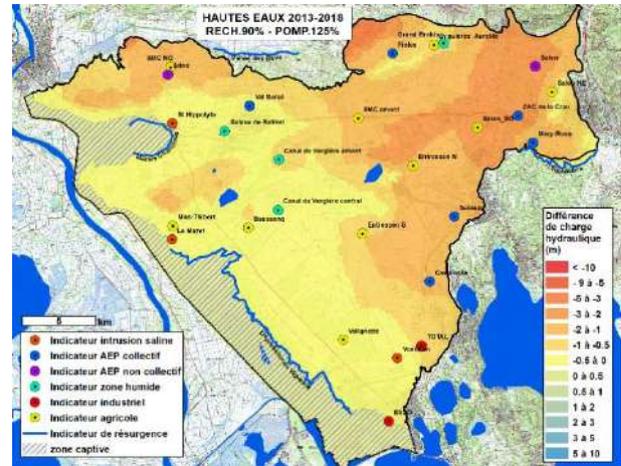
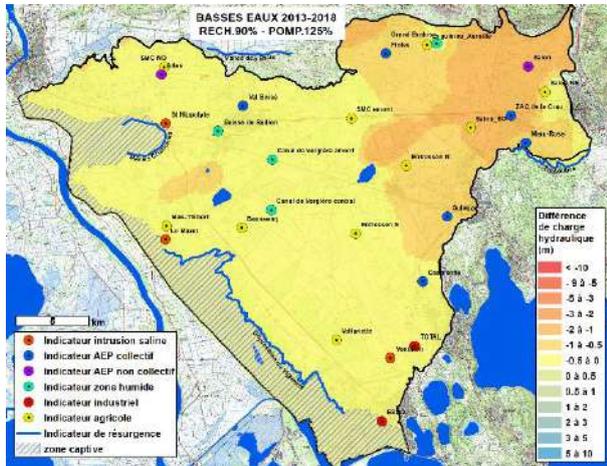


#### COMMENTAIRES

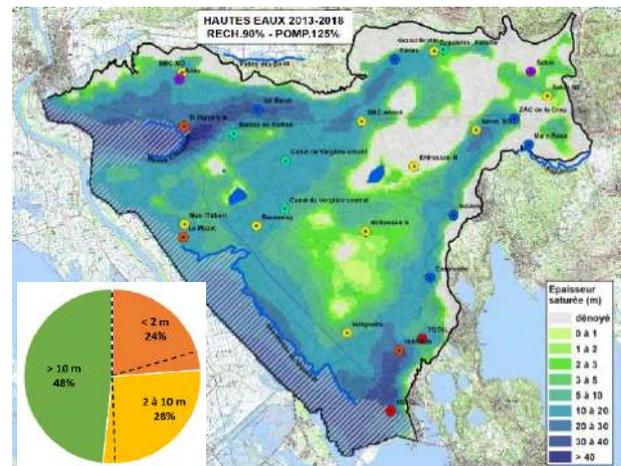
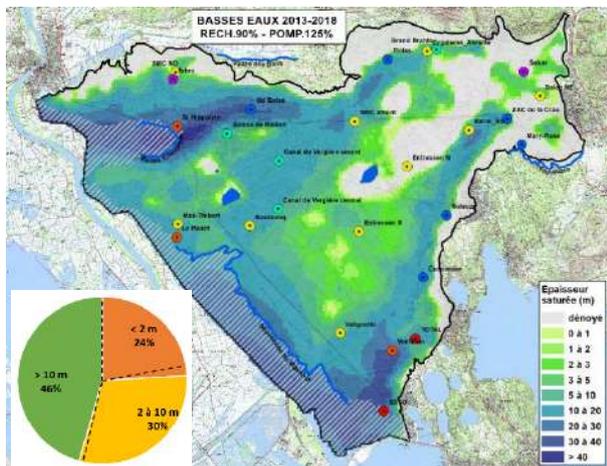
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

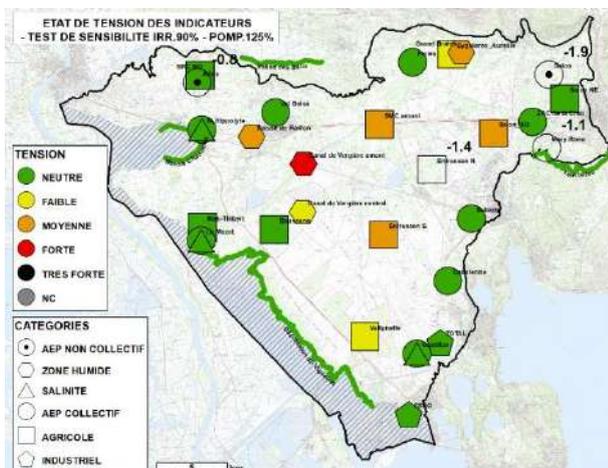


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (IRR.100%-POMP100%)

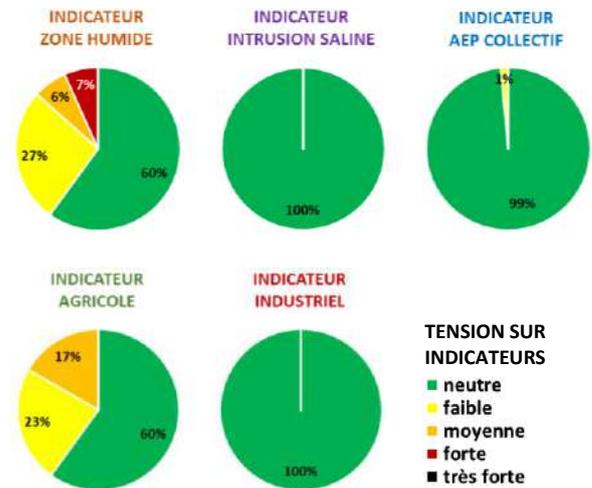


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAIS CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRAT																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

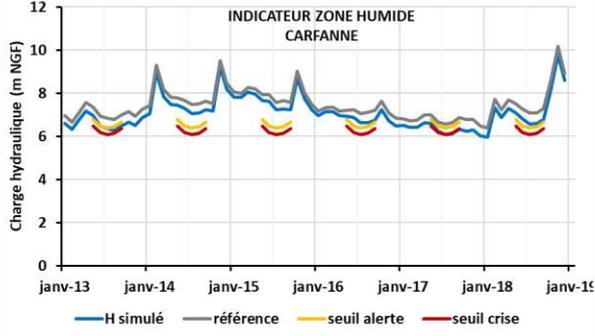
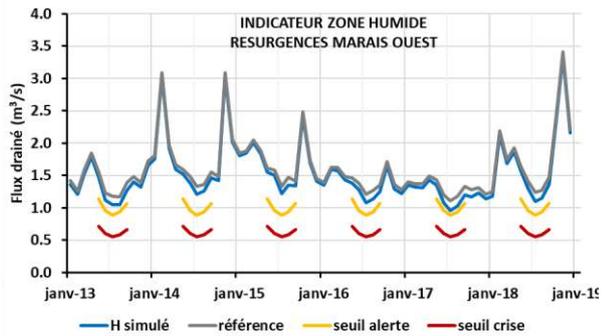
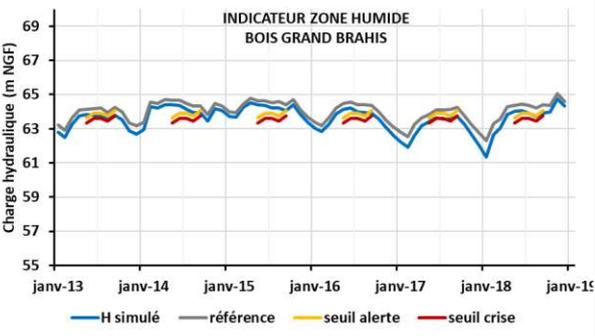
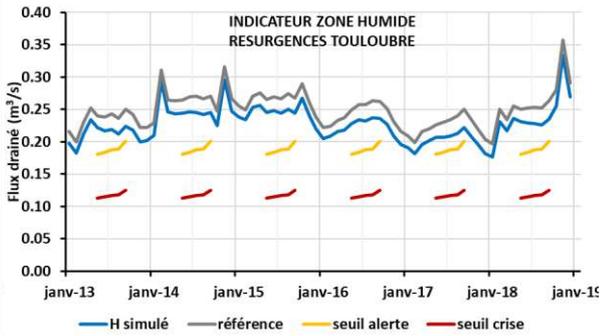
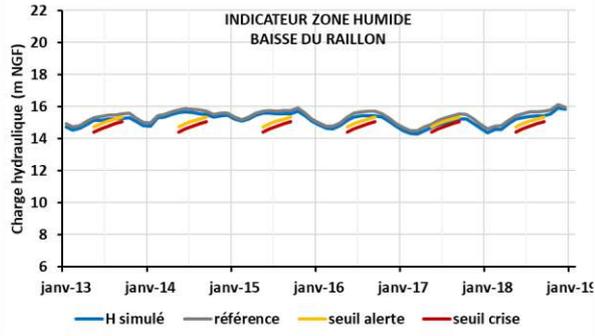
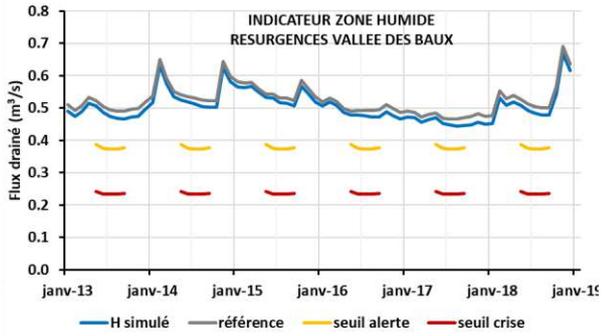
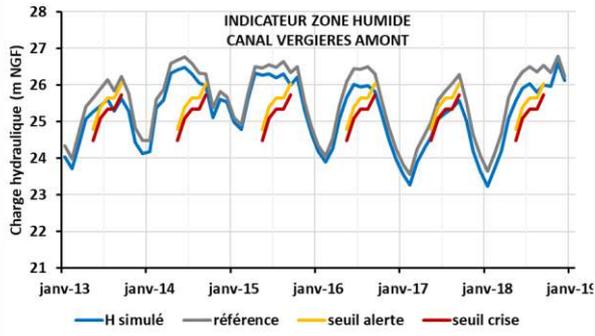
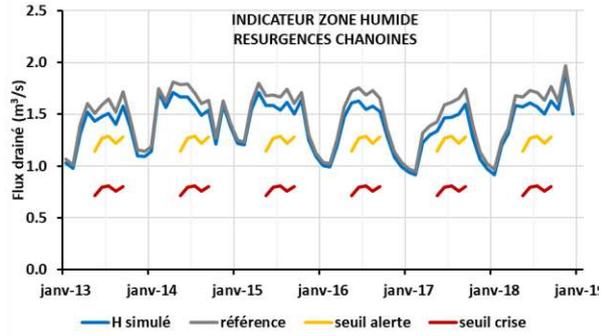
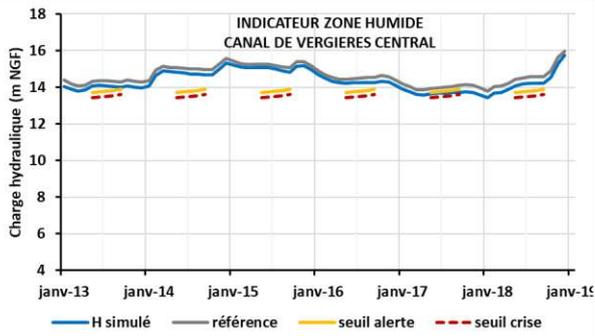
INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

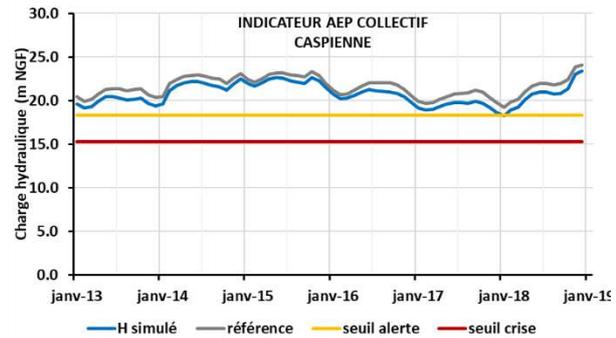
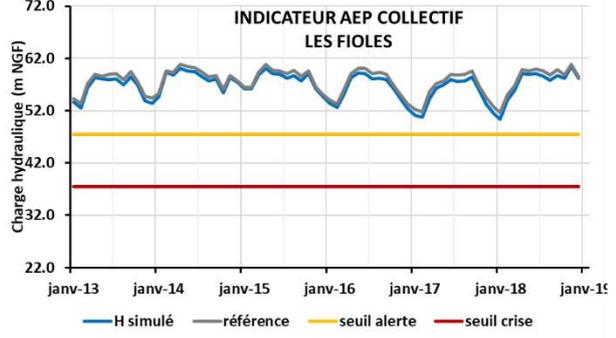
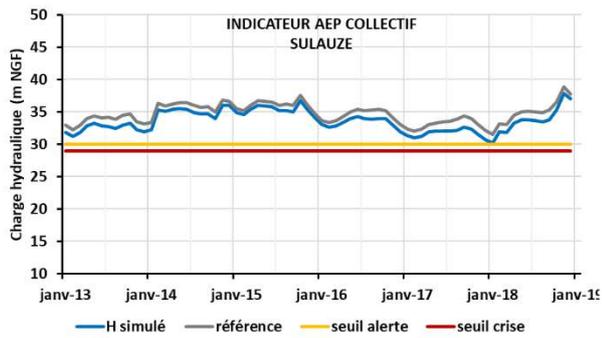
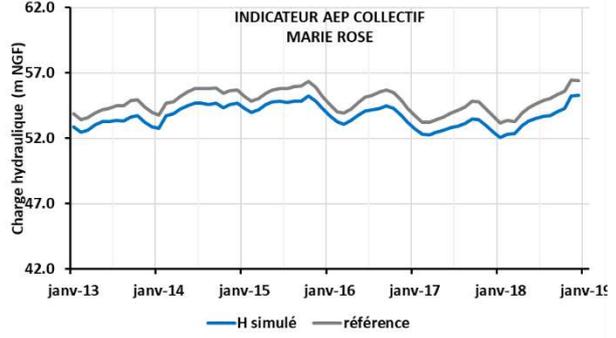
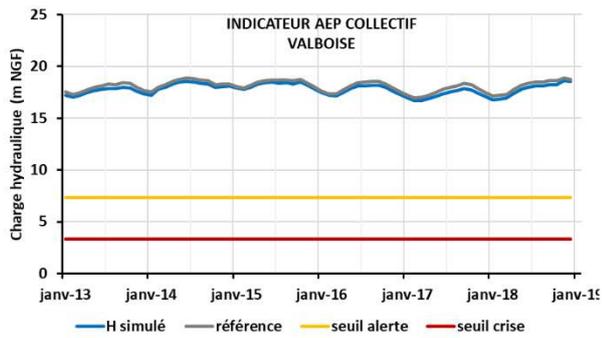
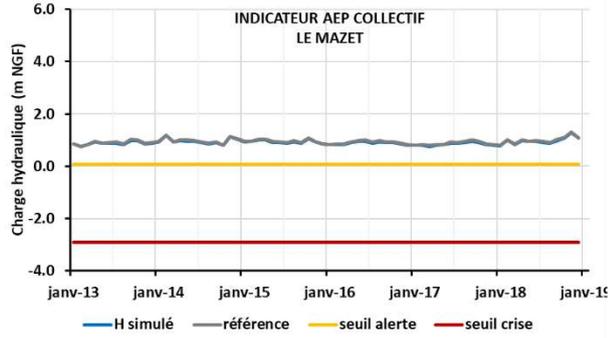
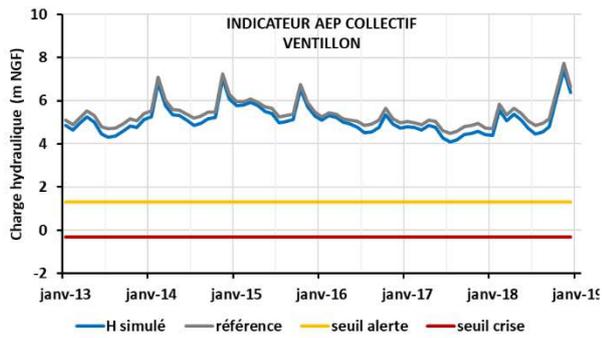
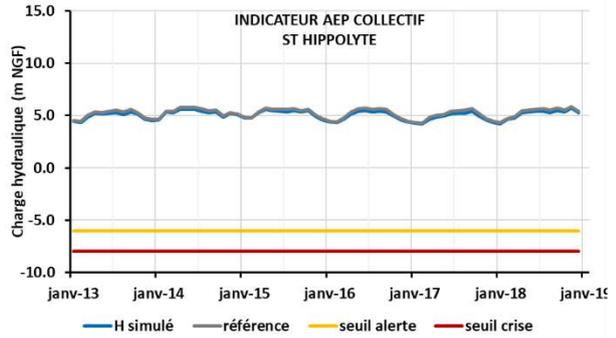
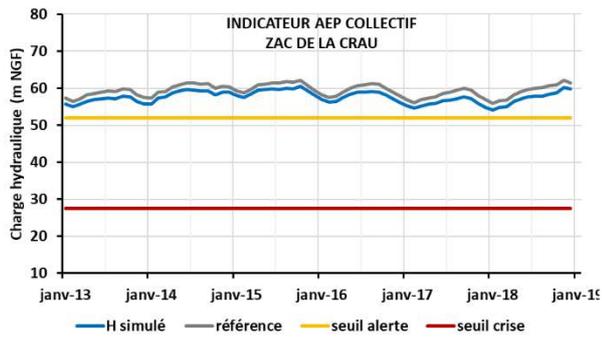
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUES																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

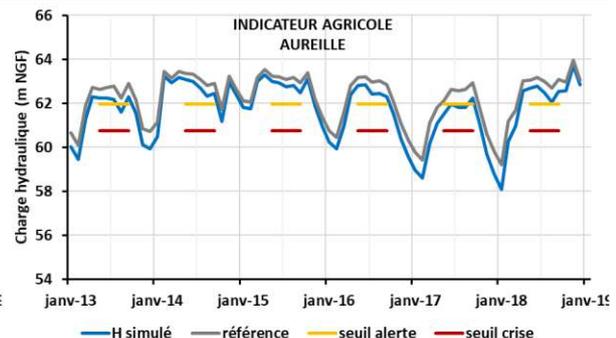
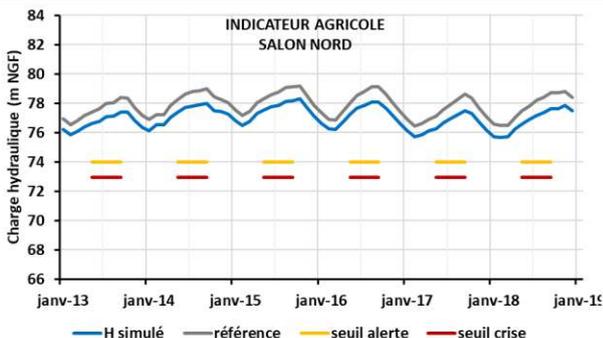
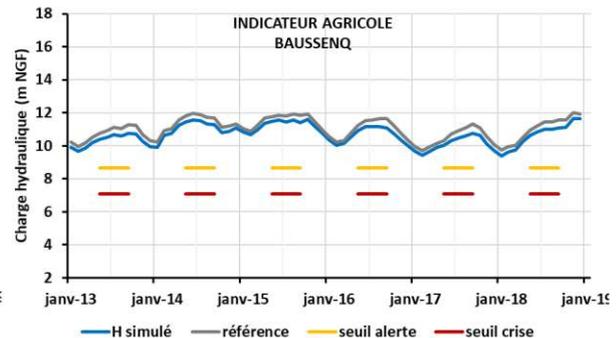
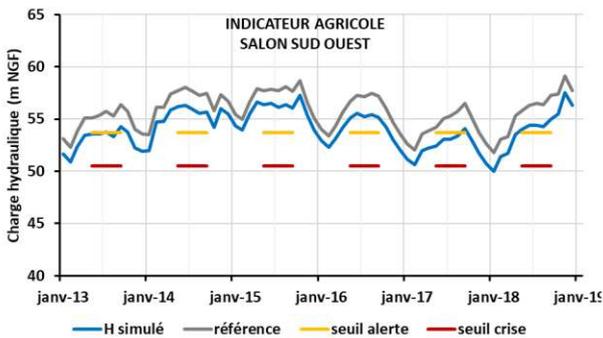
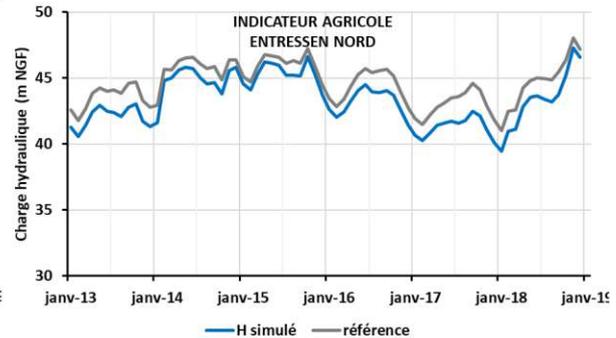
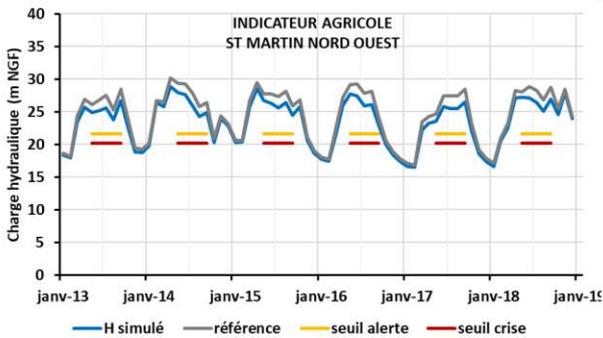
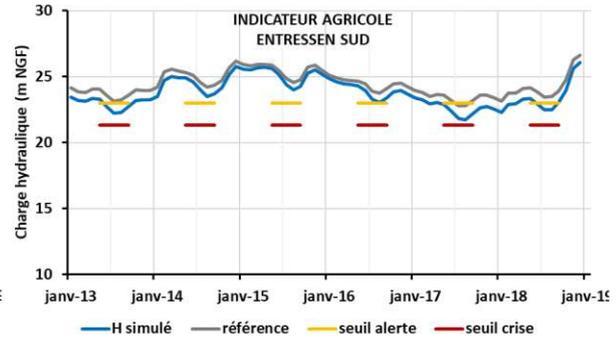
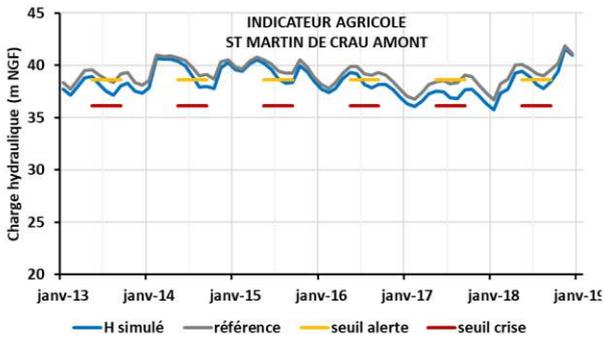
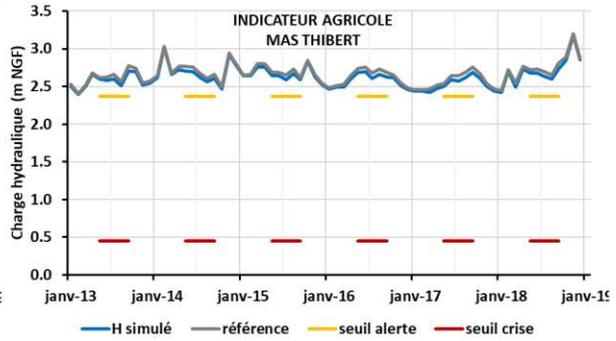
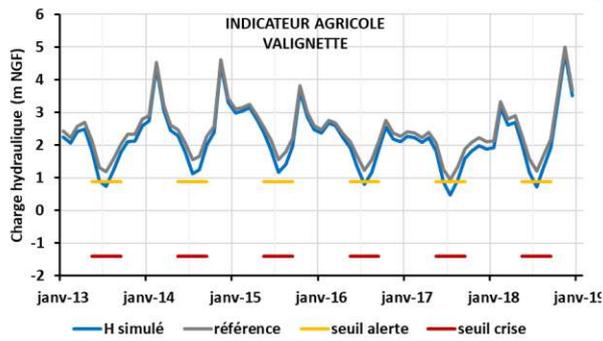
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



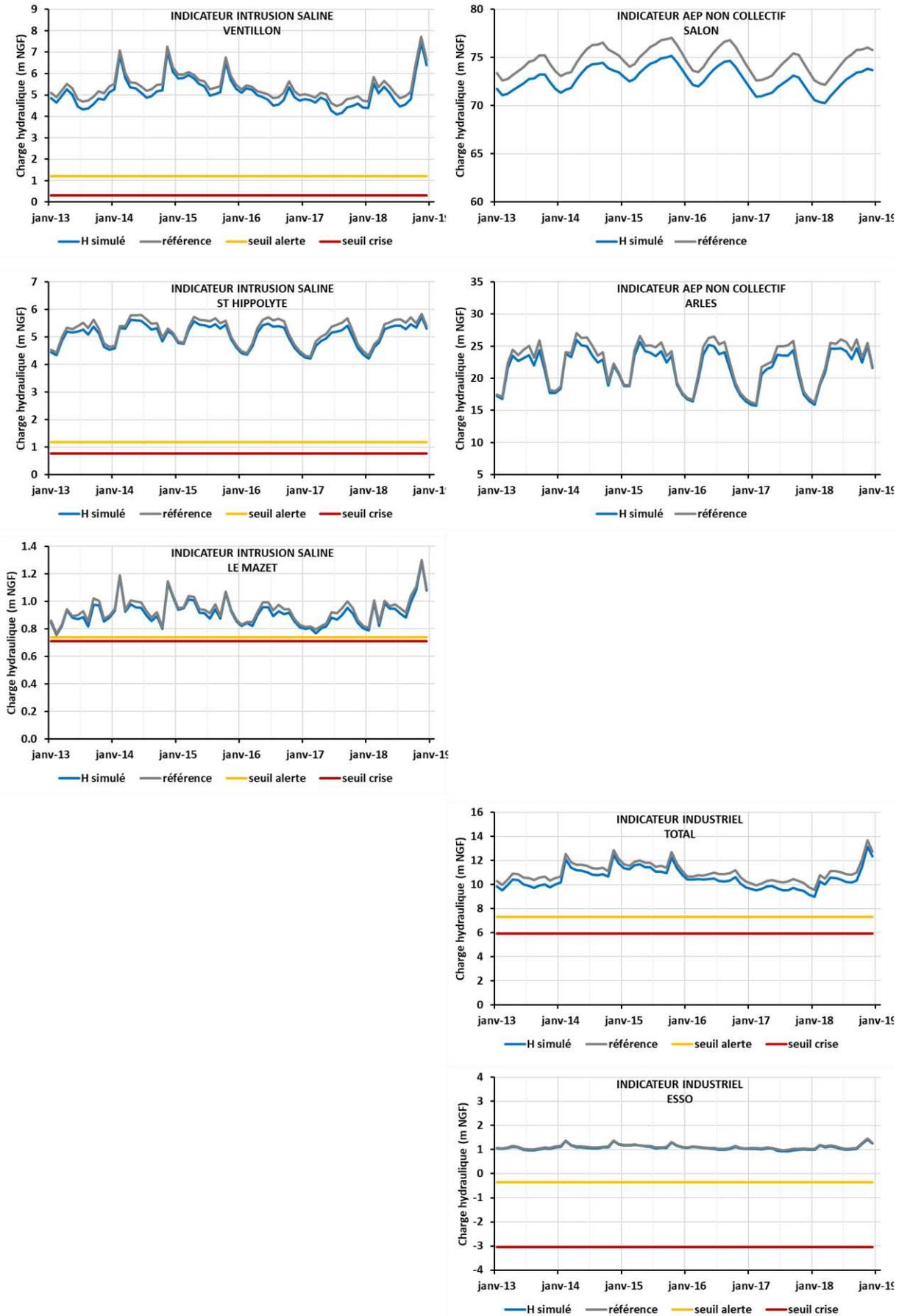
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



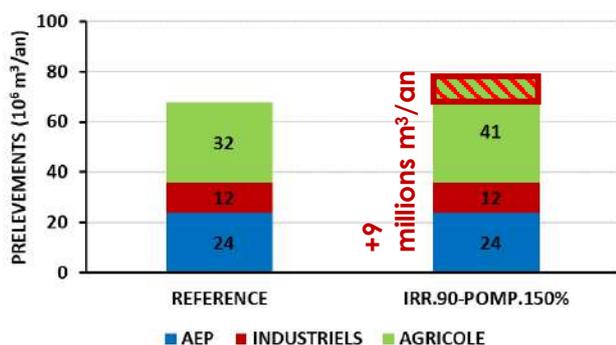
## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 90% – POMPAGE 150%

### DONNEES D'ENTREE

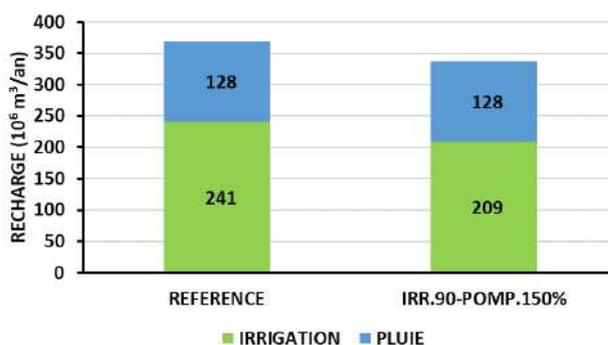
#### SYNTHESE

Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	<b>Dotation pour l'irrigation -10%</b>
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements agricoles hors prairies + 50%</b>
Condition de référence	Etat de référence 2013-2018 (test IRR.100% - POMP.100%)

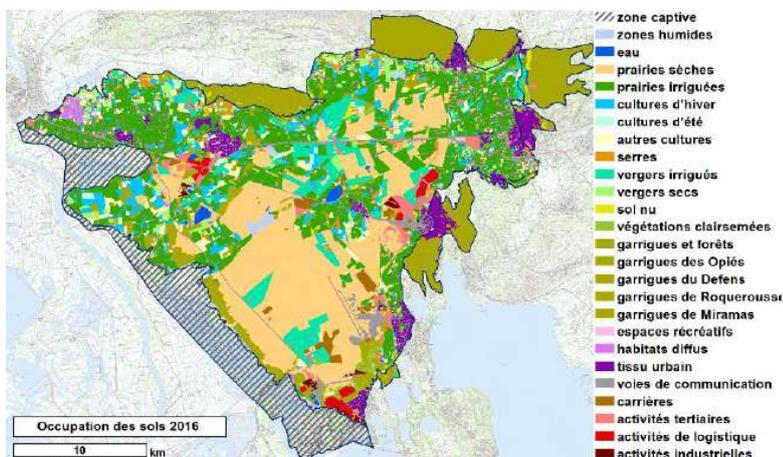
#### PRELEVEMENTS



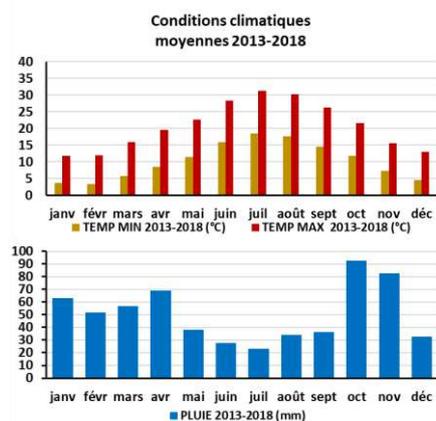
#### RECHARGE



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES

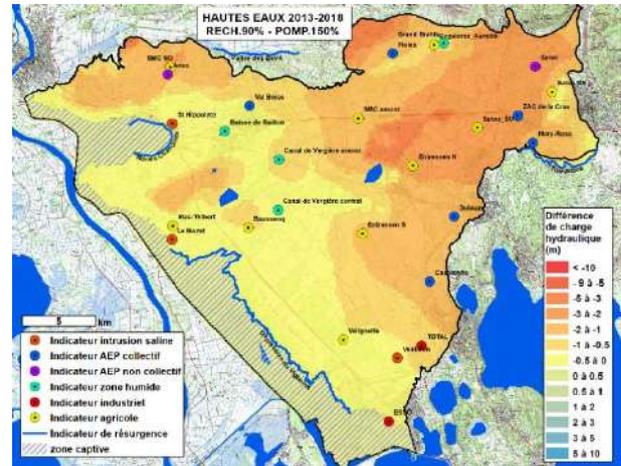
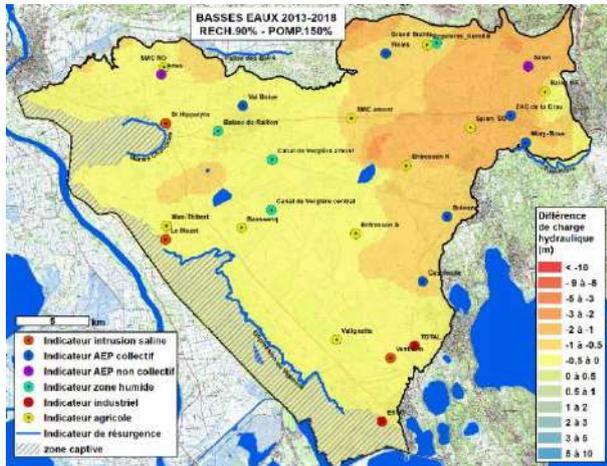


#### COMMENTAIRES

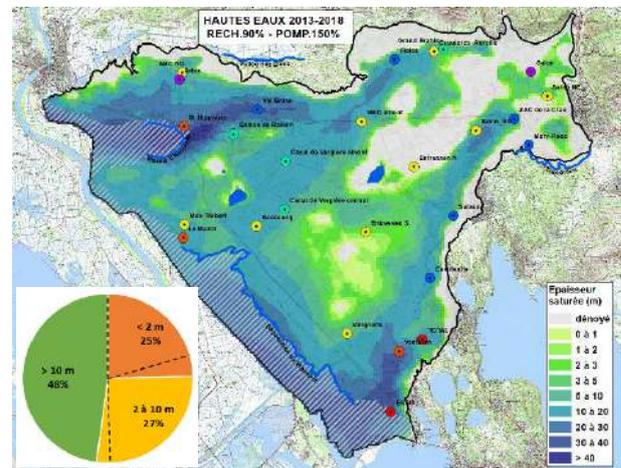
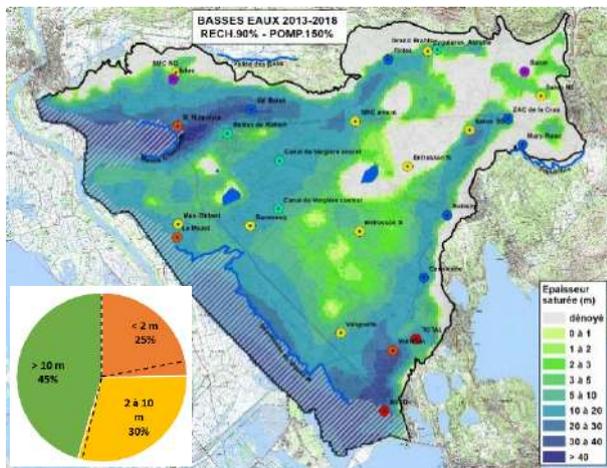
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

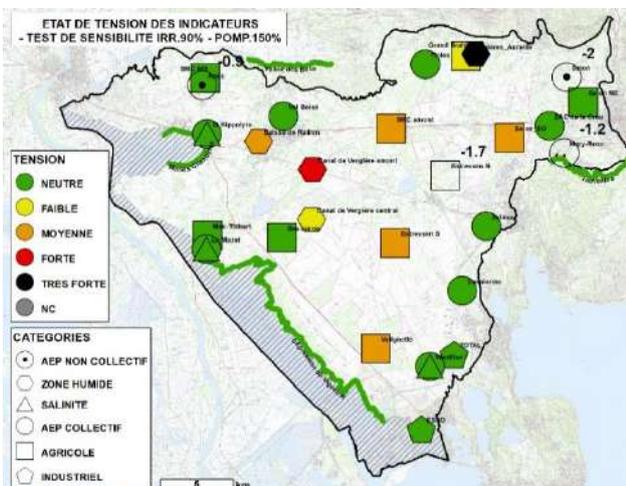


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence

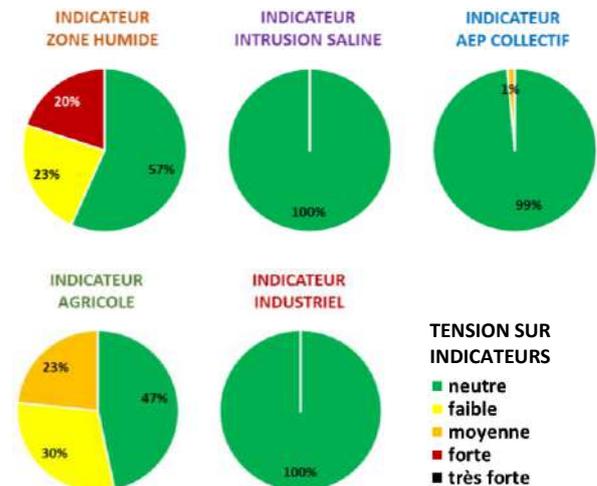


Epaisseur de zone saturée dans les cailloutis

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

## INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAIS CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRA																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

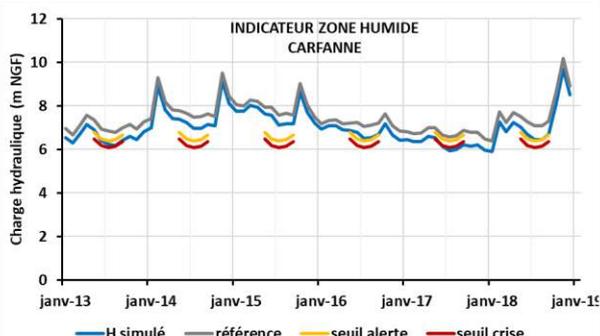
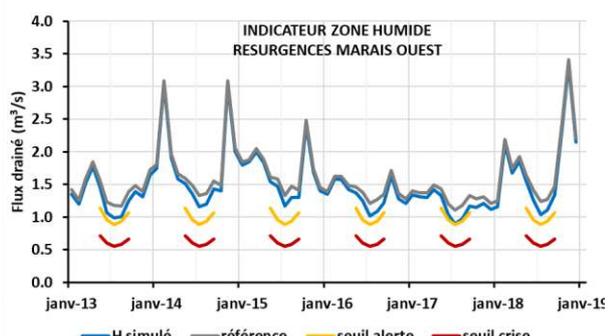
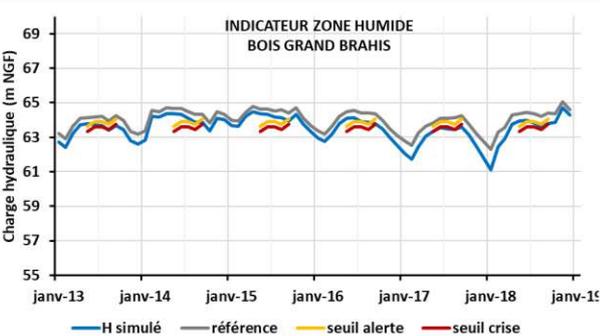
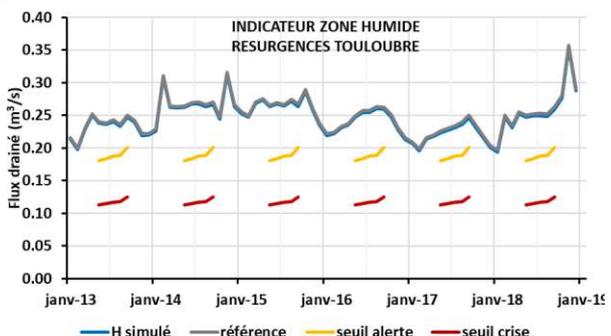
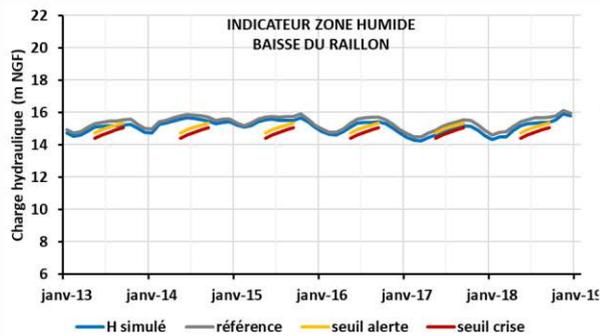
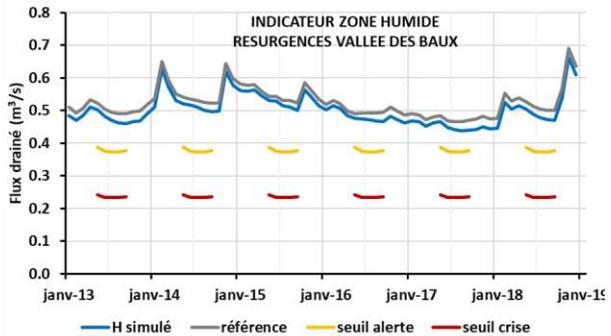
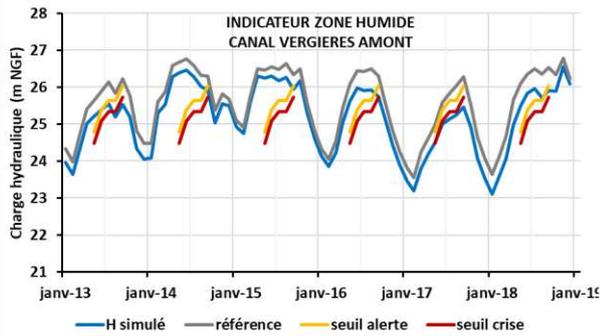
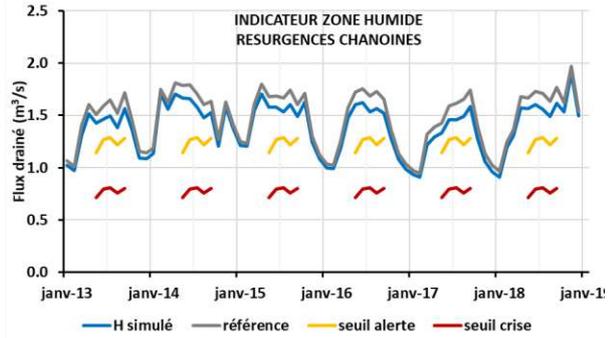
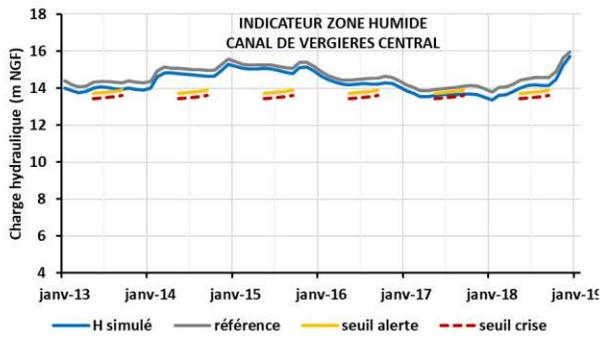
INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

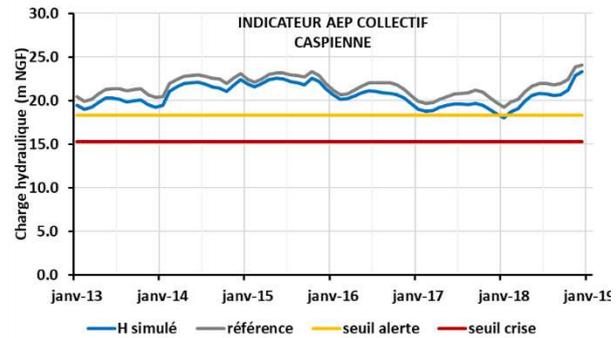
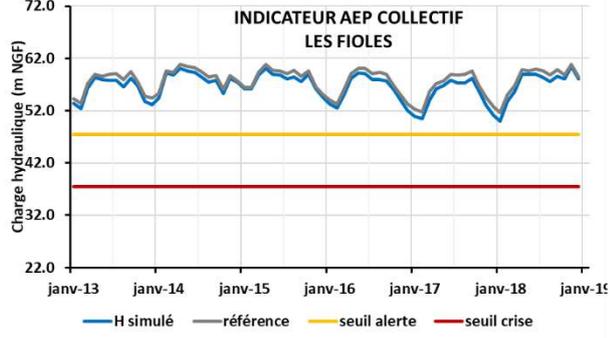
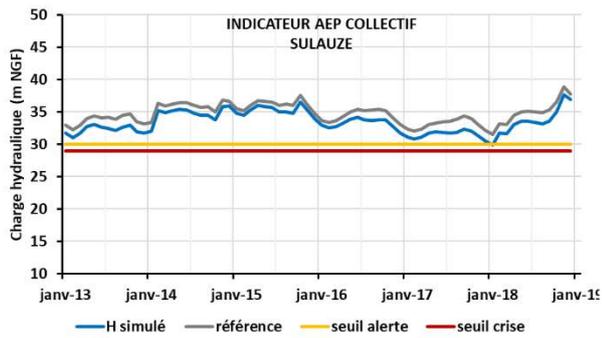
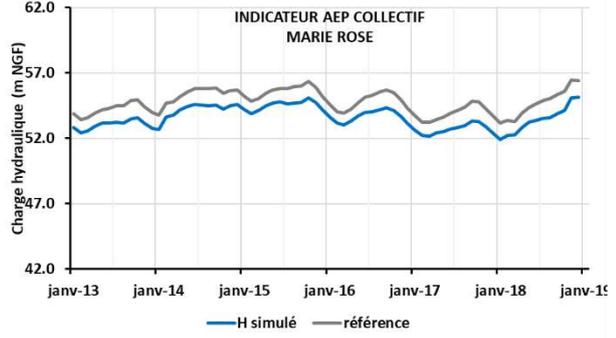
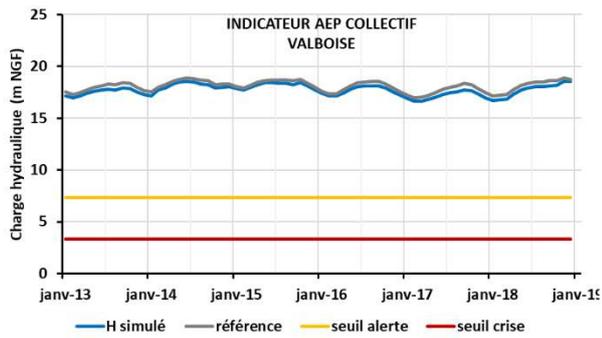
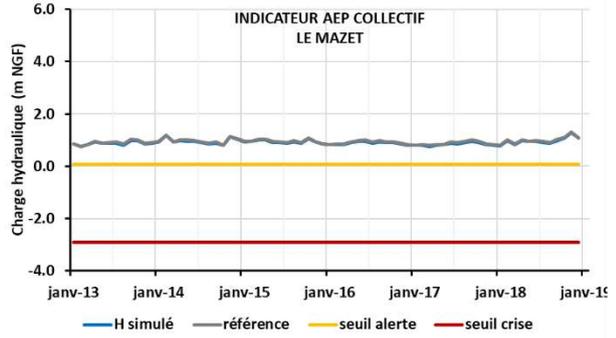
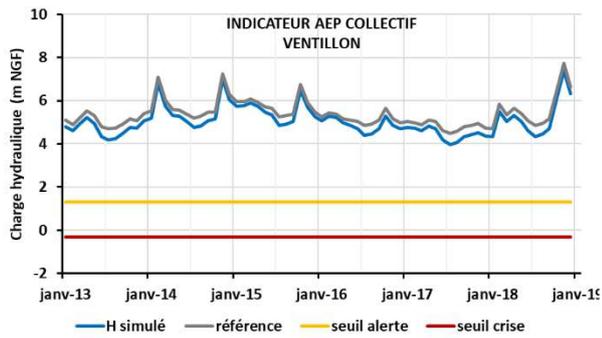
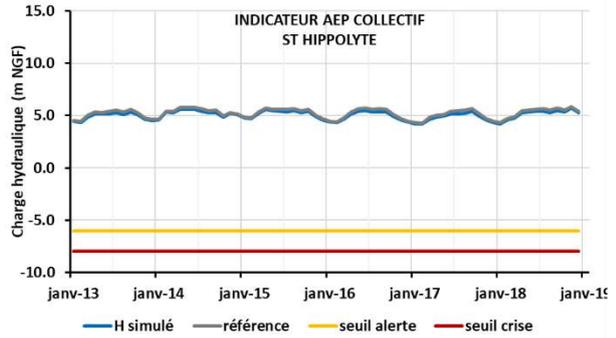
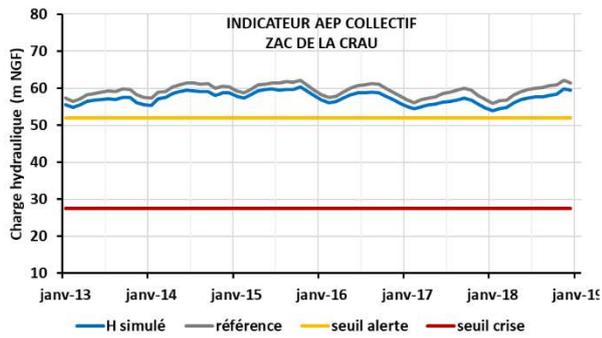
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUEST																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

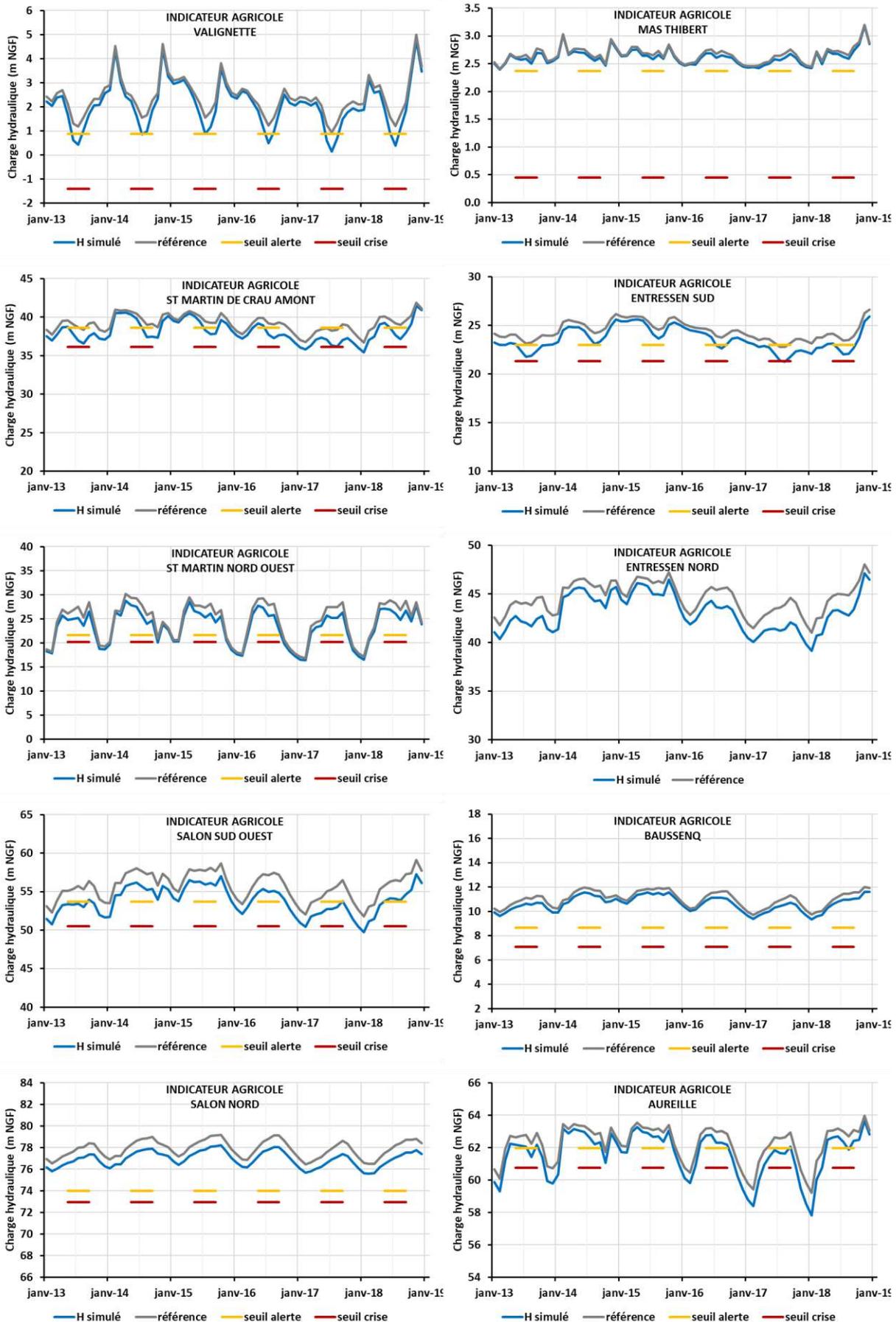
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



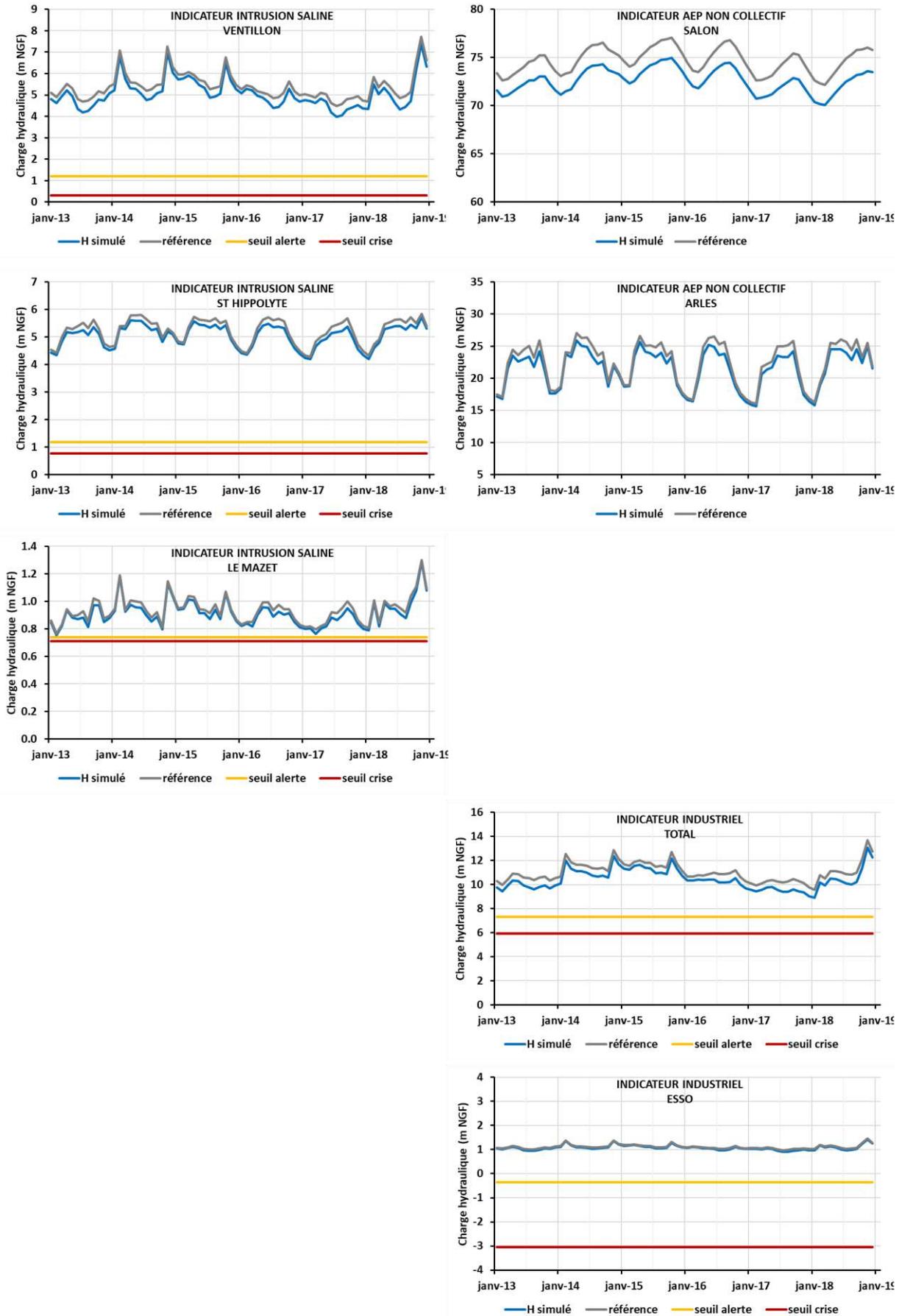
**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF**



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



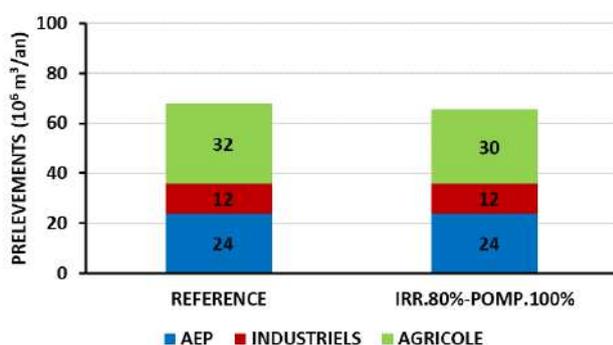
## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 80% - POMPAGE 100%

### DONNEES D'ENTREE

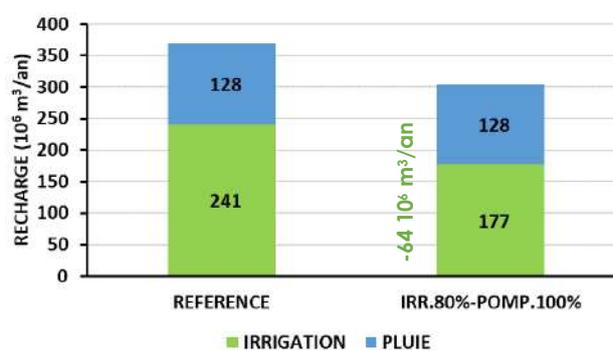
#### SYNTHESE

Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	<b>Dotation pour l'irrigation -20%</b>
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements prairies -20%</b>
Condition de référence	Etat de référence (test IRR.100% - POMP.100%)

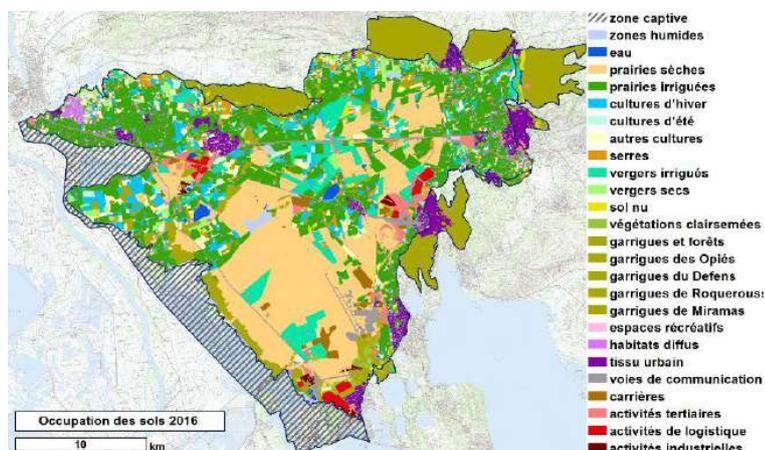
#### PRELEVEMENTS 2013-2018



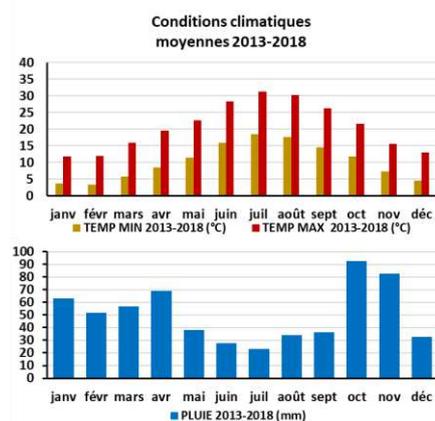
#### RECHARGE 2013-2018



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES

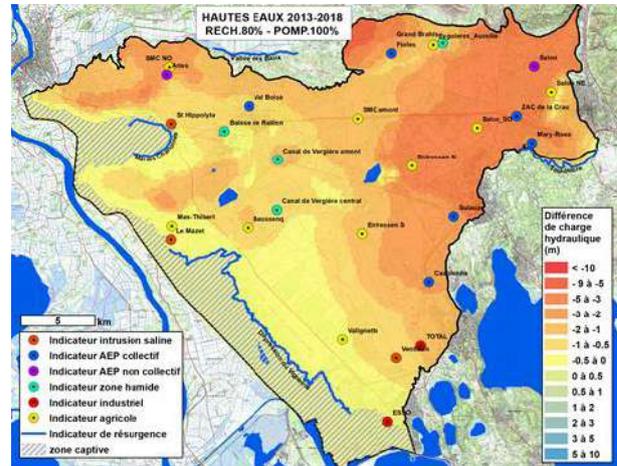
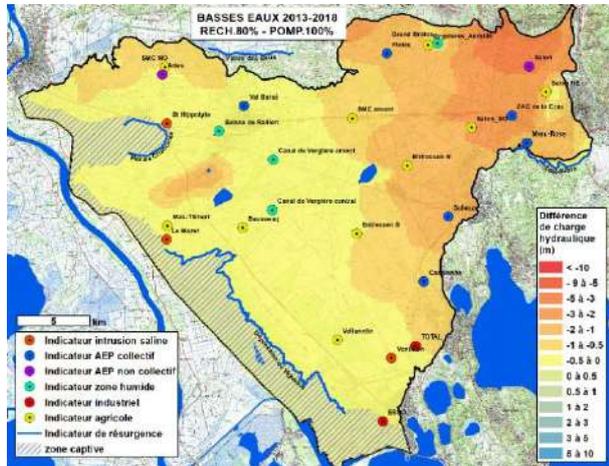


#### COMMENTAIRES

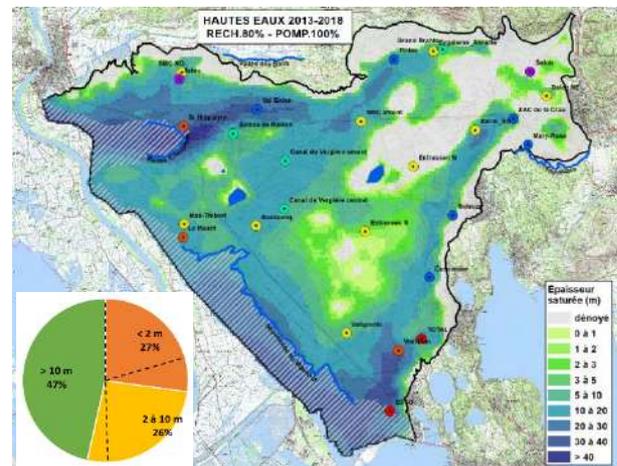
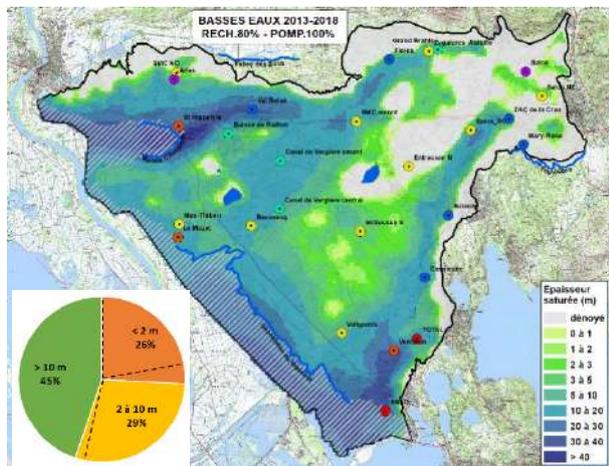
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

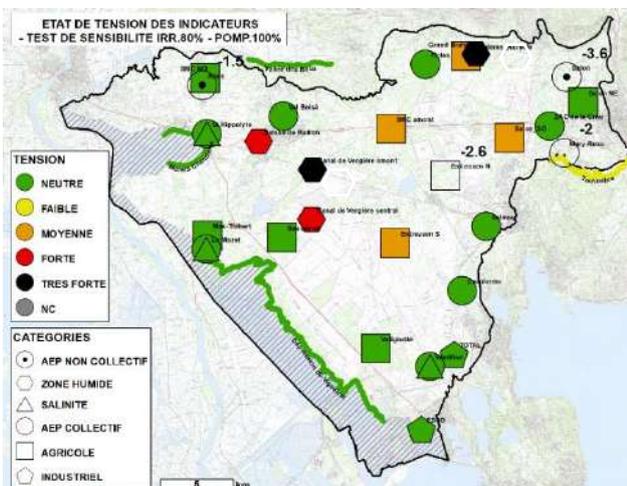


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (IRR.100%-POMP100%)

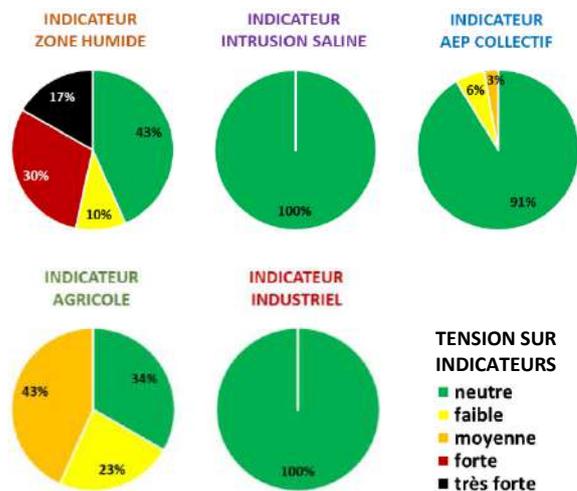


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateurs

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BAISSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAIS CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRA																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

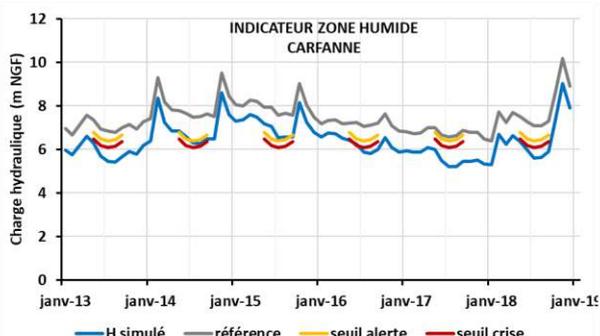
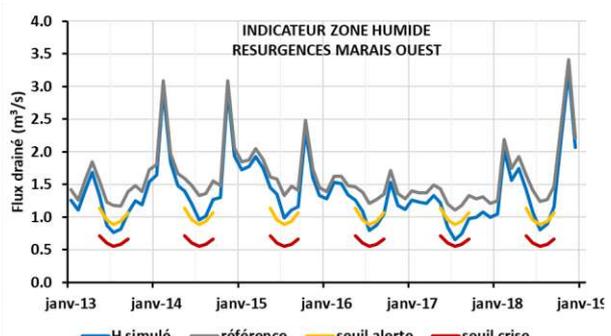
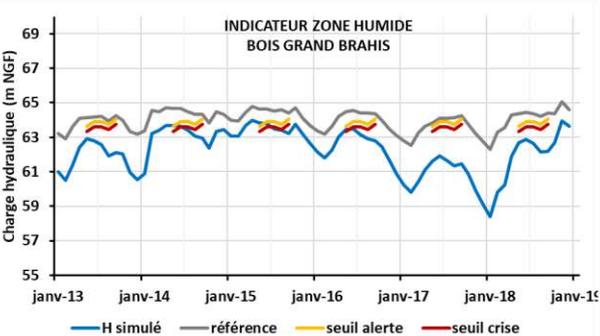
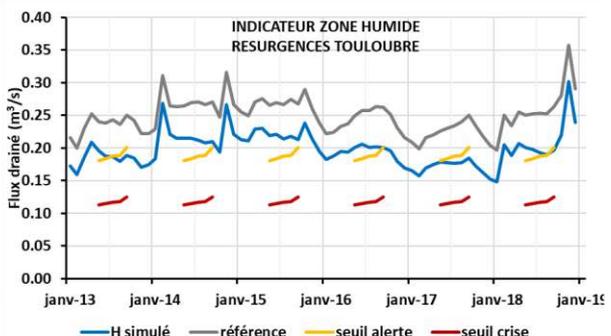
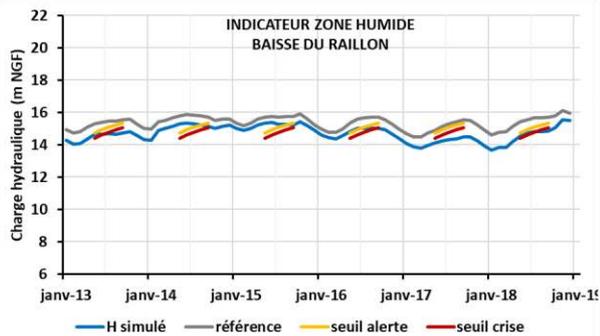
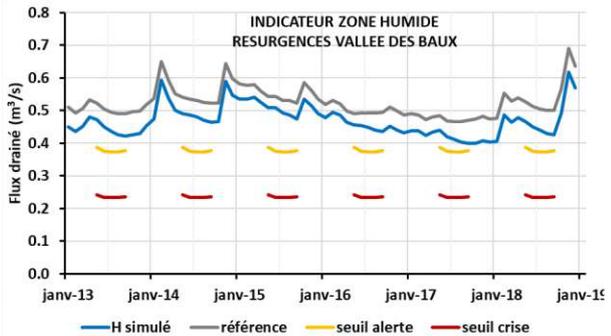
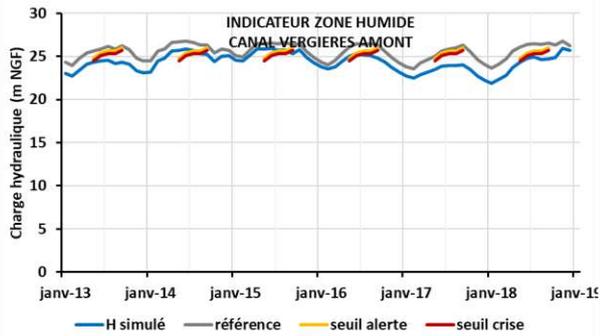
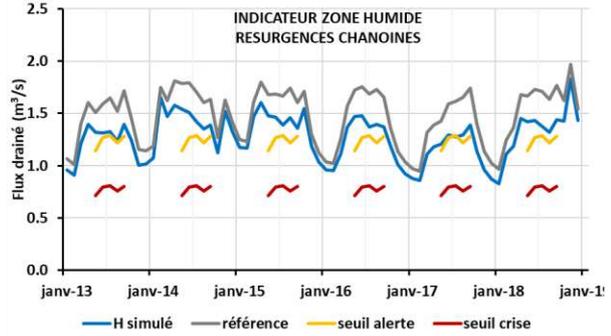
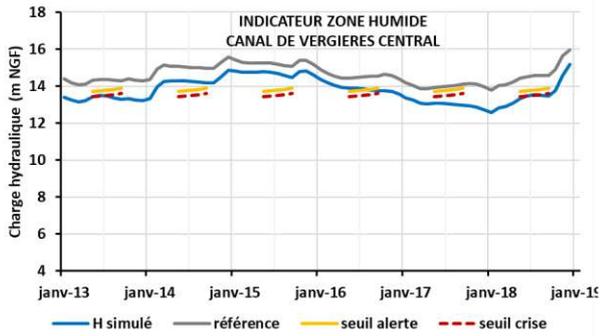
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

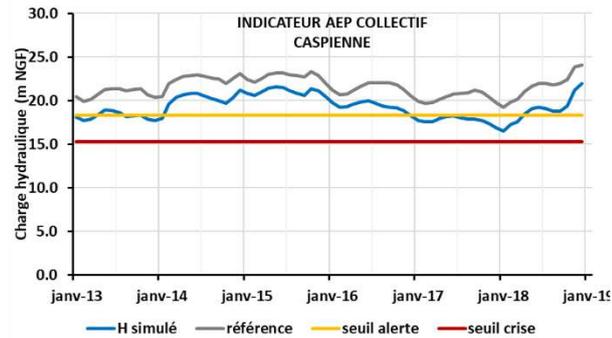
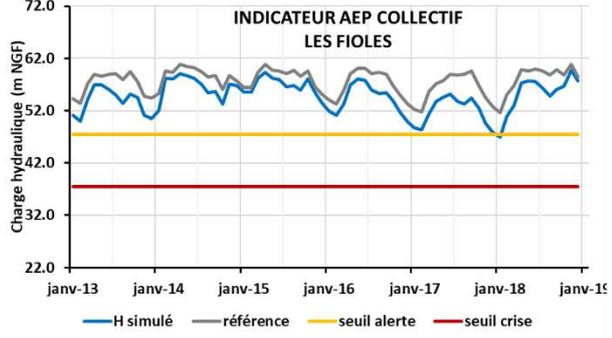
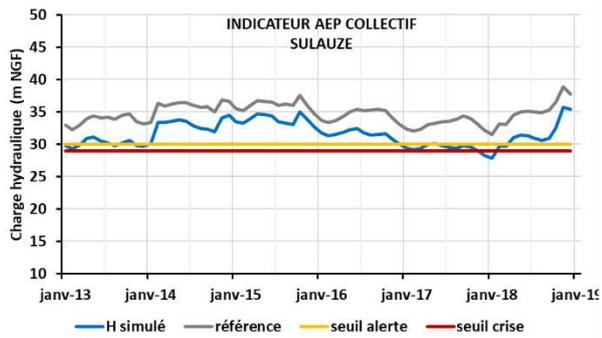
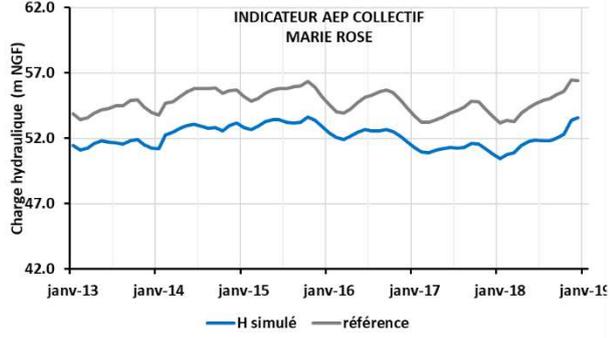
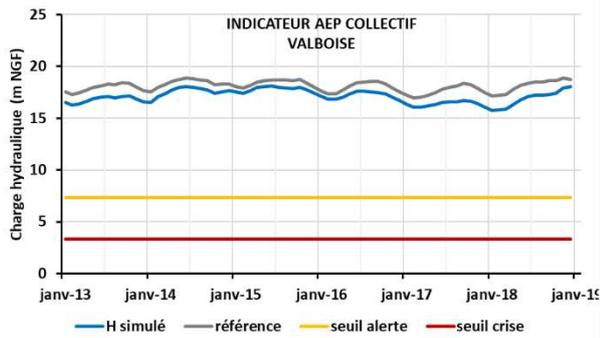
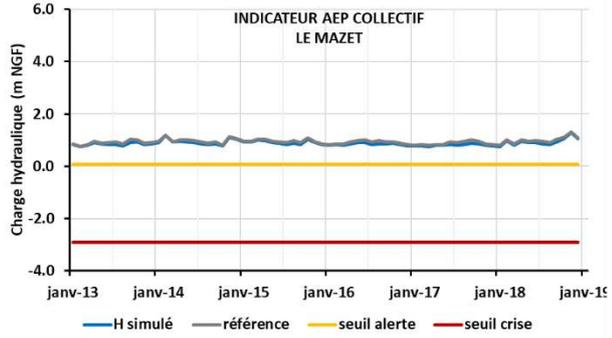
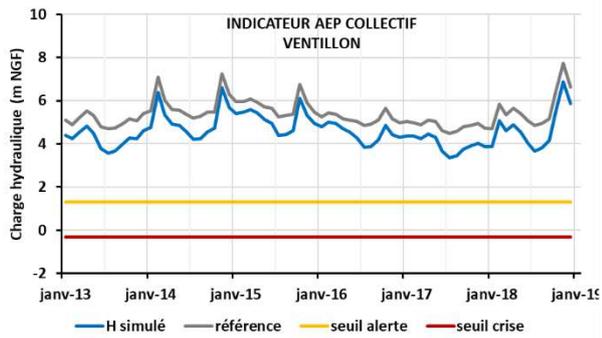
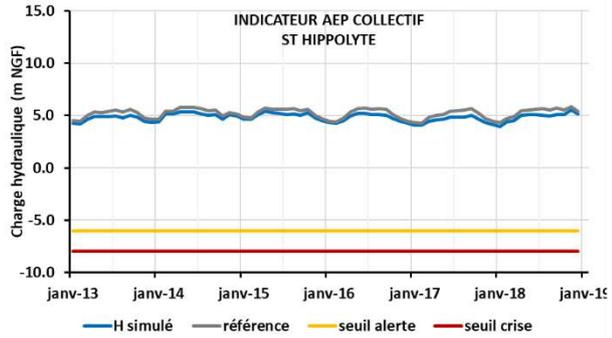
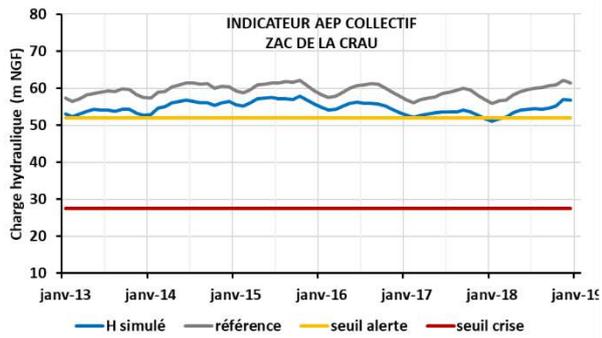
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUEST																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

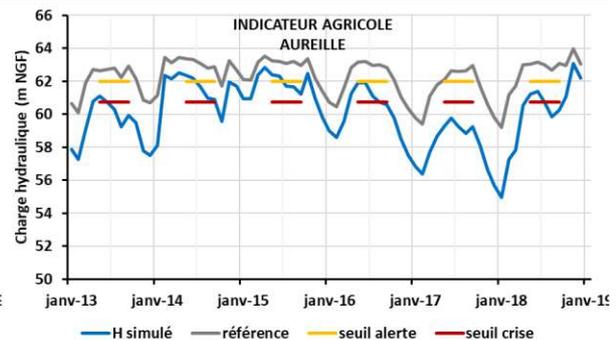
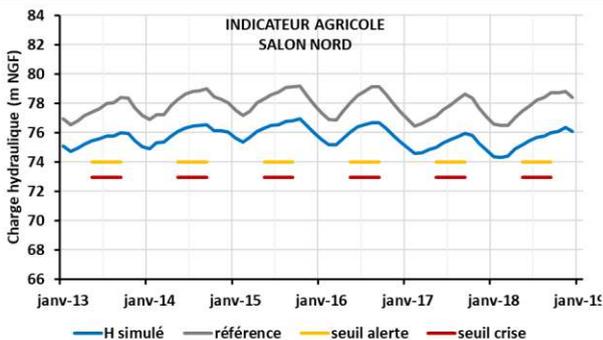
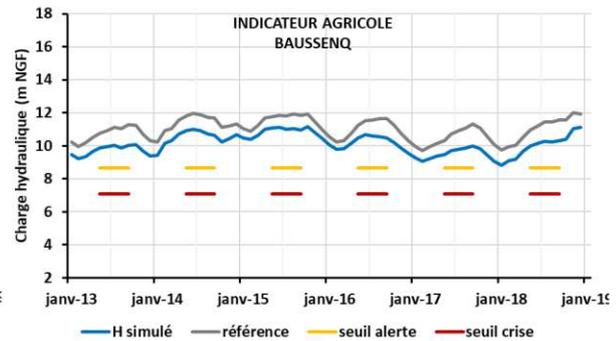
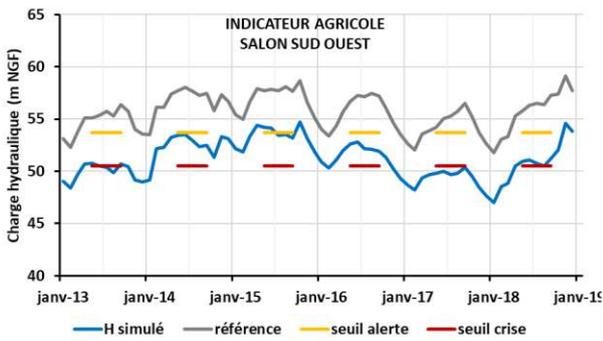
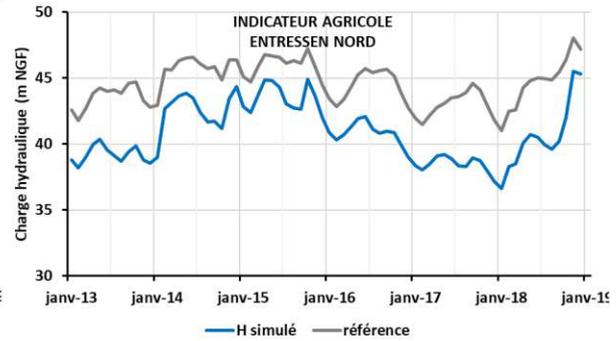
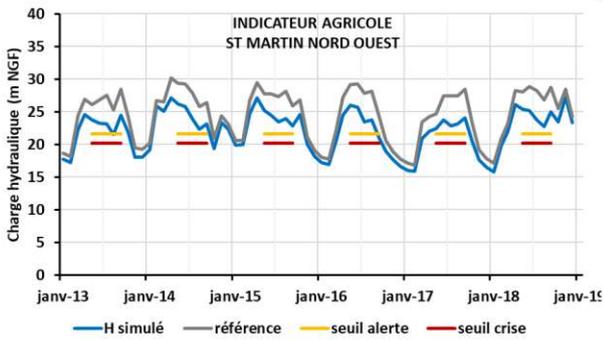
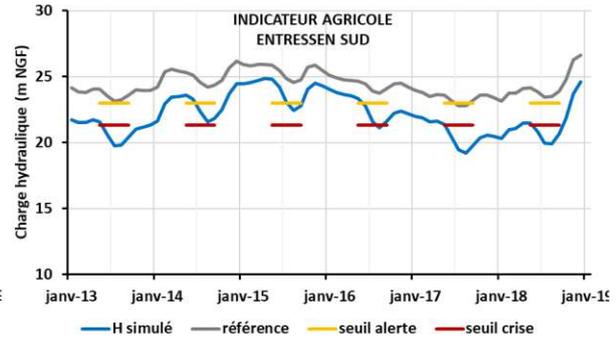
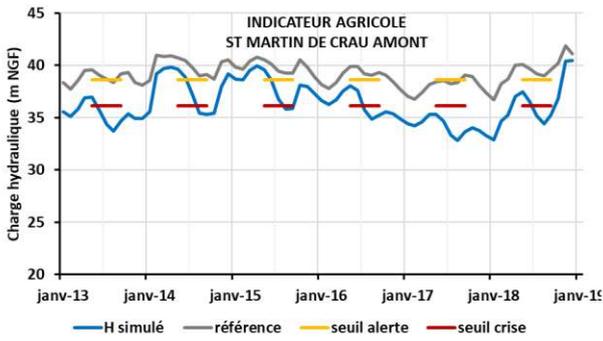
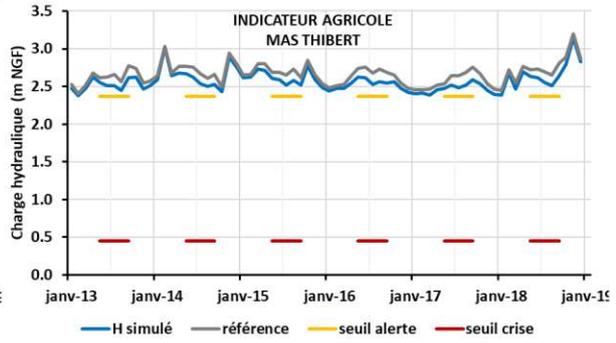
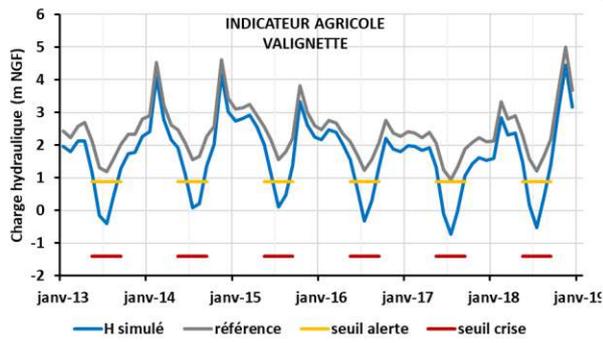
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



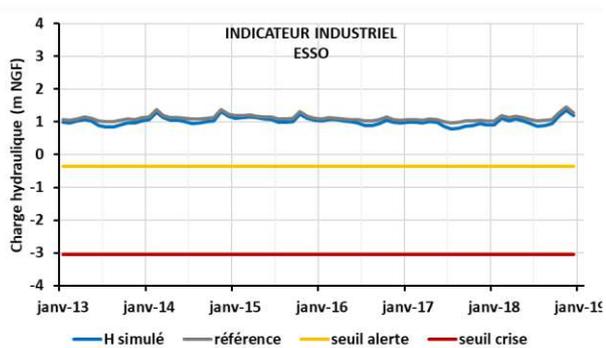
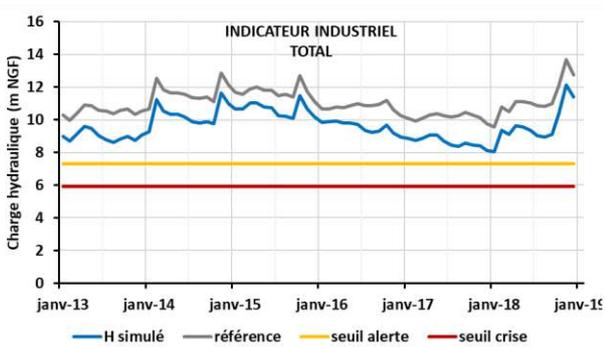
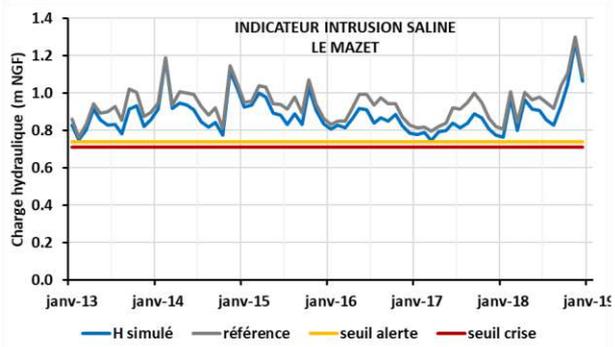
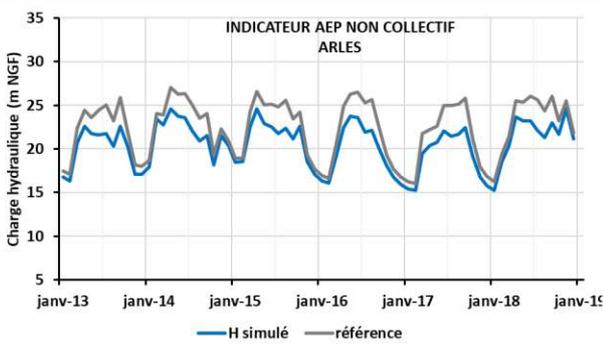
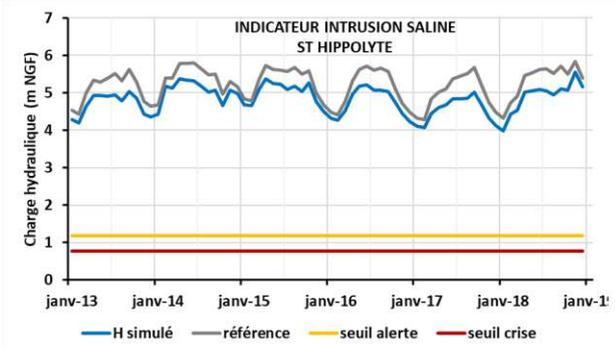
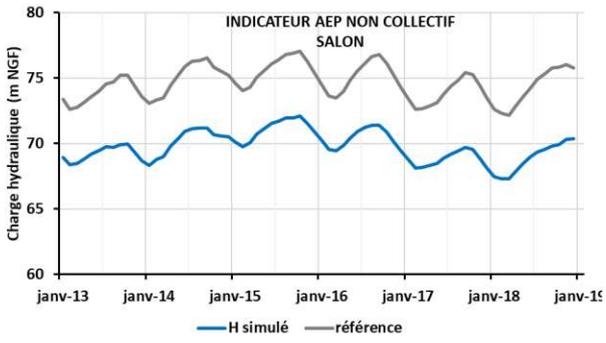
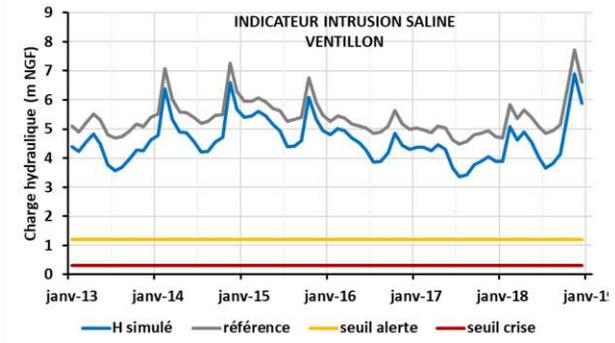
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**



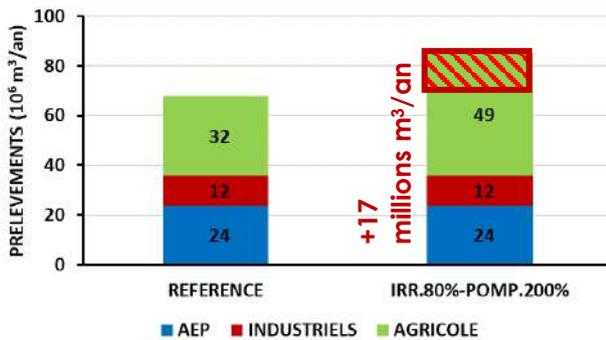
## TEST DE SENSIBILITE IRRIGATION 80% – POMPAGE 200%

### DONNEES D'ENTREE

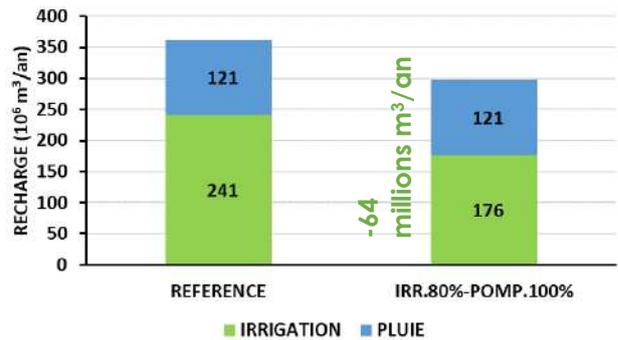
#### SYNTHESE

Climat	Observation 2013 – 2018
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	<b>Dotation pour l'irrigation -20%</b>
Condition de prélèvements	<b>Prélèvements agricoles hors prairies + 100%, prairies -20%</b>
Condition de référence	Etat de référence (test IRR.100% - POMP.100%)

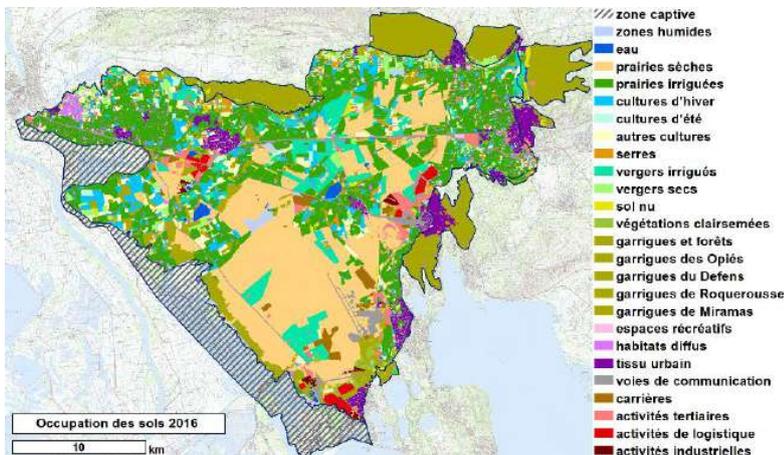
#### PRELEVEMENTS



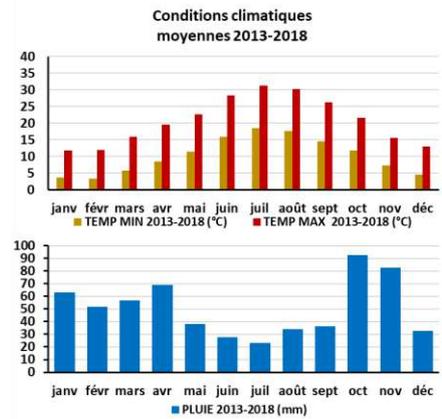
#### DOTATIONS EN EAU



#### OCCUPATION DES SOLS



#### CONDITIONS CLIMATIQUES

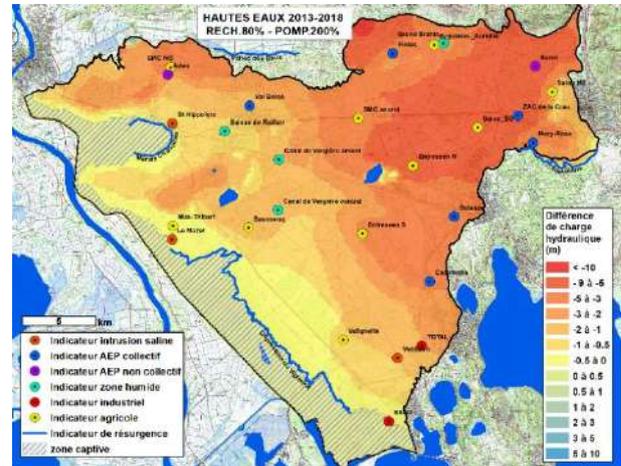
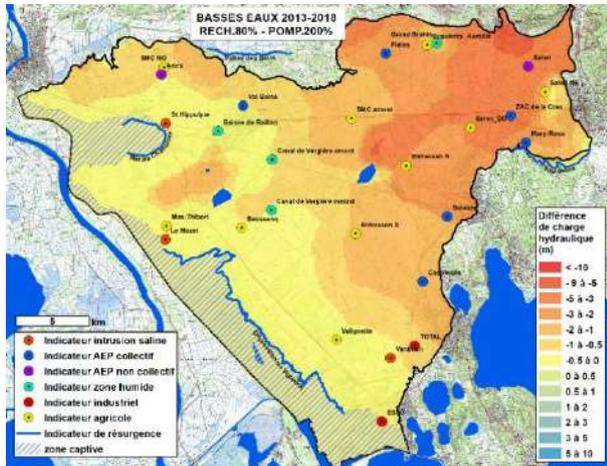


#### COMMENTAIRES

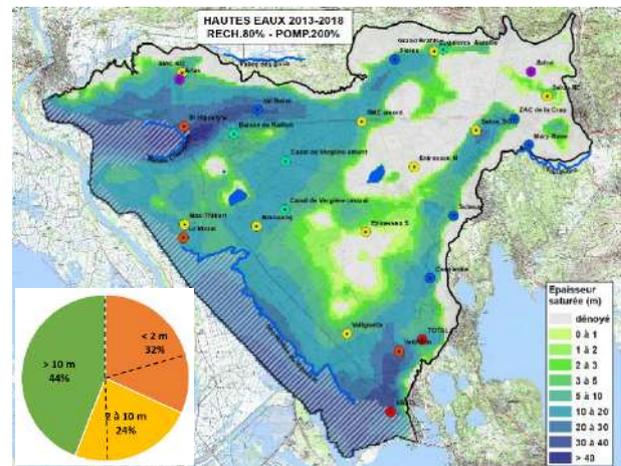
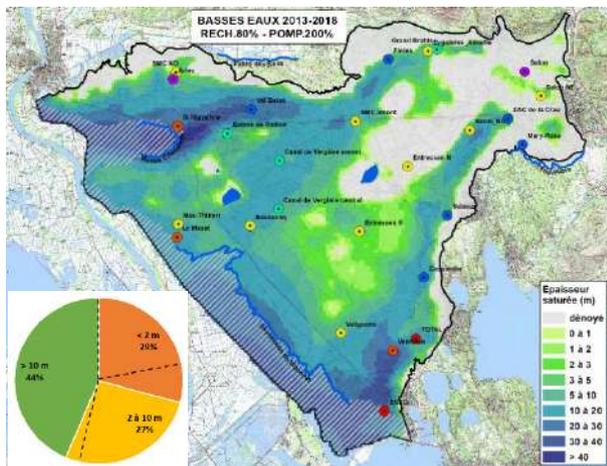
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2015

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

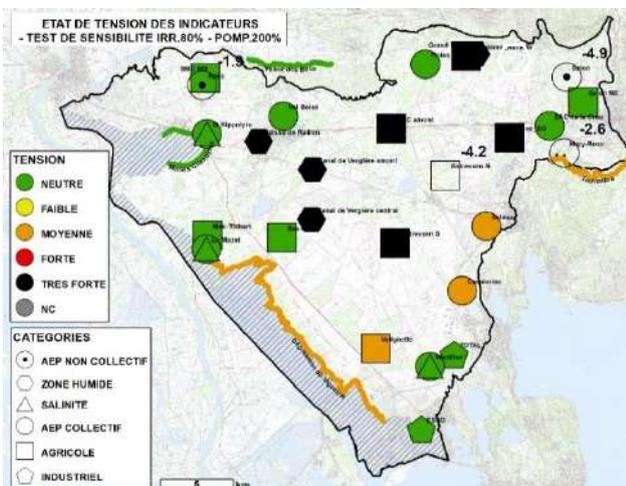


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (IRR.100%-POMP100%)

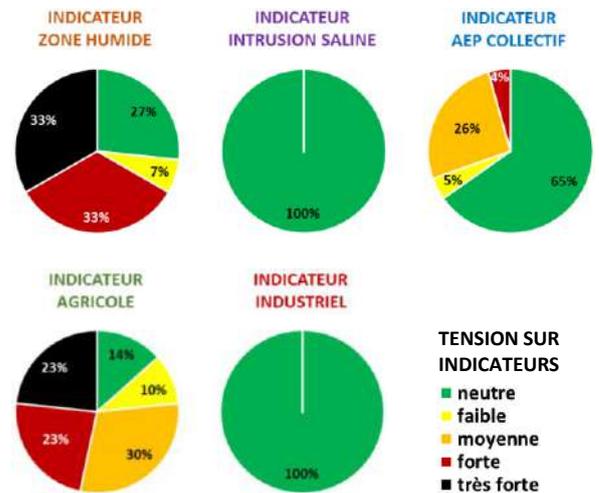


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VERGIERE CENTRAL																											
VERGIERE AMONT																											
BAISSE DU RAILLON																											
GRD BRAHIS																											
MARAIS CHANOINES																											
VALLE DES BAUX																											
TOULOUBRE																											
DEPRESSION VIGUEIRA																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

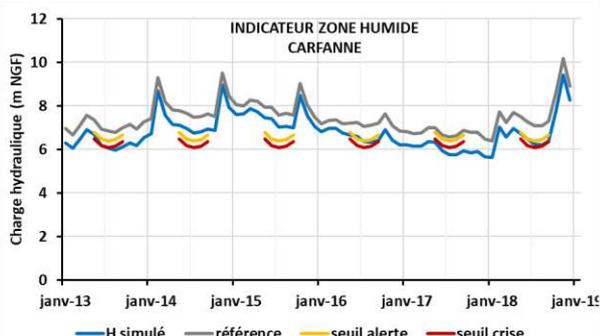
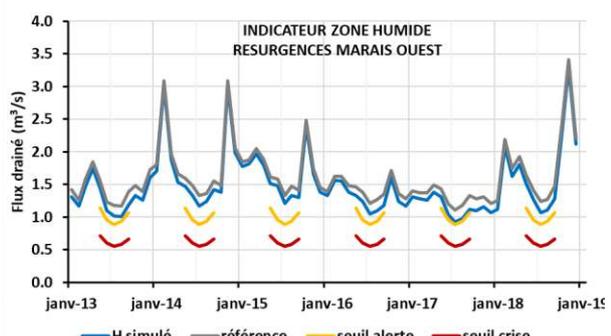
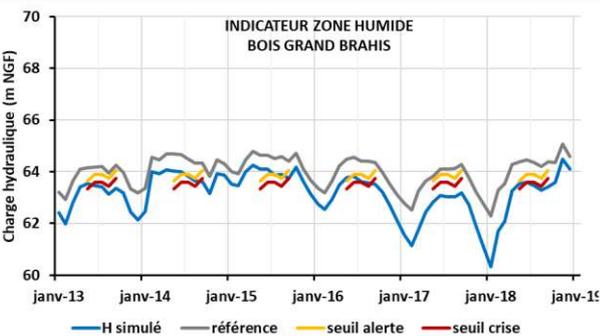
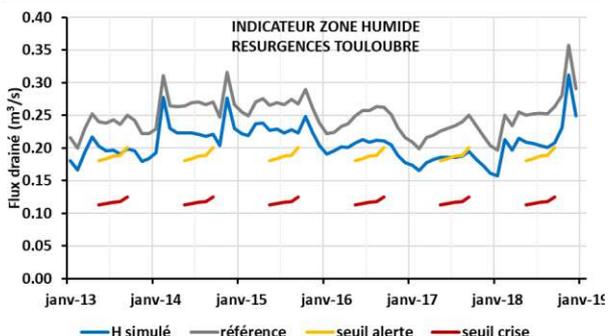
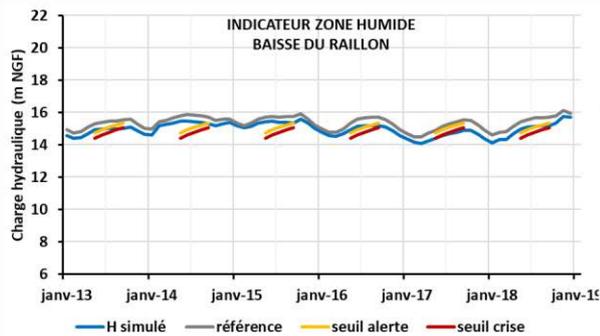
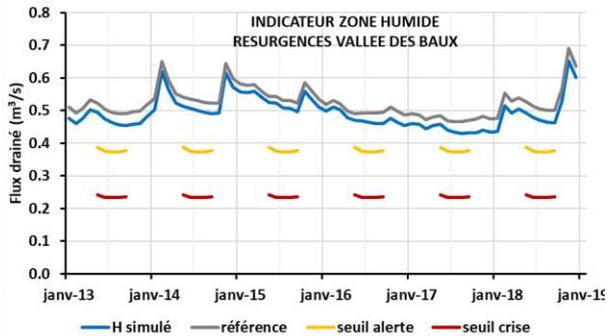
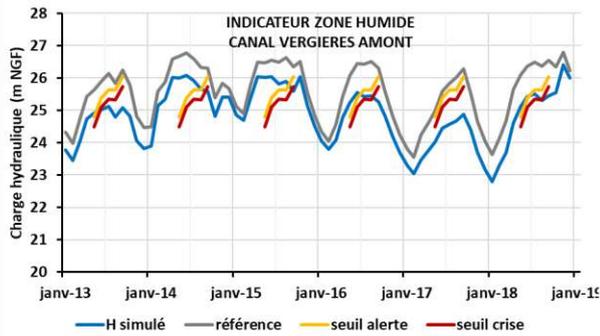
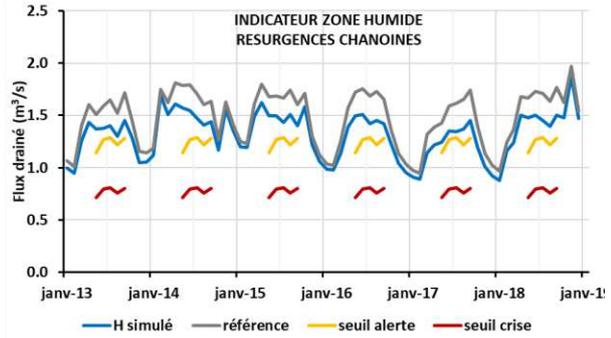
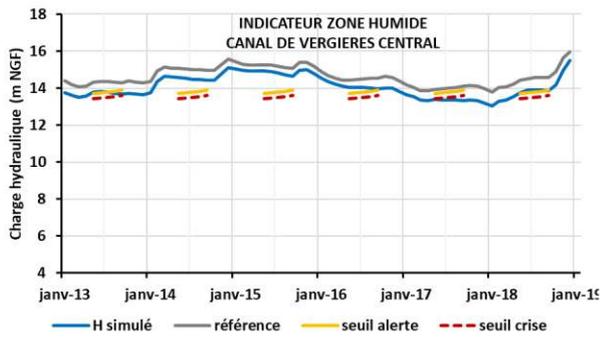
INDICATEURS SALINITE																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VENTILLON																											
ST HIPPOLYTE																											
LE MAZET																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
ZAC DE LA CRAU																											
VENTILLON																											
VALBOISE																											
SULAUZE																											
ST HIPPOLYTE																											
LE MAZET																											
LES FIOLES																											
CASPIENNE																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

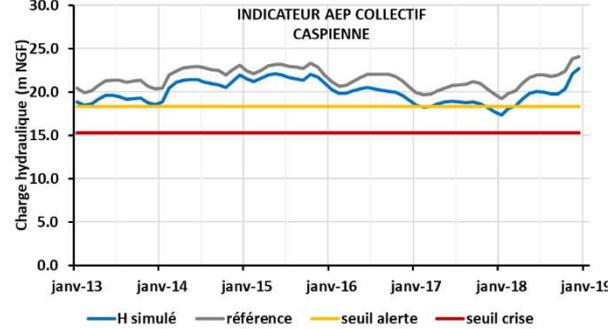
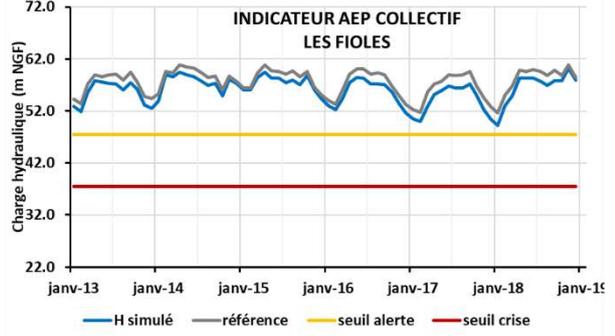
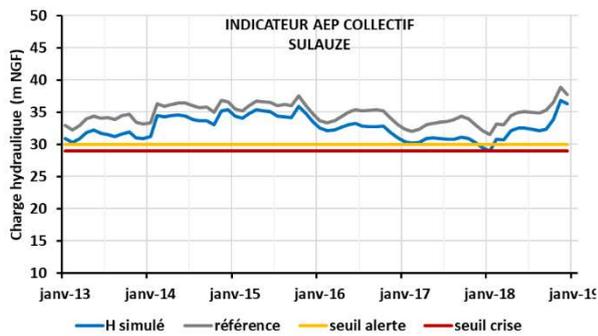
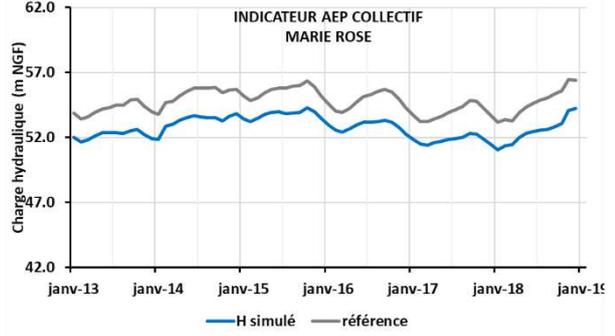
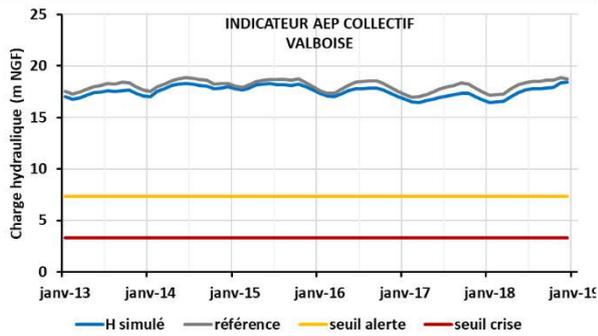
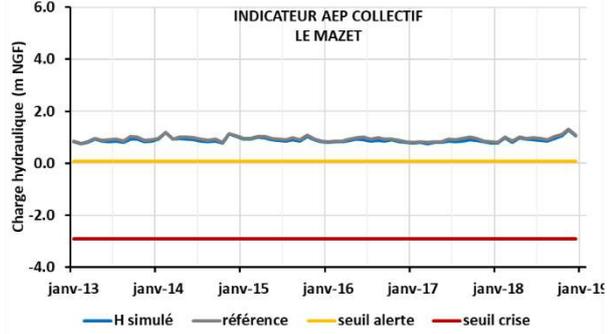
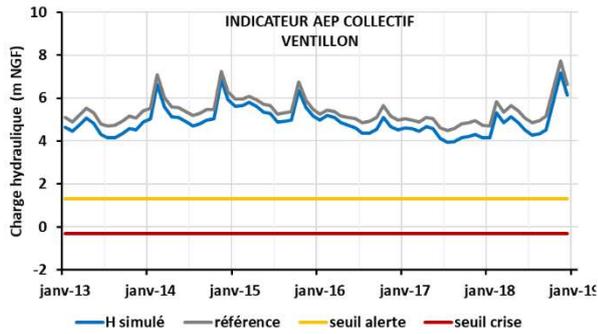
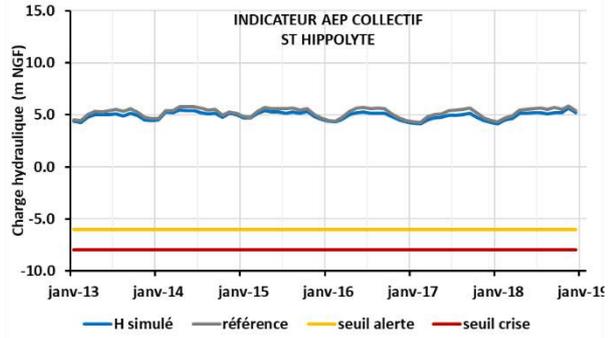
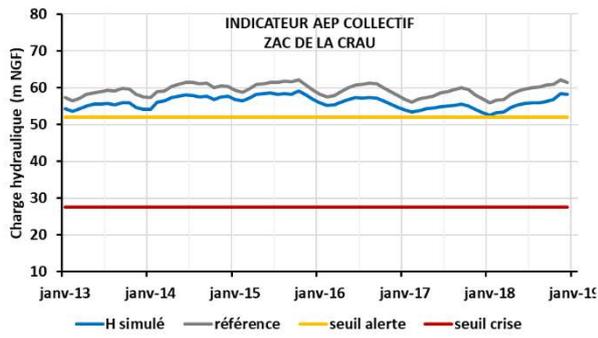
INDICATEURS AGRICOLES																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VALIGNETTE																											
ST MARTIN AMONT																											
ST MARTIN NORD-OUEST																											
SALON SUD-OUEST																											
SALON NORD-EST																											
MAS-THIBERT																											
ENTRESSEN-SUD																											
BAUSSENQ																											
AUREILLE																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
TOTAL																											
ESSO																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

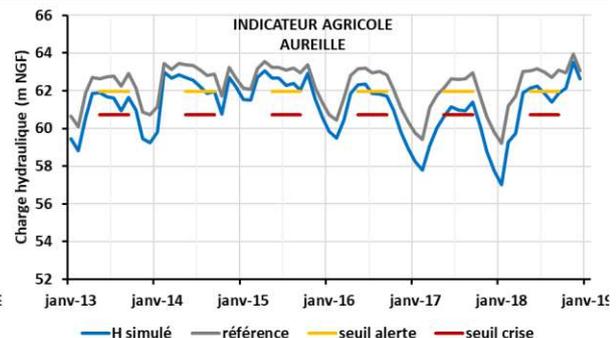
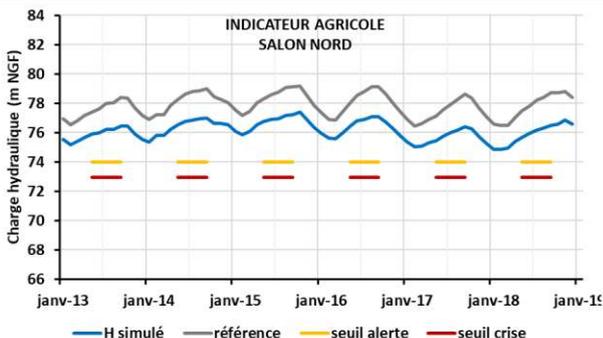
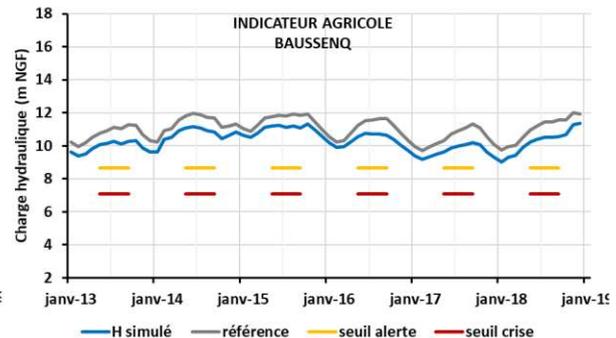
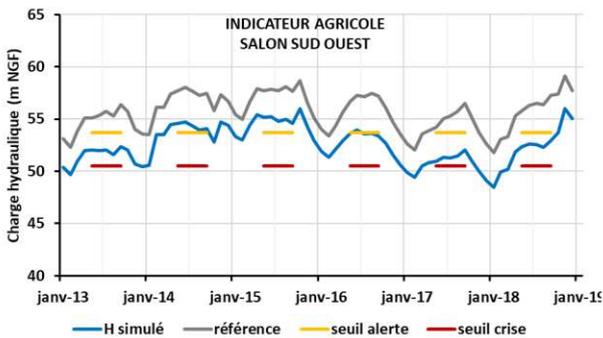
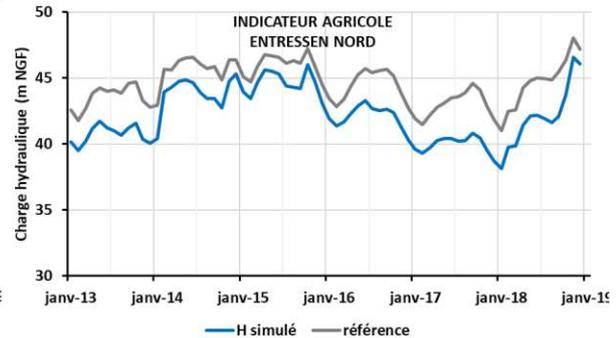
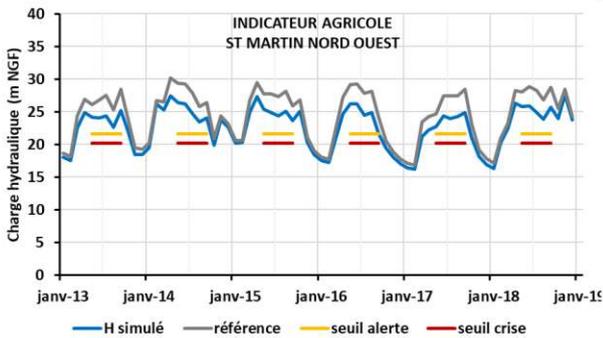
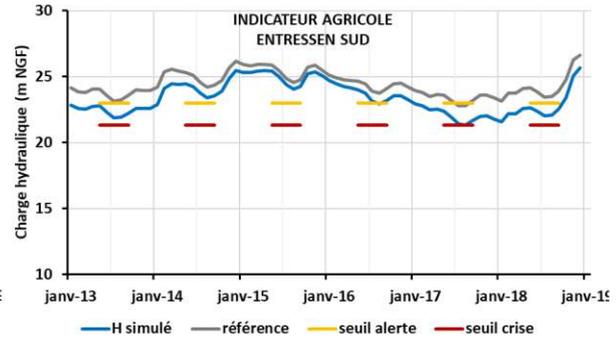
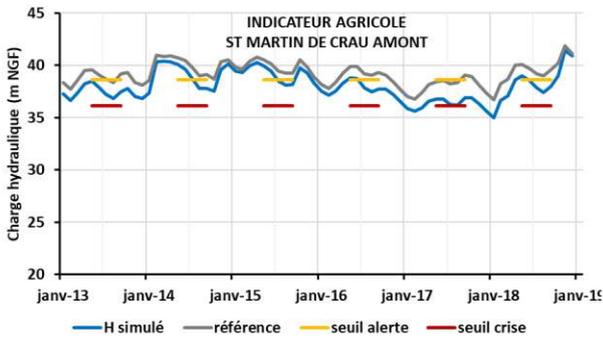
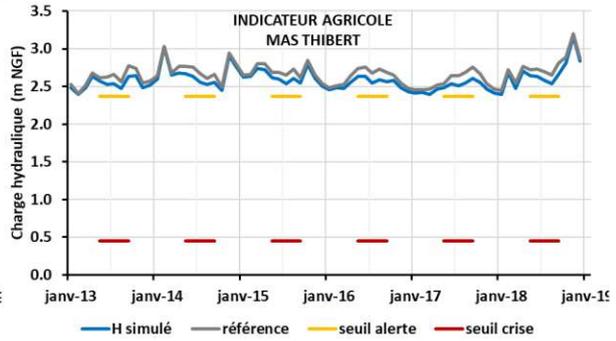
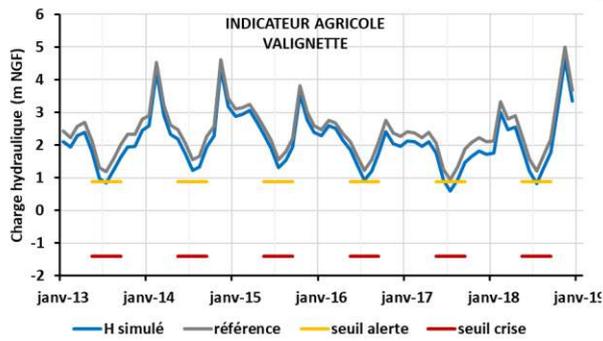
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



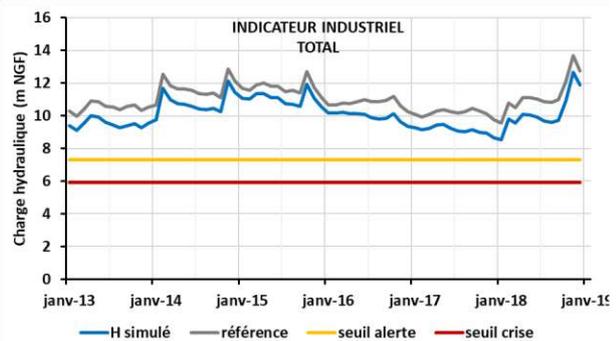
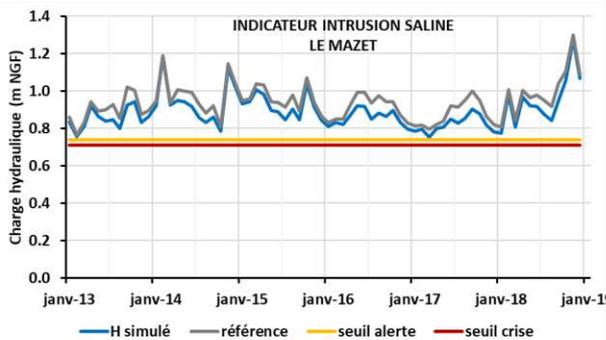
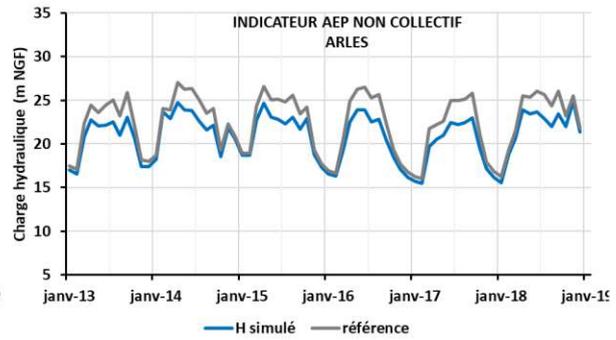
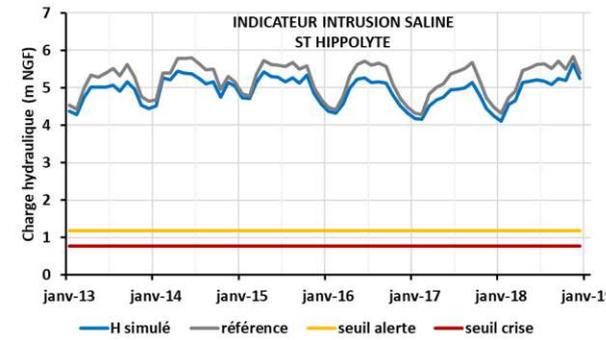
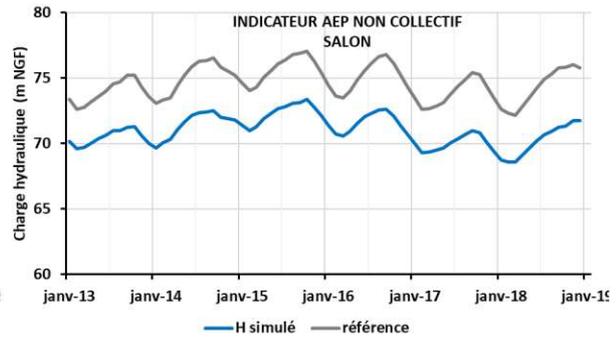
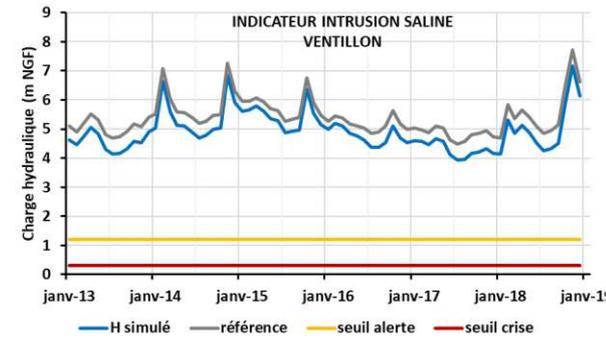
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



**10 ANNEXE 9 - RESTITUTION DE LA CONCERTATION SUR LES SCENARIOS DE GESTION FUTURE DE LA RESSOURCE EN EAU “DEMAIN... QUELLES EVOLUTIONS ET QUELS USAGES DE LA NAPPE DE LA CRAU ?” – DECEMBRE 2018**

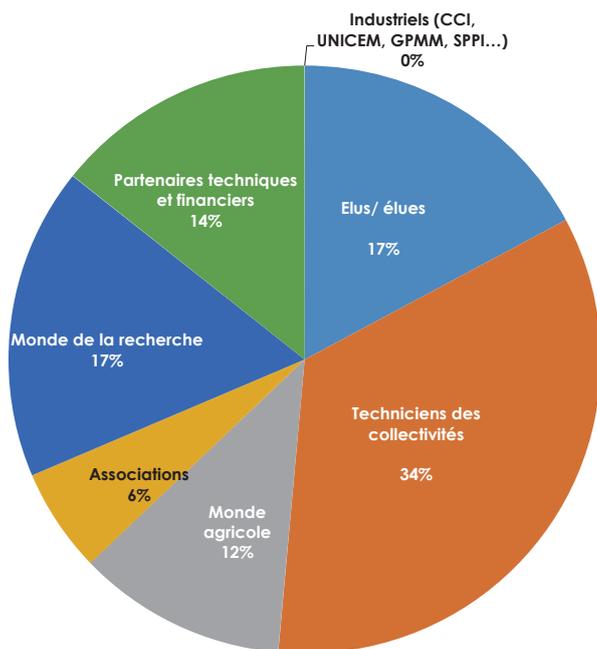


# Restitution de la concertation sur les scénarios de gestion future de la ressource en eau sur la Crau

*“Demain... Quelles évolutions et quels usages de la nappe de la Crau ?”*



# Les participants de la concertation



**35 participants sur 65 invitées**  
soit taux de participation de **54%**



## ÉLU(e)S

- **BUTI Géraldine**, adjointe au Maire de Miramas, déléguée à l'environnement et l'agriculture
- **DERVIEUX Alain**, élu d'Arles, délégué au SYMCRAU
- **BARTOLI Gérard**, adjoint à l'environnement et au développement durable de Grans, délégué au SYMCRAU
- **HENRY Mireille**, adjointe à l'environnement et développement durable de Saint-Martin-de-Crau, déléguée au SYMCRAU
- **HIGLI Daniel**, élu de Miramas, délégué au SYMCRAU
- **TRAMONTIN Céline**, élue à Istres (Entressen), Présidente du SYMCRAU

## Techniciens des collectivités

- **ARANDA Stéphane**, directeur opération - EPAD Ouest Provence
- **BELLONI Monique**, service eau et assainissement Métropole AMP - Territoire du Pays salonnais
- **CASALS Cyrille**, Directeur Environnement Ville durable - Miramas
- **DHENAIN Sandrine**, animatrice du SAGE Durance SMAVD
- **DUMOULIN Pascal**, chargé d'étude SMAVD
- **OULES Emeline**, chargée de mission zones humides au CEN PACA
- **PUECH Magali**, chargée de mission eau - Parc naturel régional des Alpilles
- **ROS Yvan**, chargé d'étude planification urbaine - Métropole AMP
- **RIPERT Vincent**, Service assainissement Métropole AMP - Territoire Istres -Ouest Provence
- **PIRASTRU Jean Michel**, chargé de mission - PNR des Alpilles
- **THIBAUT-DI BENEDETTO Charlotte**, Service Espaces naturels de Port Saint Louis du Rhône
- **VIGUIER Chrystèle**, Direction de l'aménagement - CT Istres - Métropole AMP

## Monde agricole

- **BONFILLON Antoine**, ASA du Congrès des Alpines
- **LEBEAU Julie**, chargée de mission FDSH 13 (Fédération Départementale des Structures hydrauliques)
- **MOREL Lauriane**, Chambre d'agriculture 13 - conseillère gestion de l'eau OUGC
- **TRONC Didier**, directeur du Comité du Foin de Crau

## Associations

- **BENEDETTO René**, Association l'étang nouveau
- **MASSEZ Grégoire**, Amis des marais du Vigueirat

## Monde de la recherche

- **BOURRIÉ Guilhem**, INRA, Membre de l'Académie de l'Agriculture de France
- **BELAUD Gilles**, UMR G-eau Mtp SUP-AGRO/IRSTEA
- **CHARRON François**, Montpellier SupAgro - domaine du Merle
- **MONTGINOUL Marielle**, UMR G-eau Mtp SUP-AGRO/IRSTEA
- **SABATIER Rodolphe**, chercheur INRA
- **TROLARD Fabienne**, directrice de recherche INRA

## Partenaires techniques et financiers

- **AURAY Émilie**, chargée de mission Région Sud
- **EIFFES Jean-Michel**, Agence de l'Eau
- **ESPINASSE Michel**, DREAL PACA
- **HORS Jérôme**, DRAAF PACA - secrétariat CED
- **SERVEAU Yann**, DDTM 13

## Animateurs

- **ALCAZAR Charlotte**, Directrice du SYMCRAU
- **BAILLIEUX Antoine**, Hydrogéologue au SYMCRAU
- **FENART Pascal**, Hydrogéologue - HYDROFIS
- **VINDRY Rachel**, sociologue - Autrement Dit



# Objectifs et méthode de cette concertation

Le SYMCRAU a choisi d'organiser une journée de concertation avec les acteurs locaux pour **co-construire des scénarios de gestion future de la ressource en eau sur la Crau, à l'horizon 2050 en lien avec la ressource Durance**. L'objectif est d'anticiper les tensions hydriques et d'éclairer les choix futurs dans la politique de l'eau, en visant à **satisfaire les usages socio-économiques et les services de la nappe**.

Cette concertation s'inscrit dans le cadre de l'étude **SINERGI** conduite par le SYMCRAU pour **quantifier la sensibilité de la ressource en eau souterraine aux conditions de recharge et de prélèvements dans la nappe**. Cette étude s'appuie sur un modèle numérique de la nappe (MHYCRAU), en cours de réalisation pour tester différents scénarios (climat, agricul-

**Le fruit de cette concertation permettra d'enrichir le travail prospectif engagé par le SYMCRAU sur l'avenir de la ressource en eau.**

**Cette concertation ne vise pas à choisir une stratégie territoriale pour l'avenir mais à tester le champ des possibles avec le modèle numérique de la nappe, afin d'en étudier les différentes conséquences pour le cadre de vie socio-économique et environnemental du territoire.**

**Cette concertation fournira une aide à la décision précieuse sur la politique de l'eau à conduire sur la Crau en articulation avec les territoires voisins de l'axe durancien.**

## Construction des scénarios sur la ressource en eau en Crau à l'horizon 2050, en tenant compte de 4 variables

Les participants ont été invités à travailler en ateliers pour exprimer leur vision de l'avenir de la ressource en eau sur ces 4 variables afin de dégager différents scénarios prospectifs (matinée). La concertation de l'après-midi a été consacrée à étudier les conséquences socio-économiques et environnementales de chaque scénario ressorti de la concertation du matin. Ce document restitue les deux temps de cette concertation.



# Chapitre 1

 Les **contributions des acteurs locaux**  
pour bâtir les scénarios

# Projections des participants sur le **climat** à l'horizon 2050

## 👉 Constat d'une évolution du climat qui se ressent déjà.

La concertation met en évidence un consensus sur le dérèglement climatique considéré comme acquis, indéniable, que l'on voit déjà ("On a remarqué une diminution significative et préoccupante de la ressource en eau sur le territoire") et qui nécessite de s'adapter sur certains secteurs, en recherchant par exemple des ressources de substitution pour l'AEP.

## 👉 Le changement climatique ne date pas d'aujourd'hui....

Certains participants fournissent à ce titre des données chiffrées en indiquant par exemple qu'entre 1976 et 2010, une hausse de +2.5° des températures a été enregistrée sur Saint-Martin-de-Crau. Cette augmentation des températures dans les 20 dernières années sans hausse de la pluviométrie serait d'ailleurs accréditée par une thèse sur les chroniques du foin de Crau. Depuis 1960, la température a augmenté de +1,9°.

## ... mais les tensions et situations de crises sont plus fortes depuis 1990.

Les acteurs soulignent l'absence de crise entre 1957 à 1989 alors que depuis 1990, le territoire a connu 3 crises hydriques jugées "graves".

## 👉 Une traduction concrète et visible du changement climatique.

Pour les acteurs, le changement climatique se traduit concrètement par une **modification des saisons** (jours chauds en hiver), par des **dérèglements/intensités des phénomènes** : **inondations** au printemps et automne, **canicules** en été et par une tendance à plus d'**évapotranspiration** des plantes, par une **augmentation de la variabilité inter-annuelle** (année pluvieuse / année sèche), par la **variabilité spatiale des orages**, par les **temps longs des sécheresses**, la **baisse de la fréquence des événements pluvieux efficaces** (30 mm/jour), la **baisse très importante du manteau neigeux** sur un an depuis plusieurs années et enfin par l'augmentation ou au contraire la raréfaction du **vent** qui peut avoir une influence sur les rendements agricoles mais non sur les besoins en eau.

## 👉 Un scénario climatique extrême est possible :

augmentation de la fréquence/récurrence des sécheresses et des inondations ("moussons"), amplitudes plus intenses, un climat qui ressemblerait à celui de l'Andalousie, des étiages plus sévères, plus longs et plus fréquents : prévision d'une canicule (comme celle de 2003) tous les 5 ans jusqu'en 2050 et d'une tous les 3 ans en 2050-2070, décalage

saisonnier avec des arrières saisons plus longues, pluies moins réparties sur l'année, possibilité de vagues de froid plus intenses, fonte plus importante de la neige.

Certains acteurs demandent de **tester dans SINERGI les hypothèses du GIEC<sup>1</sup>** : augmentation des températures, baisse de la pluviométrie avec des épisodes extrêmes, baisse de l'enneigement et augmentation du niveau de la mer.

## 👉 Urgence climatique.

Pour certains participants, il est urgent d'agir à travers une prise de conscience des pouvoirs publics (élus en interaction avec leurs administrés) et via des changements de pratiques. Certains estiment qu'on se dirige vers un scénario de rupture avec une augmentation de la température de +3.2° d'ici 2100 et un risque de non respect des engagements de la COP 21.

## 👉 Alarmisme climatique à pondérer :

Certains participants estiment cependant que cette vision catastrophique du climat doit être nuancée :

- les sociétés méditerranéennes ont la capacité de s'adapter à un climat qui a toujours été variable ;

<sup>1</sup>GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) : organisation qui a été mise en place en 1988, à la demande du G7 (groupe des 7 pays les plus riches : USA, Japon, Allemagne, France, Grande Bretagne, Canada, Italie). Le rôle du GIEC est "d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme".

- Incertitude des modèles à l'horizon 2050 ? Certains participants estiment qu'il est difficile de se projeter, quand les instances officielles elles-mêmes (Météo France par exemple) ne peuvent pas prévoir précisément les évolutions du climat sur une échelle de temps plus courte.

- Pondérer ce catastrophisme climatique en tenant compte des variations inter-annuelles : les bonnes années peuvent compenser les mauvaises.

- Les températures vont augmenter mais les précipitations seront réparties différemment sur les saisons (cf.

*Étude de la vulnérabilité du Pays d'Arles au changement climatique'' juin 2014 dans le cadre du PCET du Pays d'Arles)*

## SYNTHÈSE / ANALYSE

Le changement climatique est pour les participants un état de fait qui se traduit sur le territoire depuis quelques années (épisodes de tensions hydriques liés à des modifications des saisons et à des épisodes climatiques intenses (sécheresse ou inondation). Cette situation ressentie aujourd'hui va selon eux encore s'accroître dans l'avenir, ce qui corrobore les prévisions du GIEC.

Personne ne nie l'existence du changement climatique et de ses effets. Les mots utilisés par les participants attestent de cette prise de conscience voire d'une certaine inquiétude ou de peurs. On parle de "dérèglement, d'oued, de perte, d'intensité préoccupante, d'accentuation, de dégradation, de modification, d'extrême, de rupture"... Des mots forts pour exprimer un phénomène inéluctable mais parfois difficile à appréhender à une échelle de temps de 20, 30 voire 50 ans.

Le changement climatique est en effet un phénomène difficile à se représenter, chacun en ayant sa propre vision en fonction de ses usages. Sans être nié (pas de climatosceptisme exprimé), le changement climatique est parfois minimisé faute d'en saisir concrètement ses impacts ou de savoir précisément comment le gérer ou s'adapter. On ne sait pas par exemple comment gérer les épisodes intenses. On ne sait pas si l'augmentation de la température de 1 à 2° va accroître

les besoins en eau sur la Crau, si l'activité du foin de Crau pourra perdurer avec une augmentation de la température de +3° ? On ne se demande pas si avec le réchauffement climatique, il faudra se partager la ressource entre les usages et comment...etc

De manière générale, le changement climatique est décrit à travers ses effets (sécheresse, réchauffement, inondations...) et moins sur ses causes (responsabilités humaines...). L'homme ne peut pas être tenu pour seul responsable et n'est d'ailleurs pas cité par les participants.

Les solutions d'adaptation au changement restent finalement difficiles à appréhender. Si certaines pratiques simples sont jugées de "bon sens et intelligentes" (apprendre à mieux gérer l'eau, à l'économiser, savoir s'adapter comme on a toujours su le faire...), leur mise en oeuvre n'est pas si évidente.

L'injonction à changer, à s'adapter portée par les discours et expertises actuelles n'est pas si simple sur le terrain. Comment s'adapter ? Par quels moyens organisationnels et opérationnels ? Comment s'adapter à quelque chose de changeant, de flou qu'on sait proche mais finalement lointain et dont on ne mesure pas les effets concrets ?

En testant différents scénarios, l'étude SINERGI proposera aux acteurs locaux d'appréhender plus concrètement le changement climatique et de réfléchir à des mesures adaptatives.

Étude  
A tester dans  
**SinerGi**

**Scénario tendanciel à tester**  
intégrant les hypothèses de changement climatique du GIEC, en tenant compte des variations interannuelles et donc d'un ré-équilibre du système d'une année sur l'autre (des années sèches succédant à des années plus humides).

A tester dans  
Étude  
**SinerGi**

**Scénario conjoncturel à tester**  
intégrant une succession d'événements extrêmes sur plusieurs années (par exemple sécheresse sur plusieurs années), favorisant un déséquilibre s'aggravant d'année en année.



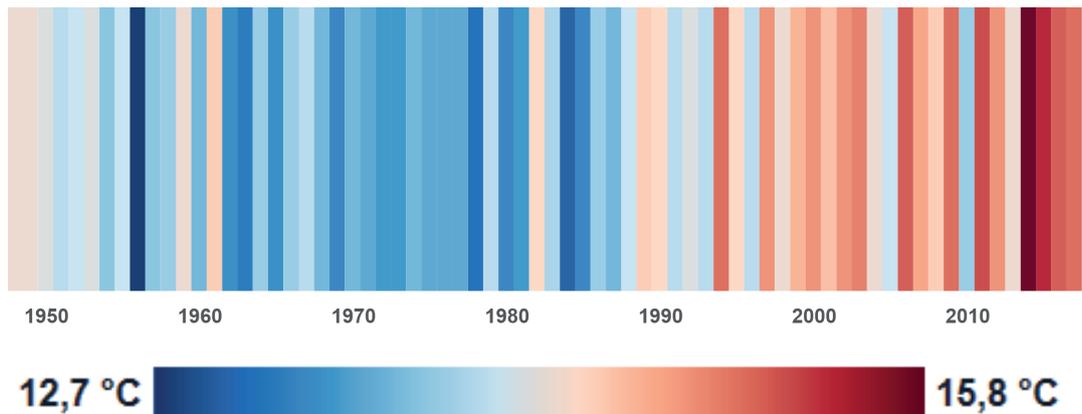
## Éclairage technique

pour compléter les contributions des acteurs sur l'évolution du climat :

### Constat et prévisions du GIEC

Le réchauffement climatique est un processus observé depuis l'ère industrielle qui s'intensifie depuis les années 80. Au niveau mondial, les 10 années les plus chaudes depuis 1880 sont toutes postérieures à 2005 tandis que 2015, 2016, 2017 et 2018 sont les 4 années les plus chaudes jamais enregistrées.

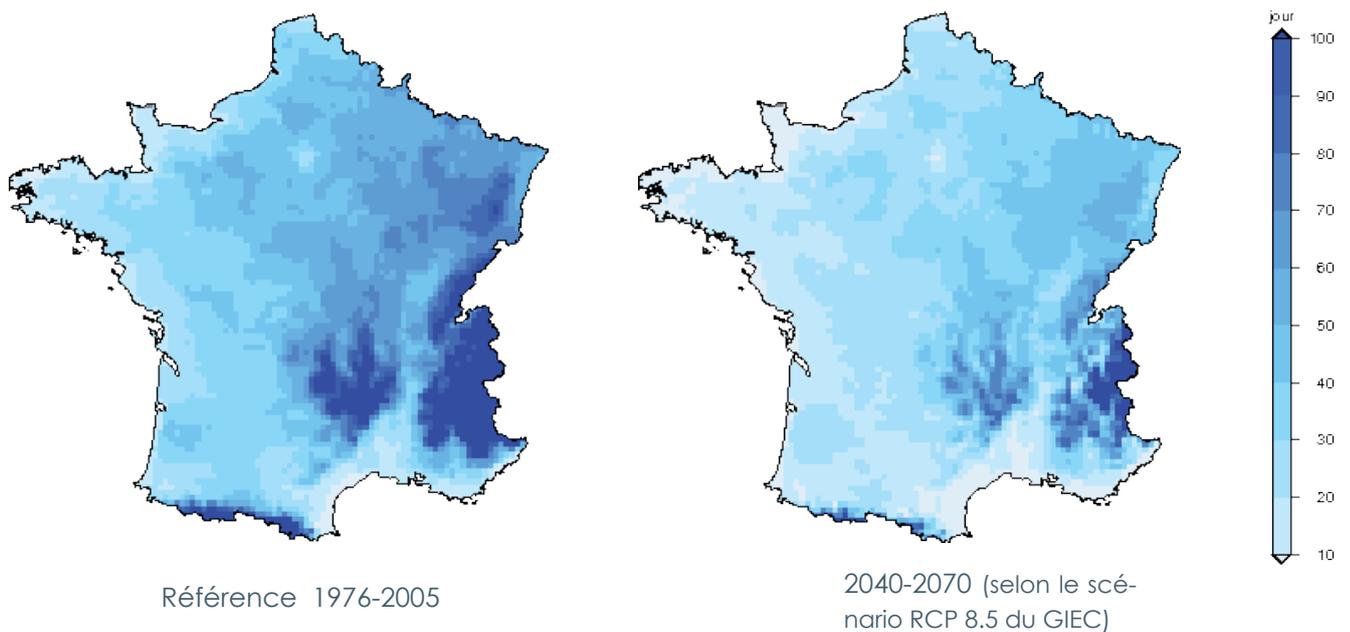
**Les scientifiques du GIEC prévoient une hausse de la température à l'horizon 2050 de 0.5 à 2° et de 1.5 à 4.5° à la fin du XXII<sup>ème</sup> siècle en fonction des évolutions socio-économiques et des mesures environnementales de réduction des émissions de gaz à effets de serre.**



Evolution de la température moyenne annuelle par année à Salon-de-Provence depuis 1948  
(source : Les décodeurs lemonde.fr 08/09/2018)

### Évolution du nombre de jour de gel selon les prévisions du GIEC

Le nombre de jours de gel va significativement baisser, entraînant une réduction du manteau neigeux soutenant les débits en période d'irrigation.



Source : Météo France

# Projections des participants sur le développement du territoire à l'horizon 2050

## La poursuite de l'artificialisation des sols en Crau semble être la tendance pour les prochaines décennies :

L'ensemble des participants s'accordent pour dire que l'artificialisation des sols se poursuit actuellement en Crau et pourrait se poursuivre :

- Mitage de l'habitat ;
- Augmentation de la population avec une ambition de croissance de +2% sur le territoire de la Métropole pour renforcer son attractivité ;
- Accueil d'activités économiques consommatrices d'espaces (logistique) et favorisant l'imperméabilisation des sols ;
- Développement de l'industrie dans la Zone Industriale-Portuaire (ZIP).

Pour les participants, ce développement s'explique par la configuration de la Crau : de grands espaces plats faciles à aménager (*"Aux yeux de beaucoup, la Crau est un tas de cailloux où tout est plat et favorable à l'implantation d'infrastructures"*) et par un prix de l'eau très bas.

Pour certains participants, le développement urbain s'est un peu ralenti par rapport à l'explosion des années précédentes. Il reste cependant encore en augmentation. Toutes les communes des Alpilles par exemple prévoient une augmentation de leurs populations dans les prochaines années.

**Une artificialisation des sols malgré un encadrement réglementaire existant** (PLU, PLUi, Loi SRU, SCoT, SRADET..).

Les participants estiment en effet que malgré les règles actuelles qui privilégient la densification de l'urbanisation pour préserver les espaces agricoles et naturels, la consommation des espaces se poursuit et pourrait continuer en Crau. Ils se disent conscients du paradoxe actuel : les élus savent qu'il ne faut plus consommer d'espaces, qu'il faut densifier les centres urbains mais ils doivent répondre à une pression sociale forte de recherche d'un cadre de vie en campagne avec une maison individuelle et des déplacements pendulaires nombreux.

Cette augmentation de l'urbanisation "extensive" a et aura des conséquences sur la ressource en eau : les surfaces agricoles vont se réduire et limiter alors la recharge de la nappe par l'irrigation gravitaire. L'augmentation de la population va également générer des impacts en termes d'approvisionnement en eau et d'infrastructures (risque de sous-dimensionnement des réseaux, d'augmentation de la demande en eau...).

**Envisager un scénario de rupture avec une implication forte des politiques publiques** dans la limitation de l'urbanisation et la densification de l'habitat pour la préservation de l'environnement (ressources en eau, réduction des pollutions liées aux déplacements...). Les participants plaident en effet pour un territoire plus soucieux des milieux naturels et de la biodiversité. Ils estiment que les règles d'ur-

banisme doivent se renforcer et qu'il faut tendre vers une ville en transition (transports en communs électriques) avec des zones péri-urbaines naturelles pour agir comme une "zone tampon" et limiter les impacts sur les ressources hydriques.

## Proposition de solutions multiples pour limiter l'artificialisation des sols et ses effets :

- Sanctuariser l'application du principe "Éviter, Réduire, Compenser" ;
- Créer des espaces verts dans les projets d'habitats ;
- Mettre en place de manière systématique des systèmes de récupération des eaux de pluie ;
- Planifier le renouvellement urbain ;
- Favoriser le développement des maisons autonomes en énergie ;
- Développer des mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti face aux intempéries
- ... etc

**Penser les scénarios de développement du territoire en intégrant la question de l'eau mais également celle de l'énergie.** Les participants estiment en effet que les scénarios futurs de développement devront prendre en compte la raréfaction des ressources énergétiques du territoire. Selon eux on ne pourra pas continuer en 2050 à consommer de l'énergie comme on le fait actuellement.

## SYNTHÈSE / ANALYSE

• En synthèse, pour les participants, le développement futur du territoire pourrait passer par une rupture sous-tendue par une réelle implication et volonté politique ; ceci afin d'encadrer le développement et d'éviter ainsi l'artificialisation des sols, démarrée dans les décennies précédentes puis ralentie, mais qui se poursuit aujourd'hui. Les outils législatifs et réglementaires actuellement présents semblent ne pas être suffisants. Avec les règles actuelles, on continue à consommer des terres et à les imperméabiliser.

A noter que l'affirmation de la poursuite de l'artificialisation des sols sur le territoire de la Crau ne repose pas sur un ressenti mais sur une réalité démontrée par les chiffres. Des données factuelles sont présentées en page suivante.

• Pour les participants, la puissance publique doit être plus forte pour réguler le territoire, pour s'adapter au changement climatique et aux conséquences écologiques et environnementales d'un développement non équilibré. Il n'y a pas pour les acteurs de "demi mesure". On est face à deux scénarios possibles : soit le "laisser faire" soit une attitude "pro-active" avec des décisions politiques solides pour préserver les ressources en eau et les espaces agricoles et naturels.

• Mais la faisabilité politique d'un scénario de rupture où la puissance publique serait plus forte et les outils d'urbanisme plus coercitifs n'a pas été questionnée dans cette concertation. Ce scénario correspond-t-il aux souhaits de tous les acteurs locaux, notamment des élus qui n'étaient pas tous présents pour le dire ? Si la trajectoire serait de mieux réguler/ encadrer l'urbanisation et le développement du territoire, la faisabilité politique d'un tel scénario devra nécessairement être évaluée dans un contexte de tension entre développement durable et pression économique et sociale (préserver les richesses naturelles de la Crau tout en répondant aux attentes des populations et des besoins d'attractivité économique des entreprises).

• De la même manière, on peut être surpris d'entendre que l'encadrement législatif et réglementaire de l'urbanisme n'est pas suffisamment efficient ou

reste insuffisant pour enrayer l'artificialisation des sols.

De nombreux outils existent pourtant sur la Crau, par exemple le principe de la séquence "Éviter-Réduire-Compenser", qui s'applique dans le code de l'environnement et le code de l'urbanisme, ou la compensation agricole collective (code rural). Mais ces dispositions sont récentes (2016) et ne sont pas suffisamment encadrées pour être pleinement efficaces.

La tendance actuelle de remise en cause des institutions et la baisse des finances publiques ne risquent-elles pas d'assouplir les règles d'encadrement de l'urbanisation et de tendre vers une libéralisation du développement du territoire ? (accueil d'entreprises pour compenser les pertes des collectivités par exemple...).

• L'analyse des mots utilisés ici par les participants est intéressante car elle montre deux pôles différents. On a des mots négatifs ("crise, sacrifice, expansion, extension, exponentiel, catastrophe, pression, danger, au détriment de..., spéculation, transformation, conflits, sacrifice, consommation, imperméabilisation, ignorance...") et des mots à forte connotation de cadrage ("sanctuariser, compenser, protéger"). Les mots relatifs à un équilibre sont en revanche plus rares ("adéquation, régulation"). Le développement du territoire tel qu'exprimé par les acteurs renferme une connotation négative. Il est vu comme un risque d'artificialisation du territoire, comme un risque de dégradation. La dimension positive et dynamique du territoire est finalement occultée par les acteurs. On ne pense pas forcément à évoquer la Crau comme un territoire avec ses richesses et ses atouts. Comme si le développement était signe d'aménagement non contrôlé, incompatible avec l'environnement, comme si un équilibre entre développement socio-économiques et préservation de l'environnement n'était pas un scénario possible.

• Enfin, cette concertation montre que les évolutions ne sont pas uniquement environnementales et climatiques mais qu'elles sont aussi économiques et sociales (urbanisation, changement de mode de travail, de mobilité, consommations en eau...) voire d'ordre énergétique où des changements de pratiques indispensables se profilent.

Scénario à tester sur une implication plus forte des pouvoirs publics et des règles plus adaptées d'encadrement du développement du territoire pour éviter son artificialisation et une dégradation des ressources en eau.

Questionner la faisabilité politique, sociale, économique et réglementaire de ce scénario.

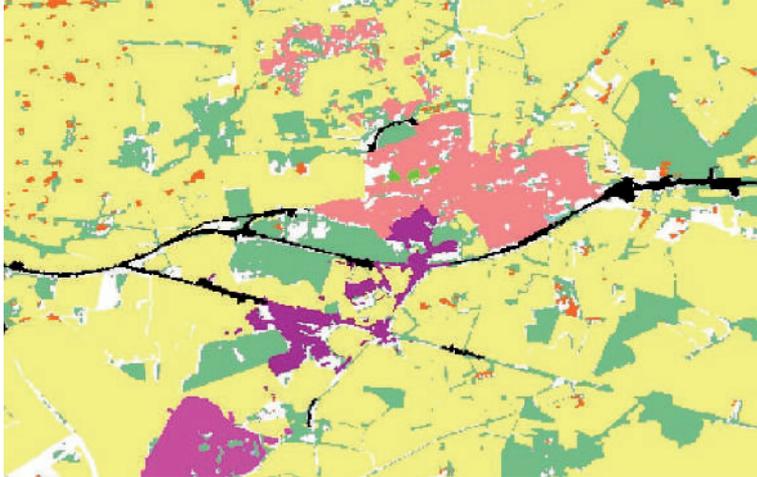
Tester un scénario de "laisser aller" avec poursuite de l'artificialisation des sols en Crau, un "relâchement" dans l'encadrement réglementaire de l'urbanisation et une absence de prise de conscience des conséquences environnementales et socio-économiques



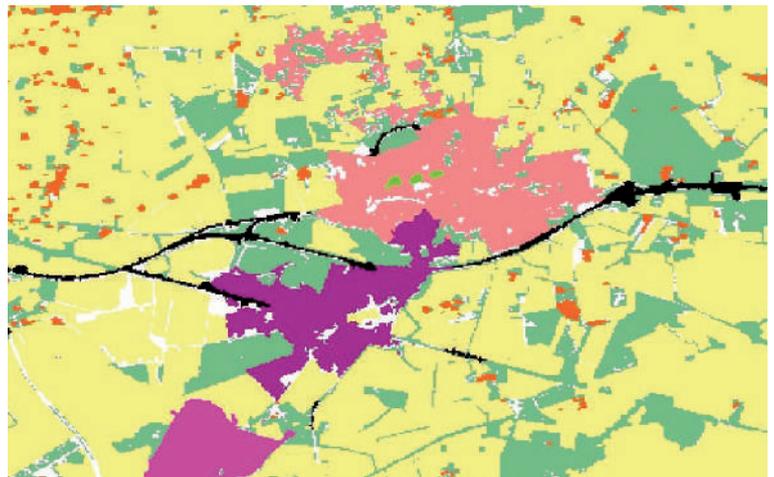
# Éclairage technique pour compléter les contributions des acteurs sur le développement du territoire en 2050

## Évolution de l'occupation des sols

Exemple d'évolution (1997-2009) de l'occupation des sols autour de Saint Martin de Crau (Source F. Trolard – RED Paca – 19 décembre 2017)



En 1997



En 2009

- **835 ha** d'espaces agricoles perdus entre 1997 et 2009.

*(source Astuce et Tic 2010)*

- **500 ha** de prairies irriguées étaient menacées par les projets d'urbanisation.

*(source SYMCRAU 2012)*

- La « grenellisation » des PLU/PLUi depuis 2017 tend à freiner cette tendance.

### Évolution conjoncturelle et structurelle de l'activité de foin de Crau qui recharge la nappe.

Pour les participants, l'activité de foin de Crau, stable ces dernières années, reste cependant fragile économiquement. Elle est en effet soumise à de nombreuses évolutions et sa pérennité est dès lors remise en question tant pour des raisons structurelles que conjoncturelles.

#### • Incertitudes économiques :

Pour les participants, l'activité ne pourra économiquement se poursuivre qu'en présence de marchés dynamiques et viables. Or s'il est aujourd'hui encore porteur, le marché du foin de Crau reste économiquement incertain car soumis à une conjoncture dépendante des aides de la PAC, encore favorables ces dernières années mais qui risquent d'évoluer (baisse et rationalisation possibles des aides européennes).

La rentabilité du foin de Crau est également interrogée ; le monde agricole soulignant la nécessité d'avoir des surfaces de prairies plus grandes pour être concurrentiel. L'activité de foin de Crau tend d'ailleurs aujourd'hui à être fortement concurrencée par d'autres activités économiquement plus rentables comme la culture de la luzerne qui se développe dans le Nord du département des Bouches-du-Rhône ou "rivalisée" par l'augmentation des cultures irriguées par aspersion en Crau (vignes, oliviers, légumineuses, amandiers...).

• **Évolutions sociétales.** Le marché du foin de Crau est également confronté à une évolution des pratiques sociales. Les modes alimentaires (diminution de la consommation de viande, "véganisme"... ) tendent à réduire l'activité d'élevage et donc la demande de fourrage. Cette évolution favorise alors la conversion des prairies de foin de Crau en activités économiquement et socialement plus rentables (maraîchage, arboriculture... voire vente des terres à d'autres usages).

#### • Évolutions structurelles : tendance à une diminution des surfaces de prairies par la pression urbaine.

L'artificialisation des sols telle que mentionnée pages précédentes constitue un axe important d'évolution de l'activité de foin de Crau. La diminution des prairies par l'implantation de projets urbains, logistiques ou l'augmentation des terres en friches concourent en effet à raréfier les prairies et donc à fragiliser leur rôle de recharge de la nappe.

#### • Évolutions organisationnelles et financières : baisse des moyens financiers pour l'entretien des canaux et baisse envisagée des dotations durancienne en eau.

Les participants notent que les canaux, infrastructures permettant le transports d'eau pour irriguer les prairies, sont aujourd'hui difficiles à entretenir par manque de moyens financiers des ASA.

Les évolutions futures des dotations en eau de la Durance constituent également un des facteurs de fragilisation de la

recharge de la nappe : si les dotations baissent, les surfaces de prairies vont diminuer et donc limiter les capacités de réalimentation de la nappe.

### Un scénario de rupture probable (fin de l'irrigation gravitaire) mais difficilement acceptable.

Certains participants n'excluent pas la possibilité d'une évolution d'une irrigation gravitaire vers un réseau sous pression sur le territoire de la Crau. Cependant cette évolution dite "de rupture extrême" semble pour certains non envisageable car des solutions adaptatives sont possibles pour maintenir un système d'irrigation gravitaire favorable à l'alimentation de la nappe.

### Réussir à s'adapter face aux différents scénarios possibles.

Les participants estiment possible de s'adapter aux évolutions de l'eau et de l'agriculture sur le territoire de la Crau.

• Des **solutions techniques** peuvent être envisagées : modernisation des systèmes d'irrigation (optimisation par réduction des pertes de charges sur les canaux, martelières automatiques (économie d'eau et de temps de travail), goutte à goutte avec sondes capacitatives pour l'irrigation sous pression...

## • Solutions organisationnelles :

amélioration des tours d'eau, adaptation à la précocité climatique en supprimant par exemple une coupe de foin, en revoyant le cahier des charges, en favorisant la reconversion vers des cultures adaptées à la sécheresse (amandiers), en implantant des cultures vivrières diversifiées en Crau, en créant des marchés avec des circuits courts (maraîchage à proximité des villes), en facilitant la conversion en bio pour apporter plus de valeur ajoutée qu'un produit classique... Les acteurs soulignent également l'importance des dispositifs de suivi pour anticiper les crises et pouvoir réagir "avant qu'il ne soit trop tard".

• **Solutions financières** en protégeant par exemple le foncier agricole par le levier du prix pour éviter la spéculation agricole, en soutenant financièrement les ASA...

## ► Reconnaître officiellement et financière les aménités de l'irrigation gravitaire du foin de Crau.

Les participants estiment que quelque soient les scénarios, le rôle joué par les prairies de foin de Crau dans la recharge de la nappe devra être reconnu officiellement et soutenu financièrement par les collectivités en mettant par exemple en place une compensation financière pour services rendus par les prairies de foin de Crau.

Par ailleurs, les participants insistent également sur la nécessité de redorer l'image de l'irrigation gravitaire à l'extérieur du territoire de la Crau : "Tout le monde ici est convaincu par l'irrigation des prairies et de ses apports à la nappe. Mais quand on sort du territoire, on est vu comme des gaspilleurs".

## SYNTHÈSE / ANALYSE

La pérennité du foin de Crau est sous-tendue par une dynamique économique qui aujourd'hui reste favorable mais évoluera inexorablement face aux changements climatiques, financiers, organisationnels, économiques... Ces évolutions nécessiteront des adaptations (augmentation des surfaces avec maintien et entretien des canaux par exemple, solutions techniques d'économie d'eau impulsées notamment par la tendance progressive à "l'écologisation" de l'agriculture soucieuse de préserver la qualité et la quantité d'eau...).

La majorité des acteurs du territoire se dit favorable au maintien de l'irrigation gravitaire du foin de Crau reconnue dans sa fonctionnalité de recharge de la nappe, dans sa fonction de fertilisation des sols, de façonnage des paysages de bocages et des services écosystémiques rendus. Cette reconnaissance locale indéniable de l'irrigation gravitaire semble cependant critiquée à l'extérieur par les institutions et par les autres agriculteurs qui voient les irrigants de la Crau comme des gaspilleurs d'eau.

Ressort de ces échanges une volonté de maintenir à l'avenir un agro-hydrosystème acquis et sécurisé en l'adaptant et en le valorisant. Le scénario de rupture avec un baisse drastique des dotations en eau pour l'irrigation gravitaire est donc difficile à envisager pour certains ou s'il est envisagé, méritera des mesures adaptatives importantes (solutions techniques, organisationnelles et financières). De même, le scénario de rupture extrême : fin de l'irrigation gravitaire et donc arrêt de l'activité du foin de Crau, s'il est imaginable, n'est pas acceptable pour les acteurs. Il remet en question un système ancestralement acquis qui aurait des conséquences économiques pour la profession et des impacts environnementaux importants pour la nappe et les milieux (cf chapitre 2 sur les conséquences). Perdre donc dans l'esprit des participants un regard emprunt d'un certain optimisme car malgré un avenir présenté comme plus contraignant voire extrême, les acteurs veulent penser qu'ils auront des solutions pour s'adapter comme ils ont toujours su le faire par le passé.

Étude  
A tester dans  
Sinergi

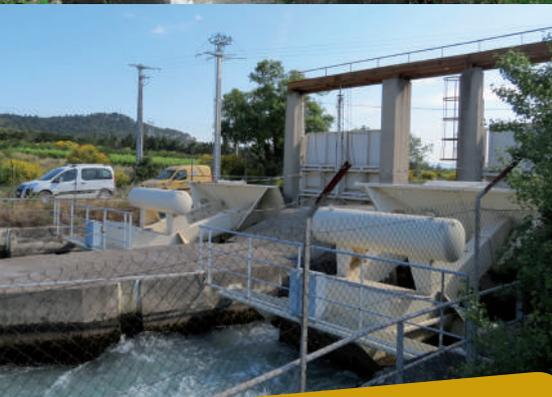
Scénario à tester sur une baisse importante des dotations en eau de la Durance pour la Crau avec un scénario d'économie d'eau face aux changements globaux (climatique, réglementaire...) en mettant en œuvre des solutions d'adaptation dans les itinéraires techniques (allongement des tours d'eau...) et la modernisation des ouvrages (réduction des pertes sous canaux...)

A tester dans  
Étude  
Sinergi

Bien que difficilement envisageable par les acteurs du territoire, un scénario extrême d'arrêt de l'irrigation gravitaire mériterait d'être testé afin de mesurer les difficultés qu'une telle situation engendrerait pour l'accès à l'eau sur le territoire.



400 km de canaux principaux et secondaires gérés par des associations syndicales d'irrigants et 1600 km de filiales privées assurent l'acheminement de l'eau jusqu'aux parcelles.

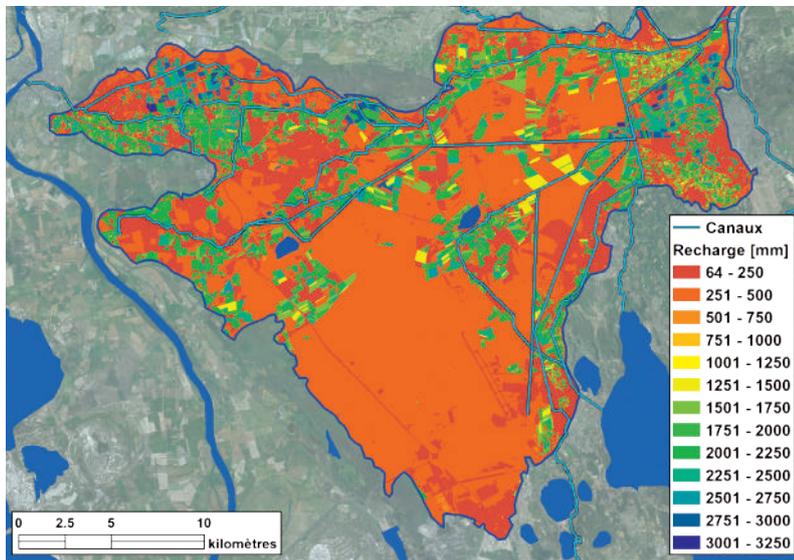


La Crau étant dépourvue de cours d'eau permanents a connu l'arrivée des systèmes d'irrigation vers 1554, ce qui a permis de créer la Crau humide, 2<sup>ème</sup> écosystème classé Natura 2000. Cinq siècles plus tard, ces systèmes perdurent toujours.

# Éclairage technique sur l'évolution des pratiques et du modèle agricole en Crau

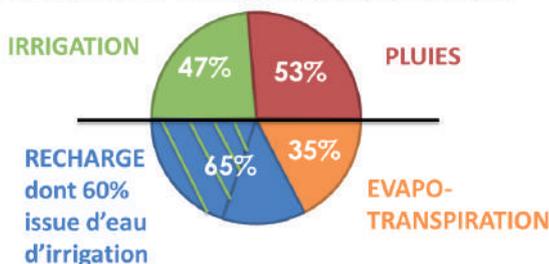
## Recharge de la nappe

La recharge la plus importante de la nappe de la Crau est représentée par les prairies irriguées, situées majoritairement au nord de la plaine de la Crau (source : Projet SIRRIMED UMR EMMAH - 2014)

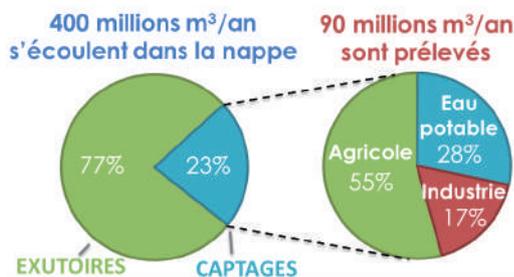


## Bilan hydrologique sur la Crau (source SYMCAU)

620 millions m<sup>3</sup>/an arrivent sur le territoire



## Devenir des eaux infiltrées dans la nappe (source SYMCAU)



## A retenir :

- Un territoire couvert par 14 500 ha de prairies irriguées par gravité en 2012 (source : foin de Crau) contre environ 2 100 ha de surfaces irriguées en non gravitaire (goutte à goutte, aspersion et micro-aspersion) (source : OUGC)
- 1 ha de prairie irriguée permet d'alimenter en eau potable 200 personnes/an

# Projections des participants sur la gouvernance et la régulation des usages de l'eau à l'horizon 2050

## Des conflits d'usages de l'eau se dessinent :

### entre l'amont et l'aval de la Durance.

Certains participants soulignent en effet les disparités entre l'amont de la Durance qui devra laisser de l'eau à l'ensemble des usagers du système durancien et pourrait parfois penser que l'aval (la Crau) dispose d'une eau abondante qu'elle "gaspille" à travers son irrigation gravitaire. La majorité des acteurs locaux argumente cependant contre ce "prétendu" gaspillage : l'eau d'irrigation jouant un rôle stratégique d'alimentation de la nappe, de structuration des paysages, de maintien des milieux humides... Malgré cela, le raisonnement et la perception à l'échelle globale de la Durance peut laisser présager des conflits d'usages potentiels où l'aval serait considéré comme privilégié de l'eau au détriment des territoires plus en amont.

### Des conflits possibles entre les différents usagers de l'eau de la nappe de la Crau.

Si des conflits d'usages peuvent apparaître sur tout l'axe durancien, des tensions entre les usages locaux sur le territoire de la Crau sont également possibles. Il peut en effet y avoir concurrence entre usages de l'eau potable, activités agricoles, industrielles, et usages des milieux. Certains participants estiment donc qu'une régulation ou régularisation des droits d'eau pourrait être nécessaire.

Les participants imaginent plusieurs trajectoires possibles en matière de régulation des usages de l'eau.

## Un scénario tendanciel reconnu : l'évolution des droits d'eau sur la Durance est aujourd'hui indéniable du fait de l'interdépendance des usages.

Pour les participants, les usages sur la Durance ont évolué. Les droits d'eau fixés en 1955 pour le monde agricole et pour la régulation hydroélectrique doivent aujourd'hui être partagés et prendre en compte de nouveaux acteurs du paysage durancien : le tourisme, les acteurs institutionnels comme la Métropole, le lobbying d'EDF... Ces usages seront mis en concurrence lors du renouvellement des droits d'eau de la CED<sup>1</sup>. Certains participants indiquent que des restrictions importantes seront alors demandées au monde agricole.

Comme vu précédemment, ce scénario peut être difficile à accepter sans mesures adaptatives (cf pages précédentes "Projections sur l'évolution des pratiques et modèles agricoles à l'horizon 2050" et analyse points suivants);

Cependant ce scénario semble suivre les tendances actuelles qui se profilent pour l'avenir : une situation où les dotations conventionnelles sont revues à la baisse pour prendre en compte tous les usages sur la Durance.

## Des scénarios évolutifs (amélioration positive) peuvent être imaginés.

Pour contrebalancer le scénario tendanciel qui se dessine, d'autres trajectoires sont envisagées par certains participants à travers une évolution positive de la situation où on garderait voire on augmenterait les dotations en eau pour l'agriculture.

Pour ce faire, les gestionnaires de canaux devront solidement argumenter sur les besoins indispensables de recharge de la nappe.

## Différents scénarios de rupture envisageables.

La projection sur la régulation des usages de l'eau à l'horizon 2050 amène les participants à élaborer plusieurs situations de rupture :

- Une situation où les territoires de la moyenne Durance demanderaient plus d'eau et où l'aval en bénéficierait alors moins. Cette situation de rupture d'avec le passé semble plausible. La future CLE du SAGE Durance pourrait demander une plus grande dotation en eau de la moyenne Durance.

- Autre situation de rupture imaginée : celle où les autorisations de prélèvements pour l'AEP diminueraient et généreraient une augmentation du prix de l'eau, difficile à compenser par des collectivités aux capacités de financement en baisse.

- Dernier scénario de rupture proposé par les participants : une situation d'intervention plus forte de l'État régalién qui donnerait la priorité à l'hydroélectricité dans un contexte de transition énergétique. Le secteur pourrait être encadré à l'échelle de la Durance ou au contraire "dérégulé" (libéralisme) où chaque concessionnaire négocierait localement avec les usagers. Les dotations seraient alors revues à la baisse en priorisant la production hydroélectrique. Il y aurait moins d'alimentation en eau pour les milieux naturels et moins de recharge de la nappe.

<sup>1</sup> CED : Commission Exécutive de la Durance créée en 1907.

## ► Nécessité de trouver des solutions de gestion des différents scénarios.

Pour s'adapter à ces scénarios de rupture possibles, les participants proposent des solutions de différentes natures :

### • Solutions techniques :

- Réfléchir à la mobilisation de nouvelles ressources en eau, comme par exemple la réduction des rejets dans l'étang de Berre en amenant l'eau sur le territoire de la Crau (solutions "gagnant / gagnant" à étudier lors du renouvellement de la concession EDF) ;
- Mieux réguler les canaux pour éviter que toute l'eau parte au Rhône (modernisation, équipement des canaux...) ;
- Économiser l'eau (réutilisation des eaux de stations d'épuration, mise en place de normes de construction pour économiser l'eau potable...)
- Mutualiser l'eau pour qu'elle serve plusieurs fois : aux agriculteurs puis à la nappe, à la fourniture d'électricité... Une utilisation multiples de l'eau pourrait éviter les conflits d'usages ;
- Stocker l'eau et la gérer au moment où on en a besoin. A noter que la création de retenues sur la Crau, un temps imaginé par la Chambre d'agriculture, semble socialement compliquée.

### • Solutions relevant de l'acquisition de connaissances :

- Mettre en place des outils de connaissances pour gérer les tensions sur la ressource comme par exemple la téléréleve déjà installée sur certaines communes ;
- Mieux connaître les usages et les

volumes prélevés (connaissance plus fine avec des nouveaux outils) pour développer des mesures de gestion adaptées : quotas attribués en fonction du climat, tarification "pénurie" par exemple ;

- S'appuyer sur les travaux de recherche pour anticiper les évolutions.

### • Solutions financières et réglementaires :

- Mettre en place des outils coercitifs à travers une nouvelle tarification de l'eau ?, à travers l'instauration de quotas ?
- Élaborer et mettre en oeuvre d'un plan cadre sécheresse ?
- Encadrer les forages domestiques ;
- Réglementer l'eau dans les documents d'urbanisme ;
- Mieux réguler, à travers des arrêtés, le protocole de gestion de crise qui crée actuellement un déséquilibre entre les usages ;
- Affirmer la reconnaissance d'une gestion patrimoniale de la ressource en eau en renforçant son cadre juridique et financier.

### • S'organiser dans la gouvernance de l'eau :

- Mutualiser le schéma directeur AEP métropolitain dans lequel le SYMCRAU doit jouer son rôle ;
- Conserver la CED comme instance de régulation et de renforcement des actions en cas de sécheresse. Certains participants estiment que la CED a la capacité de s'adapter et doit conserver un degré de flexibilité dans le système durancien.
- Décliner le modèle de l'instance CED à l'échelle de la Crau pour gérer tous les usages (agricoles, industriels, domestiques...). Inter-

rogation cependant sur la faisabilité du portage de cette instance à l'échelle de la Crau.

- Se fixer des règles du jeu collectives pour partager l'eau de "manière intelligente et équitable". Les participants estiment que les tensions peuvent se régler en se mettant d'accord sur des volumes et en tenant compte des baisses structurelles en eau. L'accord devra porter sur une répartition égalitaire de l'eau ou en tenant compte des activités en amont qui sont plus sensibles. La priorité doit par exemple être donnée à l'usage domestique sanitaire de l'AEP et non au remplissage des piscines ou à l'arrosage des jardins. Les collectivités doivent également s'engager à faire des efforts (prélever par exemple 20% de moins) même si l'AEP est considérée comme prioritaire.

### • Solutions participatives :

Enfin les participants soulignent l'importance de l'implication des populations locales dans la gestion des différents scénarios :

- Gérer les crises de manière plus participative et généraliser les outils de communication / sensibilisation.
- Sensibiliser aux économies d'eau à l'échelle de tous les acteurs. A ce titre, certains participants se disent optimistes sur les changements de pratiques possibles par certains citoyens car des changements de mentalités s'opèrent déjà pour les économies énergétiques et les économies d'eau.

Scénario à tester sur une évolution positive des droits d'eau (maintien des dotations actuelle voire augmentation).

Scénario de rupture à tester sur une baisse importante des dotations en eau et la nécessité de prioriser et/ou partager l'eau entre les différents usages présents sur l'axe durancien (hydroélectricité, tourisme, agriculture, besoins en eau potable...).

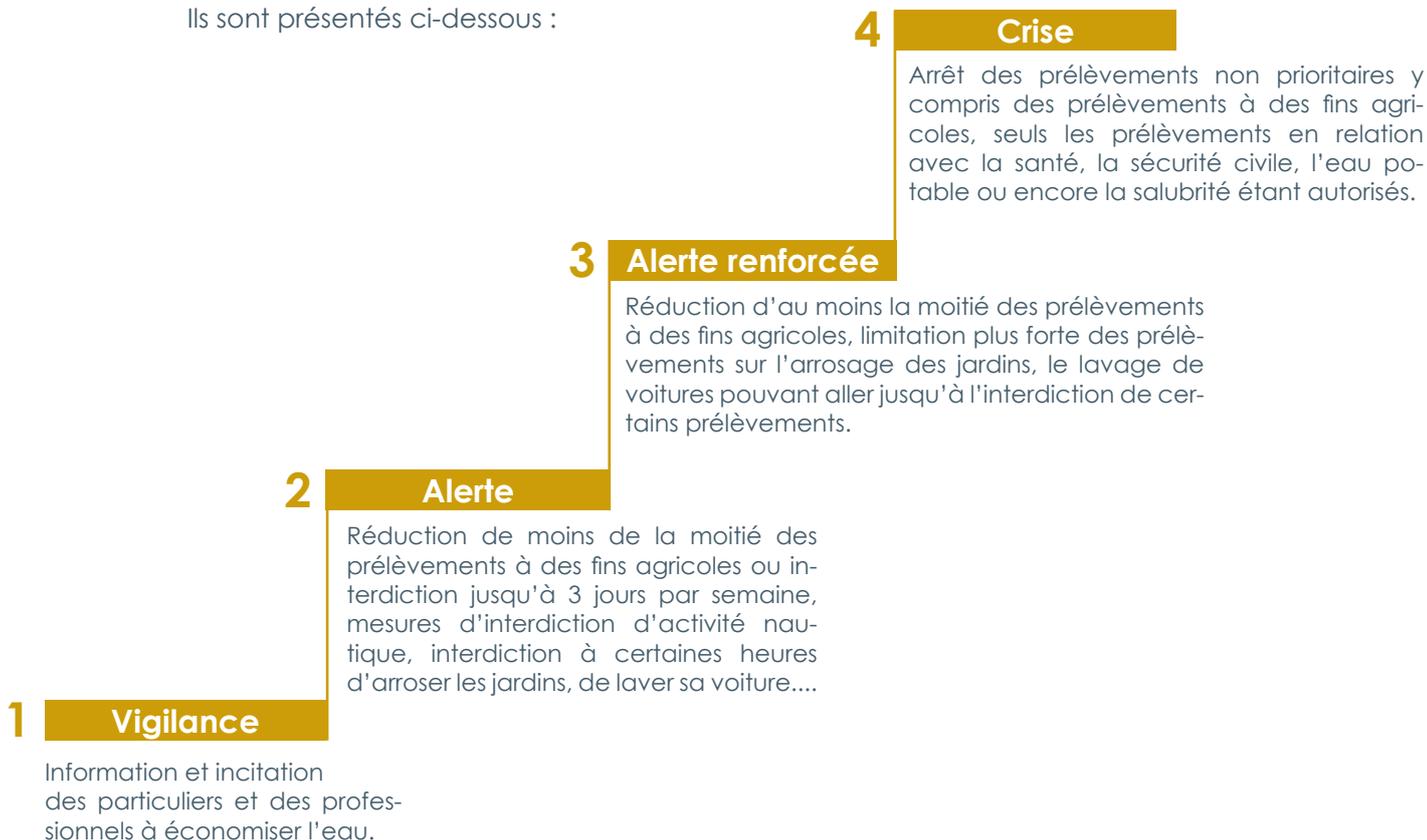


# Éclairage technique pour compléter les contributions des acteurs sur la gouvernance et la régulation des usages de l'eau /

## Gestion publique des situations de pénurie

En cas de déséquilibre de la ressource pouvant entraîner une pénurie d'eau, le Préfet peut recourir aux modalités de gestion de crise décrites dans l'article R211-66 à 70 du code de l'environnement. Un **plan d'action sécheresse** est approuvé par arrêté cadre du préfet du département. Les 4 seuils entraînant des mesures de restriction sont définis au niveau local par les Préfets de département.

Ils sont présentés ci-dessous :



Le niveau de crise peut déclencher un **plan ORSEC- eau potable** pour gérer les défaillances dans l'alimentation en eau potable (Ministère de l'intérieur 2017). Les mesures de limitation des prélèvements sont progressives et adaptées aux différents usagers, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Usages	Types de mesures
<b>Domestiques</b>	Sensibilisation, puis limitation de plus en plus forte des prélèvements pour l'arrosage des pelouses, des espaces verts, le lavage des voitures, le remplissage des piscines jusqu'à l'interdiction totale de ce type d'utilisation (hors usage eau potable).
<b>Agricoles</b>	Interdiction d'irriguer 1 jour par semaine, plusieurs jours par semaine ou à certaines heures jusqu'à l'interdiction totale de l'irrigation.
<b>Industriels</b>	Mesures spécifiques sur les unités les plus consommatrices : réduction progressive d'activité, recyclage de certaines eaux de nettoyage, modification de certains modes opératoires.

## Le protocole de gestion de la réserve agricole de Serre-Ponçon

Mis en service en 1961, le barrage hydro-électrique de Serre-Ponçon assure une **réserve à vocation agricole de 200 millions de m<sup>3</sup>** pour remédier aux insuffisances du débit naturel de la Durance en période d'irrigation intensive.

Afin de mieux maîtriser le risque d'épuisement de la réserve, qui peut occasionner des dépenses importantes pour l'agriculture (pertes de cultures ou/et indemnisation EDF), **la CED a adopté en décembre 2013 un protocole de gestion de crise**. Celui-ci consiste à restreindre si besoin les dotations en eau durant la période d'utilisation de la réserve agricole, pour éviter son épuisement prématuré (DREAL 2018).

Le **déclenchement des restrictions** est décidé par la CED en fonction de son appré-

ciation du risque (tableau ci-dessous) de dépassement de la réserve (156 Mm<sup>3</sup> au 31 août et 200 Mm<sup>3</sup> au 30 septembre), sur la base des éléments fournis par EDF (*estimation de probabilités de dépassement des seuils à partir des données historiques de débit et deux hypothèses de prélèvement net : quantiles 50 et 60*) (DREAL PACA 2018).

Le protocole a été activé en 2015, où sur la base d'une analyse de risque de dépassement du stock de la réserve agricole, la CED a adopté 10 % de restrictions pendant 3 semaines (10-30 juillet), ce qui a généré environ 10 Mm<sup>3</sup> d'économies d'eau (DREAL PACA 2018). Durant l'été 2017, le risque d'épuisement de la réserve n'ayant jamais été supérieur à 10 %, la CED n'a pas activé le protocole.

Risque	Etat	Restrictions
<b>30 % &lt; Réserve &lt; 40 %</b>	Vigilance	<b>-5%</b>
<b>40 % &lt; Réserve &lt; 60 %</b>	Alerte	<b>- 10%</b>
<b>Réserve &gt; 60 %</b>	Alerte renforcée	<b>- 20%</b>
<b>100 % = Réserve épuisée</b>	Crise	<b>Gestion de crise</b>

## Les situations de pénuries d'eau en Crau

La question des pénuries structurelles d'eau souterraine est pratiquement théorique en Crau car le territoire n'a pas de référence historique d'évènements ayant remis en cause les usages de la nappe et de l'alimentation des milieux naturels. Cette situation peut être expliquée par l'apport sécurisé de l'eau d'irrigation via le canal d'EDF qui prend sa source au barrage de Serre-Ponçon.

Des **situations conjoncturelles de pénuries** d'eau dans les canaux, limitées dans le temps, ont cependant marqué le territoire :

- **1989** où des mesures ont été prises par les irrigants dès le mois de février pour réduire leurs consommations, avec une fourniture de 95 Mm<sup>3</sup> par EDF financé par le fond de garanties des calamités agricoles (Mérillon et Chaperon 1990).

- **1990**, les besoins des canaux de la Basse Durance ont été supérieurs à la réserve agricole. Les volumes supplémentaires nécessaires ont été délivrés moyennant indemnisation à EDF, conformément au cahier des charges de la concession (CED non daté).

- **2007**, un épuisement de la réserve agricole de Serre-Ponçon non anticipé a entraîné une restriction drastique des volumes alloués à l'agriculture : pendant 10 jours les canaux d'irrigation de la basse-Durance se sont partagés 23 m<sup>3</sup>/s, pour un besoin de 70-80 m<sup>3</sup>/s (*communication orale CED*). L'irrigation a pu être rétablie au prix d'un dépassement des stocks agricoles de 40 Mm<sup>3</sup> dans les grands réservoirs financés en partie par la puissance publique.

# SYNTHÈSE / ANALYSE générale

## des contributions des acteurs dans la constructions des scénarios

Cette concertation a permis d'exprimer différents scénarios possibles pour l'avenir de la ressource en eau sur la Crau.

- Mais chacun a sa propre représentation d'un scénario. En se projetant, les acteurs ont en effet pu évoquer des trajectoires différentes, qui pour certains suivent les tendances actuelles, pour d'autres au contraire évoluent positivement ou se dégradent, pour d'autres enfin des trajectoires en "rupture" avec le modèle actuel. Le scénario tendanciel est celui le plus facile à décrire par les acteurs car le plus probable au regard des connaissances dont chacun dispose aujourd'hui. Le scénario évolutif d'amélioration est souvent exprimé comme "le désiré", celui qu'on aimerait voir arriver et dont on se sent en mesure de gérer. Et puis il y a le scénario de rupture qui peut faire peur à certains ou au contraire est envisagé par d'autres comme une possibilité. La "rupture" est parfois vue comme immédiate (manque d'entretien des canaux par exemple...), comme négative dans sa globalité ou juste sur un point précis (rupture = absence ou fin des moyens financiers). Pour d'autres au contraire, la rupture représente une situation de nécessaire adaptation (des politiques plus investies, des solutions techniques plus intelligentes...).

De manière générale, les participants ont construit des scénarios réalistes c'est-à-dire sur lesquels ils ont le sentiment de pouvoir agir. Ils n'envisagent pas par exemple de "scénarios extrêmes" insurmontables et catastrophiques pour le territoire.

- Confusion dans le terme "scénario" : Cette concertation a mis en évidence une certaine gradation des scénarios mais aussi les différentes perceptions de ce qu'est ou devrait être un scénario. Pour certains, un

scénario fixe une trajectoire, il est un outil de prospective pour exprimer comment l'avenir pourrait se dessiner. Pour d'autres, le scénario fait davantage référence à un scénario de gestion, à une stratégie pour définir ce qu'il faudrait faire demain en ayant déjà imaginé ce qui pourrait se produire.

A noter que la logique de SINERGI consiste à étudier les différents scénarios croisés qui permettront de réfléchir à la stratégie à adopter pour l'avenir de la ressource en eau sur la nappe de la Crau.

- Des scénarios qui ne distinguent pas forcément le conjoncturel du structurel. Les scénarios envisagés tendent en effet à amalgamer ce qui relève de la conjoncture actuelle et ce qui concerne les évolutions structurelles qui vont s'ancrer dans le temps. Par exemple, le temps de la crise (économique, sécheresse saisonnière...) qui pourrait n'être que conjoncturel est souvent imaginé comme une situation qui pourrait durer.

- Un consensus sur le caractère inéluctable du changement sur la Crau. Les participants s'accordent sur le fait que la ressource en eau pourrait se raréfier à l'avenir. Personne ne nie l'évolution future de l'eau sur le territoire de la Crau. Il demeure cependant difficile pour les participants de savoir précisément ce qui peut arriver. Cette incertitude tout à fait normale, l'exercice ici n'ayant pas pour but de faire du "prédictif" mais d'offrir un outil de réflexion prospective (c'est-à-dire tournée vers l'avenir) à long et à moyen terme qui diffèrent des schémas d'apprentissage et de réflexion habituels de nature rétrospective et où les prises de décision quotidiennes portent la plupart du temps sur ce qui s'est passé et devrait se passer à des horizons plutôt courts.

- Une attitude plutôt pro-active. Pas de sentiment de subir les changements ni de positions conservatrices. Cette concertation met en lumière le positionnement général des acteurs locaux sur l'avenir de la gestion de la ressource en eau. Une attitude proactive se dégage, les acteurs ayant envie ou le sentiment de pouvoir agir sur les évolutions qui se dessinent plutôt que de subir les changements. Cette concertation révèle également l'absence de positions conservatrices où certains pourraient nier les évolutions et considérer qu'il ne faut rien changer. A noter que ce constat ne vaut que pour ceux qui ont participé à cette concertation. Tout biais d'analyse est possible et il faut garder à l'esprit que les participants de la concertation sont censés être plus pro-actifs que ceux qui n'y auraient pas participé et qui pourraient adopter des positions plus conservatrices.

- Mais manque de visibilité :

- sur la mise en oeuvre des solutions. Nous l'avons vu, un consensus se dégage sur le constat d'un territoire en évolution, sur les pistes de solutions possibles. Cependant leur mise en oeuvre est très peu abordée. La faisabilité politique, sociale, économique et technique est en effet peu interrogée. On sait ce qu'il faut faire mais moins qui doit le faire et avec quels moyens. Cette concertation ne nous renseigne pas en effet sur les modalités de mise en oeuvre et surtout sur les capacités d'agir des acteurs locaux (élus, agriculteurs, industriels, habitants, institutionnels...) et leur accord pour partager les efforts.

Si de nombreuses solutions sont proposées, leur application reste pour certains relativement "floue", certains participants comptant simplement sur la capacité humaine naturelle à s'adapter comme "On a su s'adapter à l'an 2000 qui nous était annoncé comme révolutionnaire".

- Manque de temps pour anticiper et s'adapter. Pour certains participants, 30 ans est un pas de temps trop court pour mettre en place une gouvernance adaptée car les politiques (les hommes et les lois ) ont du mal à se projeter dans l'avenir.

- Difficulté de se représenter le changement quand l'urgence n'est pas évidente, quand la ressource en eau n'est pas ici perçue comme rare. L'urgence à s'organiser et à agir est donc moins prégnante.

- Des questions laissées en suspens...

- Les mesures préfectorales et municipales pour la préservation des usages prioritaires et le maintien de l'équilibre entre usagers en rationnant les prélèvements ne sont pas abordées.

- Les questions sur la capacité à acheter de l'eau agricole : où, comment (tuyaux) et à quels prix ? n'ont pas été soulevées.

- L'idée d'une évolution ou non du cadre juridique de la nappe : "sanctuarisation" / dotation spécifique pour la nappe à l'identique des dotations en eau pour l'agriculture par exemple n'a pas été proposée alors que la reconnaissance officielle des aménités du foin de Crau a souvent été suggérée.

- Cette concertation n'a pas évoqué les dispositifs existants d'interconnexion entre les communes, les captages les plus vulnérables aux phénomènes de baisse de la nappe liés aux épisodes de sécheresse.

- Enfin la question des transferts d'eau de la nappe de la Crau vers des territoires voisins pauvres en eau souterraine de qualité et qui dépendent de transferts d'eaux superficielles très vulnérables n'a jamais été soulevée ; les acteurs ayant pour priorité de conserver sur le territoire une eau qui pourrait se fragiliser dans l'avenir. La solidarité "inversée" pourrait donc ne pas apparaître comme envisageable.

# Chapitre 2

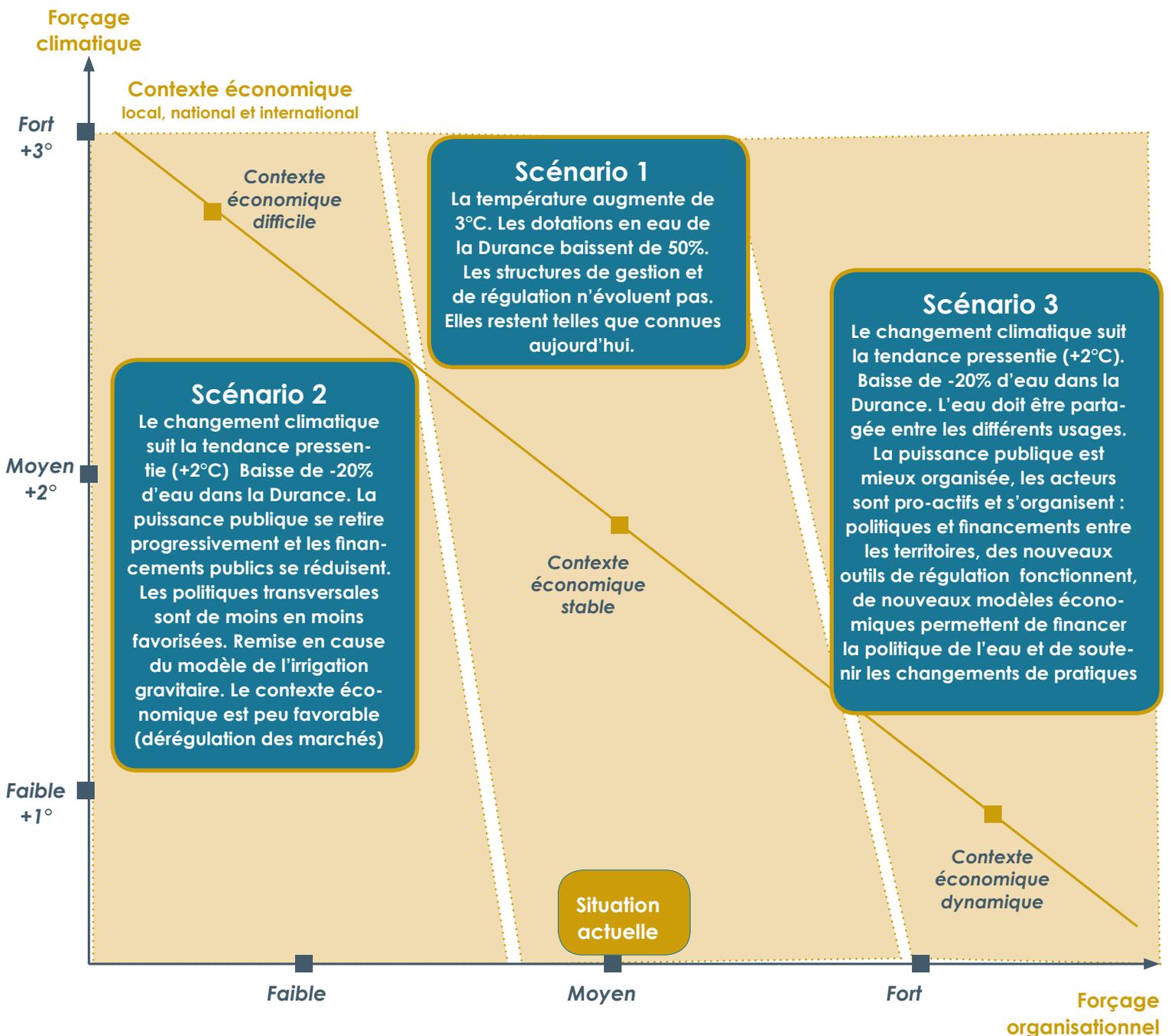
 Les **propositions de scénarios**  
et **contributions** sur les **conséquences induites**

En travaillant sur les différentes variables impactant la ressource en eau (le climat, le développement du territoire, les pratiques agricoles et la régulation des usages), les participants ont fait émerger des scénarios contrastés qu'ils ont, pour certains, qualifiés de tendanciel en jugeant que l'évolution suivrait la tendance actuelle, des scénarios qu'ils envisagent comme évolutifs avec une amélioration ou au contraire une dégradation de la situation. Des scénarios de rupture ont souvent été imaginés pour penser autrement le futur à l'horizon 2050.

Les scénarios ressortant de cette concertation s'inspirent de cette logique mais n'amènent pas à étudier un scénario tendanciel, un d'évolution et un de rupture. Ils reposent sur le croisement de ces trois trajectoires en

s'appuyant sur trois paramètres clés : le climat, l'économie et la gouvernance dans sa capacité d'organisation de la gestion des usages de l'eau à l'échelle de la Durance.

A noter que ces scénarios reflètent de manière non exhaustive le contenu des débats de la concertation du matin. Ce choix a permis d'interroger les acteurs sur les conséquences socio-économiques et environnementales. SINERGI ne se contentera pas de ces scénarios mais en étudiera d'autres afin de proposer un champ des possibles contrasté et étayé qui puisse aboutir à la définition d'une STRATÉGIE sur l'avenir de la gestion de la ressource en eau de la nappe de la Crau.



(gouvernance de l'eau, financements, place de la puissance publique (État, collectivités...))

# Quelles sont les conséquences socio-économiques et environnementales du scénario n°1?

## Scénario 1

La température augmente de 3°C, Les dotations en eau de la Durance baissent de 50%. Les structures de gestion et de régulation n'évoluent pas. Elles restent telles que connues aujourd'hui.

### Priorisation des usages donc conflits entre les usages et concurrence à l'intérieur d'un même usage

- Pour les participants, ce scénario générera certainement des conflits entre les grands usages (AEP, agriculture, hydroélectricité...) mais également avec le tourisme, par exemple sur le lac de Serre Ponçon qui souhaitera maintenir sa cote d'eau pour préserver les activités touristiques, ce qui, aux dires de participants, risquerait de générer des conflits avec l'agriculture à l'aval.
  - Certains participants estiment que l'usage agricole sera privilégié : on cherchera à conserver au maximum l'eau pour l'agriculture au détriment de la biodiversité.
  - Avec ce scénario, les participants craignent que des conflits soient exacerbés à l'intérieur des grands usages : entre les usages agricoles par exemple où il y aurait des plantes à protéger en priorité, à plus forte valeur ajoutée au détriment d'autres moins sensibles et économiquement moins prospères ; conflits également au sein de l'eau potable où la priorité pourrait être donnée à certains usages domestiques et pas à d'autres.
- Quoi qu'il en soit, ce scénario, sans évolution des structures de gestion et de régulation, est difficilement tenable pour les acteurs car des outils d'encadrement supplémentaires seront nécessaires pour gérer des conflits plus importants dans l'avenir.

### Réduction des surfaces de prairies irriguées

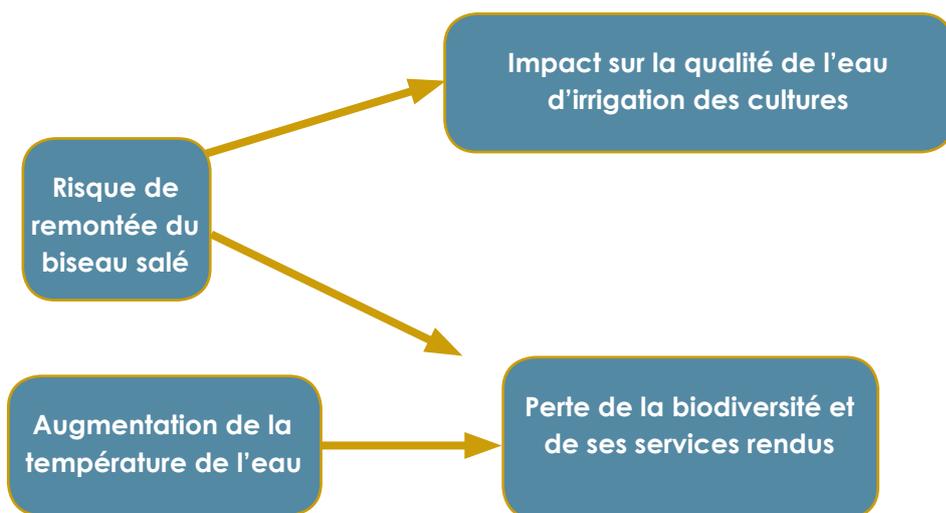
- Pour les acteurs, ce scénario engendrera forcément une réduction des surfaces de prairies irriguées. Certains estiment d'ailleurs qu'une baisse de 50% d'eau agricole réduira de moitié les surfaces des prairies. L'activité de foin de Crau ne pourra alors plus être viable et des baisses conséquentes seront ressenties sur l'alimentation de la nappe.
- Comme pour la gestion des conflits d'usages, des mécanismes de soutien seront alors nécessaires pour "sauver une partie de la recharge". Cela passera par des aides publiques à la profession agricole, par un grand plan de relance du foin de Crau comme cela se fait pour les amandiers ou en repensant d'autres solutions de recharge. Certains acteurs évoquent des aides financières possibles qui se profilent dans la prochaine PAC : aide supplémentaire pour handicap lié à un manque d'eau, notamment sur les territoires de montagne) mais reste à voir si cette aide pourrait s'appliquer sur la Crau.

### Réduction de l'alimentation de la nappe. Baisse de la disponibilité de l'eau pour les usages AEP

La réduction des dotations en eau pour l'agriculture aurait des conséquences sur la recharge de la nappe et donc l'alimentation en eau potable des 270 000 habitants buvant l'eau de la nappe. Plusieurs solutions sont imaginées par les acteurs pour pallier un éventuel déficit d'eau potable : prendre de l'eau de surface via les canaux pour sécuriser l'AEP. Cette solution reste cependant coûteuse en traitement (à l'inverse de l'eau de la nappe de très bonne qualité et nécessitant très peu de traitement). Cette solution générerait également des investissements importants pour relier les mas isolés au système collectif et reviendrait à utiliser du financement public pour assurer un service privé d'adduction en eau potable. Avec ce scénario, il sera indispensable de renforcer la sensibilisation des citoyens qui devront apprendre à vivre avec moins d'eau.

### Reconversion et diversification des cultures

Ce scénario aurait pour conséquence la nécessaire reconversion et diversification des cultures et notamment du foin de Crau vers d'autres activités agricoles plus adaptées à l'évolution du climat, au contexte économique et à la baisse des dotations en eau inéluctable.



Ce scénario n° 1 avec une forte augmentation de la température pourrait avoir des incidences sur le réchauffement des eaux et donc générer des problèmes de qualité du foin de Crau : des plantes envahissantes pourraient se développer, des blooms algueux colmateraient les ouvrages et en compliqueraient la gestion. Des problèmes sanitaires seraient alors générés (cyanobactérie). L'augmentation du temps de séjour dans les canaux impacterait la turbidité de l'eau et les dépôts de sédiments, même si les sédiments transportés peuvent jouer un rôle positif dans le colmatage des fuites des canaux et la fertilisation des terres agricoles (augmentation de la qualité agronomique des sols et donc baisse des apports d'engrais).

L'augmentation de la température impacterait la biodiversité et l'agriculture. Les services écosystémiques actuels risqueraient de disparaître. Les choix d'adaptation au changement climatique seraient alors réduits puisque les possibilités offertes par les écosystèmes se limiteraient progressivement : risque que les ravageurs arrivent et de manière plus répétée en l'absence d'une régulation par la biodiversité puisque les prédateurs des ravageurs disparaîtraient. Cela aurait alors des incidences sur le traitement des cultures qui serait renforcé par des produits phytosanitaires qui, à leur tour, fragiliseraient la biodiversité. Ce scénario engendrerait donc un véritable cercle vicieux de destruction de la biodiversité.

La perte de la biodiversité pourrait également être accélérée par le manque d'apport d'eau douce.

#### Augmentation de concentrations en polluants dans l'eau potable

Ce scénario pourrait avoir des conséquences sur l'eau potable car l'augmentation des concentrations en polluants dans l'eau nécessiterait des traitements importants et coûteux. Des captages AEP pourraient alors être abandonnés (comme cela a été le cas sur la commune d'Alleins).

La baisse de la profondeur de la nappe pourrait être favorable aux carrières qui pourraient exploiter plus profondément.

### Risque d'augmentation des demandes énergétiques et des consommations en eau

Ce scénario de réchauffement climatique risquerait d'augmenter les besoins en eau (boire davantage, alimenter les piscines...) et les demandes énergétiques (intensification de l'usage des climatisations). Les conflits d'usages pourraient être plus criants en été. De nouveaux modes énergétiques (photovoltaïque par exemple) pourraient alors se développer.

### Possibilité de classer la Crau en ZRE (Zone de Répartition des Eaux)

Pour les acteurs, avec ce scénario, l'aquifère pourrait être en déficit : les prélèvements devenant supérieurs à la capacité de recharge. Cette situation classerait alors la Crau en ZRE (Zone de Répartition des Eaux) car la Crau serait considérée comme territoire déficitaire en eau. Une étude de détermination des volumes prélevables (étude EVP) serait alors nécessaire pour évaluer les volumes pouvant être prélevés en fonction de la disponibilité du milieu. Les usages prioritaires seraient alors définis et des économies envisagées pour rétablir un fonctionnement équilibré de la ressource. Aujourd'hui la redevance de l'Agence de l'Eau est majorée pour les prélèvements collectifs en ZRE sauf pour les prélèvements individuels agricoles gérés par l'OU-GC qui restent au même taux. Cette redevance majorée se veut incitative et pousse à faire des efforts d'économie d'eau là où la ressource est rare. Cette redevance majorée permet aussi de soutenir les aides financières de l'Agence sur les territoires en ZRE.

## Conclusion / analyse du scénario n°1

Pour les participants, ce scénario où la température augmenterait de 3°C et où les dotations en eau de la Durance baisseraient de 50% sans qu'aucune régulation supplémentaire se mette en place générerait des impacts importants en termes d'usages actuels et futurs.

Pour les acteurs, ce scénario de rupture ou scénario extrême en terme climatique est probable mais ne tient pas si on conserve la gouvernance actuelle car des conflits d'usages plus nombreux devront être arbitrés. Les outils actuels de gouvernance restent donc insuffisants et ce scénario doit être davantage "outillé" en termes de gouvernance.

Si certains participants estiment que 50% de baisse de dotations réduira de 50% la surface des prairies, les effets réels sur la baisse de la nappe restent cependant difficiles à mesurer.

Certains participants suggèrent qu'un mécanisme de suivi puisse être mis en place pour anticiper et encadrer les risques de réduction des surfaces irriguées de foin de Crau.

Enfin même si les acteurs sont conscients que ce scénario amènera à devoir partager l'eau entre les usages, certains souhaitent que la priorité soit donnée à la culture du foin de Crau comme activité de recharge indispensable de la nappe, comme activité productive et de maintien des autres usages, comme activité créatrice de paysages... En d'autres mots comme activités de services rendus sur le territoire.

# Quelles sont les conséquences socio-économiques et environnementales du scénario n°2 ?

## Scénario 2

Le changement climatique suit la tendance pressentie (+2°C) Baisse de -20% d'eau dans la Durance. La puissance publique se retire progressivement et les financements publics se réduisent. Les politiques transversales sont de moins en moins favorisées. Remise en cause du modèle de l'irrigation gravitaire. Le contexte économique est peu favorable (dérégulation des marchés).

### Des crises plus régulières (récurrence des événements tous les 3 à 5 ans ?)

Les participants voient dans ce scénario une récurrence possible des crises sur la ressource en eau. Ils estiment qu'une régulation du protocole de gestion de crise devra être actée, en proposant par exemple une réduction des prélèvements de -12% au mois de juin pour redonner ensuite une autorisation à 100% au mois de juillet puis re-réduire à 12% au mois d'août.

### Fin de la solidarité entre les usages du fait de la priorisation de certains usages comme l'AEP

Ce scénario engendrerait une nécessaire priorisation de certains usages : on garderait l'eau pour l'alimentation des populations considérée comme usage prioritaire. La solidarité inter-usages disparaîtrait le long de l'axe durancien avec le risque que les "premiers arrivés soient les premiers servis".

### Modification des paysages, perte de la biodiversité générée par l'irrigation gravitaire

Risque d'artificialisation des sols si dérégulation de l'urbanisme sans prise en main par les pouvoirs publics

Baisse des rendements de l'agriculture avec moins de surfaces exploitées. Risque de réduction de 20 à 30% des surfaces de foin de Crau

Risque d'augmentation du prix de l'eau car surcoût pour la potabilisation de l'eau (en allant par exemple chercher plus profondément de l'eau dans la nappe...)

### Risque d'augmentation des forages dans la nappe

Les participants voient dans ce scénario un risque possible de réduction de l'eau dans les canaux et donc une multiplication des forages et donc une diminution des réserves en eau dans la nappe.

Effets positifs du retrait des pouvoirs publics : cela peut faire émerger des initiatives collectives des citoyens en faveur de la préservation de la ressource en eau

## Pour répondre à ce scénario, les acteurs proposent différentes pistes de solutions :

- Diversifier les ressources en allant chercher de l'eau en dehors du territoire.
- Faire des efforts d'économie d'eau sur certains usages (irrigation des espaces verts, récupération des eaux de pluie, réduction des fuites sur les réseaux...). Certains participants estiment que les techniques actuelles en agriculture/agronomie permettent déjà de réaliser des économies d'eau en gérant par exemple le bon dosage d'eau nécessaire à une plante grâce à des systèmes performants (par exemple le goutte à goutte enterré). Ils rappellent que sur 100% d'eau irriguant les prairies, seuls 20% sert à la plante. Certains participants évoquent même des pistes de recherche à envisager en tentant par exemple de faire pousser des plantes sans eau. Avec une dotation inférieure en eau, les systèmes d'aspersion pourraient être adaptés et encore plus efficaces pour la plante. Les participants notent qu'aujourd'hui pour des questions de réduction de coûts de main d'oeuvre, certains agriculteurs ont demandé à réfléchir à des systèmes par aspersion.
- Des techniques alternatives nouvelles pourraient également être mises en place : fermes urbaines, permaculture, autonomie des maisons...
- Enfin ce scénario est possible seulement si on met en place une régulation des canaux pour gagner en efficacité.

## Conclusion / analyse du scénario n°2

Ce scénario dans lequel la puissance publique serait faible (baisse des moyens financiers des collectivités, tensions sur les financements de l'eau...) et le territoire soumis à un changement climatique "modéré à fort" (augmentation de la température de 2°) aurait pour conséquence une baisse de 20% d'eau en moins. Cela pourrait entraîner une diminution voire un possible arrêt de l'irrigation gravitaire et des tensions fortes sur les usages ; la solidarité de l'eau serait alors inopérante : les premiers arrivés seraient les premiers servis et la Crau, à l'aval du système, serait le grand perdant. Des tensions généralisées pourraient avoir lieu sur le bassin de la Durance. Les décisions prises à grande échelle par l'État ne permettraient pas de prendre en compte la spécificité de la Crau en matière d'irrigation gravitaire et son rôle joué dans la recharge de la nappe. Le modèle actuel serait alors remis en question.

- Ce scénario permet de se projeter sur des futurs possibles. Cependant pour faire de la prospective, il est parfois nécessaire de repartir de l'historique et de comprendre le système en place. Sur la Crau, l'approvisionnement en eau a été sécurisé et la dotation en eau maximisée depuis la création de la retenue de Serre Ponçon. Des scénarios pourraient être étudiés en réinterrogeant ces acquis : comment par exemple gérait-on l'eau avant avec des dotations non constantes (c'est d'ailleurs de ce constat que les dotations ont été sécurisées), quels secteurs n'étaient pas irrigués et le sont devenus comme par exemple ceux sur Arles "récemment" irrigués (depuis 40 ans) ? Depuis la sécurisation des dotations, un nouveau système s'est organisé : nouveaux usages, création de biodiversité... et c'est finalement depuis la création de ce nouveau système qu'on étudie une baisse des dotations.

- Ce scénario médian ne vise pas une réduction de 100% des dotations et ne peut donc pas laisser présager qu'il n'y ait plus d'eau dans la nappe. Certains participants se demandent d'ailleurs si ne pas avoir d'eau pour l'irrigation empêcherait totalement d'alimenter la nappe. Quelles pourraient alors être les autres sources d'alimentation (eau de pluie ? Autres ?).

- Ce scénario amène à repenser l'irrigation gravitaire et ses conséquences induites pour

l'agriculture et la recharge de la nappe.

- la culture du foin de Crau devra se dimensionner sur la gestion de crise : s'organiser sur les volumes disponibles alloués par les nouvelles dotations, se recentrer sur son périmètre historique....

- les parcelles pourraient se diversifier et se transformer avec un retour vers des milieux naturels ? ou d'autres usages agricoles voire de l'urbanisation (étalement urbain) ?

- Changement des pratiques : se tourner vers des cultures plus adaptées (vignes, grenade, rotation agricole...) avec des systèmes d'irrigation plus efficaces.

- Risque d'augmentation des forages agricoles (déclarés ou non) et donc des prélèvements dans la nappe. La baisse de l'interventionnisme public amènerait à ne plus disposer de l'OUGC et donc à déréguler la politique actuelle d'encadrement des forages agricoles.

- Ce scénario aurait également des impacts pour tous les usages :

- risque de pompage dans les champs captants AEP qui auraient des difficultés pour produire. Nécessité alors de créer des champs captants plus profonds, ce qui générerait des coûts plus importants et donc une augmentation du prix de l'eau.

- Risque de pénurie temporaire avec des restrictions.

- Les mentalités sociales sont en évolution et des solutions alternatives sont possibles pour gérer ce scénario : produire autrement avec moins d'eau, économiser l'eau, diversifier les sources d'approvisionnement en allant chercher l'eau ailleurs...

Ce scénario impliquerait de prioriser les usages de l'eau. Les participants s'interrogent alors sur la priorité de l'usage agricole. Même si le foin de Crau est jugé d'intérêt économique, peut-on lui donner la priorité d'usages ?

Par ailleurs concernant les usages industriels futurs et leurs besoins en eau, ces derniers sont difficiles à évaluer. Pourront-ils être envisagés comme un enjeu important dans les 30 prochaines années ? Le territoire de la Crau va-t-il poursuivre son développement économique en attirant de nouvelles entreprises et industries demandeuses d'eau ? Si la puissance publique est faible, des activités économiques multiples ne risqueraient-elles pas de se développer sans encadrement ni régulation pour la préservation de la ressource en eau ? Les scénarios futurs devront donc intégrer les usages industriels de l'eau.

# Comment s'organiser pour gérer le scénario n°3 ?

## Scénario 3

Le changement climatique suit la tendance pressentie (+2°C). Baisse de -20% d'eau dans la Durance. L'eau doit être partagée entre les différents usages. La puissance publique est mieux organisée, les acteurs sont pro-actifs et s'organisent : politiques et financements entre les territoires, de nouveaux outils de régulation fonctionnent, de nouveaux modèles économiques permettent de financer la politique de l'eau et de soutenir les changements de pratiques

## Comment se traduirait une puissance publique "mieux organisée" ?

- Par une **prise de conscience** des collectivités de l'**importance de la filière du foin de Crau**.
- Par une **reconnaissance des aménités des canaux** : les collectivités doivent devenir financeurs des infrastructures de transferts d'eau et de l'entretien de ces canaux, doivent moderniser les canaux pour qu'ils soient plus performants et qu'aucune prise d'eau ne soit abandonnée. Les collectivités doivent devenir propriétaires / gestionnaires des canaux.
- Par une **meilleure implication / participation des établissements publics de coopération intercommunale** (EPCI tels que les communautés de communes, communautés d'agglomération...) dans la gestion de l'eau.
- Ce scénario passe par une gouvernance locale plus adaptée pour qu'elle soit représentée dans les instances duranciennes : structuration / fédération des différents usagers de l'eau pour une représentation plus forte hors du territoire de la Crau.
- Dans ce scénario, la gouvernance de la nappe se pense donc de manière trans-territoriale à travers la représentation de tous les usages mais également en s'appuyant sur des outils de type SAGE (exemple du SAGE de la Durance qui se met en place..) avec une instance de concertation inter-territoriale et supra-territoriale pour donner de la cohérence.
- Par une démarche pro-active des territoires qui se "prendraient en main" localement.

## Comment développer de nouveaux modèles économiques pour financer la politique de l'eau ?

Les participants sont conscients qu'avec ce scénario, de nouveaux modèles de financements de l'eau seront nécessaires pour gérer de manière efficiente et solidaire une baisse de la ressource en eau sur tout le territoire durancien.

Ils proposent différentes solutions pour y répondre :

- Développer par les ASA des microcentrales hydro-électriques.
- Intégrer les EPCI et leur capacité à mobiliser de nouveaux financements notamment à travers l'exemple de la taxe GEMAPI dans l'idée d'une fiscalisation de l'usage de l'eau.
- Réfléchir à la possibilité de fiscaliser la valeur ajoutée économique générée par l'usage de l'eau pour certaines entreprises. Par exemple sur la Durance : la valeur ajoutée économique générée par l'eau représente 1.5 milliards d'euros. Ces entreprises soutiendraient financièrement la gestion de l'eau puisque l'utilisation de l'eau constitue leur outil de travail économique.

Les participants émettent cependant des réserves sur la fiscalisation des activités économiques, estimant qu'il faudrait un courage politique fort et solidaire pour la mettre en place.

- Instaurer une sur-redevance liée à certaines activités ; redevance perçue par l'Agence et reversée aux opérateurs locaux pour conduire localement des actions en faveur de la ressource en eau. Cette gestion solidaire de l'eau permettrait de financer des investissements comme cela a été le cas sur la nappe de la Gironde.
- Mettre en place une tarification différenciée de l'eau selon l'éloignement des réseaux et selon la consommation en eau.
- S'appuyer sur le financement de la compensation agricole pour financer des transferts d'eau à l'intérieur du périmètre de la nappe de Crau et éviter ainsi des conflits d'usages sur des secteurs peu productifs de la nappe. Par ailleurs, pour certains participants, au lieu de compenser la perte d'espace agricole par du terrain ailleurs, il serait plus opportun d'instaurer une compensation financière.
- Mettre en place une redevance pour service rendu par les canaux.

## Conclusion / analyse des 3 scénarios :

Ce scénario mais également les deux précédents montrent l'importance accordée à la puissance publique dans la gestion de l'eau, notamment dans une optique de réchauffement climatique et donc de baisse de la ressource en eau disponible pour tous les usages. Dans tous les scénarios, la "dé-régulation" c'est-à-dire l'absence d'encadrement public de l'eau est vécu comme un risque pour la nappe et ses usages car elle augmenterait les conflits d'usages, rendrait ce bien commun beaucoup plus cher (la rareté de l'eau augmentant de fait le prix de l'eau).

Quelque soit le scénario étudié, les participants y voient souvent des conséquences similaires. Les nuances entre les différents scénarios sont donc difficilement appréhendables peut-être par manque d'évaluation chiffrée, précise et graduelle des impacts réels. L'étude SINERGI permettra donc d'apporter des données objectives pour mieux appréhender les différents scénarios possibles et ses effets sur la ressource en eau et les usages associés. A partir de ces données chiffrées, les acteurs pourront ainsi définir ensemble des mesures adaptées qu'ils ont d'ailleurs déjà préfigurées au cours de cette concertation.

Dans les 3 scénarios étudiés, les participants ont en effet souligné la nécessité de s'adapter en proposant des solutions techniques, financières, organisationnelles...

Les acteurs insistent, nous l'avons vu, sur l'importance de l'organisation collective de l'eau avec des financements nouveaux ou diversifiés. Cette organisation permettra de gérer une baisse d'eau inéluctable du fait du changement climatique (économie, modernisation des réseaux / canaux) mais ces moyens suffiront-ils ?

La question de la "marchandisation" de l'eau n'a pas réellement été posée dans cette concertation : disposer de moyens financiers supplémentaires signifie-t-il envisager d'acheter de l'eau de Durance ou d'ailleurs, de pouvoir la payer au prix fort, au risque de fragiliser des territoires voisins ou lointains moins solides financièrement ? Vouloir être plus fort économiquement et localement comme le suggère des participants, c'est une force pour négocier, pour affirmer la spécificité du territoire mais un encadrement général à l'échelle de la Durance (et nationale ?) reste nécessaire et à définir. Car derrière le terme de puissance publique évoquée dans ces scénarios, tous le monde n'y met pas la même définition : est-ce un pouvoir étatique fort que l'on souhaite ? Une meilleure implication et organisation des collectivités locales ? Une prise en main citoyenne ?



# Pour aller plus loin...

## Comment les propositions de la concertation pourront être reprises dans Sinergi

Le SYMCRAU engage avec SINERGI une démarche prospective pour étudier les conséquences des évolutions climatiques, socio-économiques et réglementaires sur les usages et les services environnementaux de la nappe. La journée de concertation a permis de consulter les acteurs du territoire sur les scénarios qu'ils seraient pertinents d'étudier à l'horizon 2050. L'objectif est d'obtenir une grille de scénarios reflétant les connaissances des acteurs du territoire dans les différentes disciplines et de répondre à leurs besoins d'anticipation.

Le modèle MHYCRAU sera mobilisé pour tester un certain nombre de variables directement liées aux scénarios proposés. Ces variables sont :

- les volumes d'eau prélevés pour les différents usages (en fonction de l'évolution de la population, des modes de production agricole, etc...)
- la recharge de la nappe en fonction de la disponibilité pour l'irrigation gravitaire (liée à la disponibilité de l'eau en Durance et à son partage)
- le climat (notamment en termes de pluies et d'évapotranspiration)
- l'occupation des sols (par exemple l'étalement urbain impactant les surfaces de recharge)

Les résultats du modèle porteront sur des indicateurs reflétant l'état de la nappe et la capacité à satisfaire aux besoins d'accès à la ressource pour les usages et l'alimentation des écosystèmes qui en sont dépendants.

SINERGI apportera ainsi une analyse objective des conséquences potentielles sur la ressource en eau. Ces résultats permettront de sensibiliser les décideurs sur l'impact des actes pris aujourd'hui sur l'avenir du territoire et d'anticiper les problèmes qui pourraient se présenter dans le futur.

# Notes personnelles

---

A series of horizontal dotted lines for taking notes, with a diagonal line on the left side of each line.

15 horizontal lines for notes, each with a dashed line and a solid line, and a diagonal line on the left side.

Document réalisé en avril 2019 par :



en assistance à maître d'ouvrage  
(communication et concertation)  
dans l'étude SINERGI

Opération inscrite au



Maîtrise d'ouvrage :



Avec le soutien technique et financier :



208



## **11 ANNEXE 10 - FICHES DE SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ANALYSE PROSPECTIVES A L'HORIZON 2050**

## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058

### SCENARIO 1 – ETAT DE REFERENCE HORIZON 2050

#### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Scénario climatique A1B 2053-2058 (jusqu'à +4°C en été)

Occupation des sols

Observation 2016

Conditions de recharge

Dotation pour l'irrigation 100%

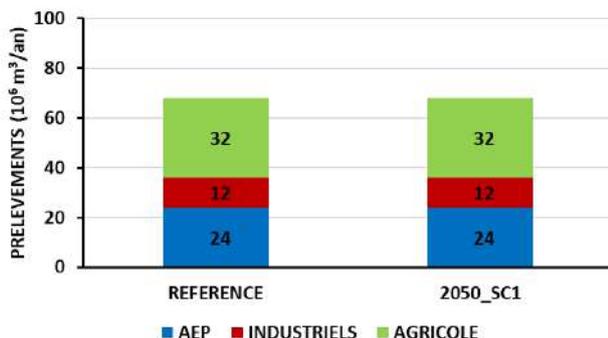
Condition de prélèvements

Prélèvements agricoles estimés 2013-2058

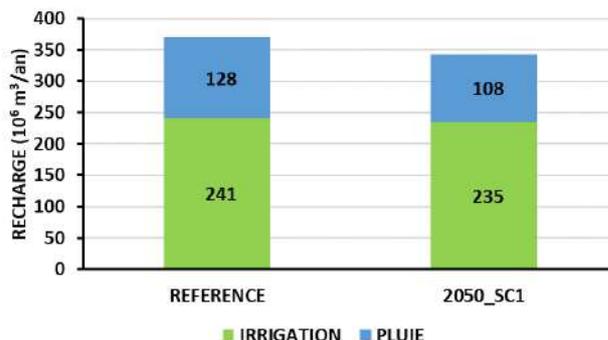
Condition de référence

REFERENCE 2013-2018

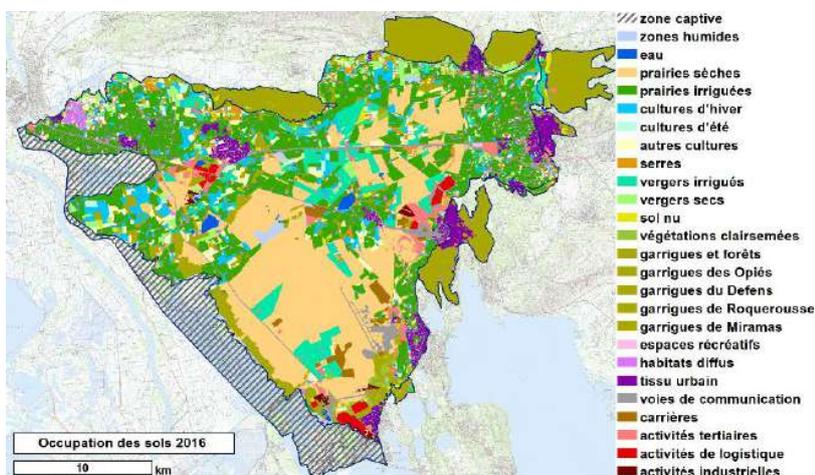
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



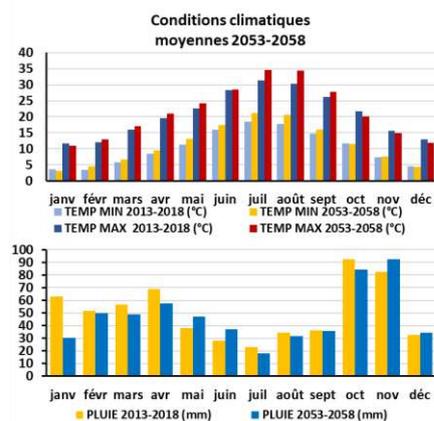
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Les conditions climatiques en 2050 indiquent une augmentation moyenne des températures par rapport à la période 2013-2018 d'environ 1°C (tableau), avec des disparités saisonnières marquées : augmentation des températures estivales d'environ 4°C et baisse des températures en automne – hiver de l'ordre de 1°C. La pluviométrie sera sensiblement plus faible passant de 607 mm/an à 567 mm/an.

Le bilan hydrologique montre une augmentation sensible de l'irrigation et des précipitations plus faibles en 2050. Les conditions climatiques en 2050 augmentent l'évapotranspiration et la recharge totale baisse d'environ 26 millions de m<sup>3</sup>/an.

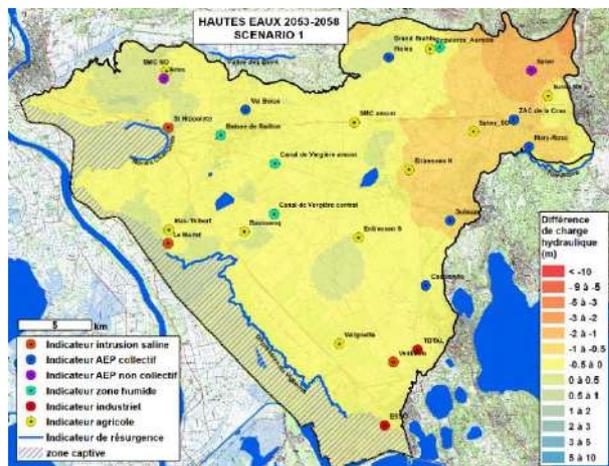
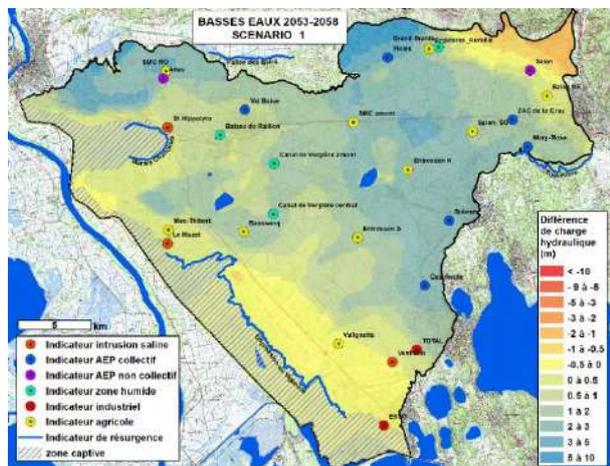
Les chroniques piézométriques indiquent que les charges hydrauliques à l'horizon 2010 et 2050 sont proches, avec des niveaux sensiblement plus bas en 2050. Les catégories d'indicateurs « zones humides » et « agricoles » sont également dégradés, basculant en état de tension « faible » en 2057, après deux années 2056 et 2057 particulièrement sèches (pluviométrie annuelle de respectivement 359 et 404 mm).

**En considérant une occupation des sols, des conditions d'irrigation et des prélèvements inchangées par rapport à l'actuel, l'état de la nappe à l'horizon 2050 serait ainsi relativement proche de l'état prévalents à l'horizon 2010. Des années particulièrement sèches peuvent mettre les usages agricoles et la fonction d'alimentation des milieux sous tension « faible ».**

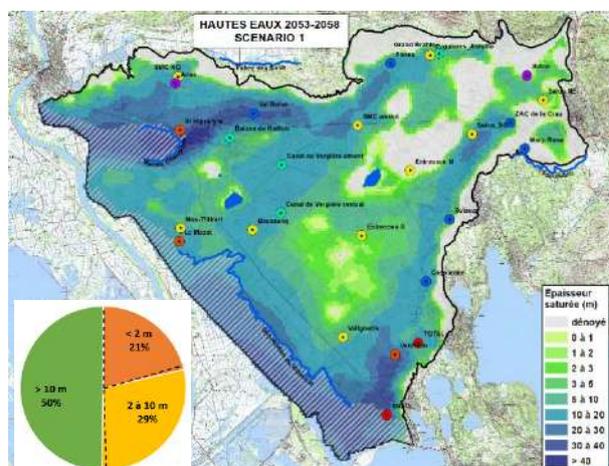
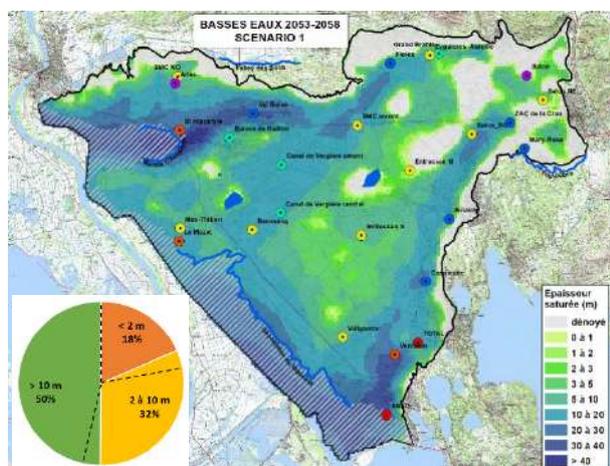
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

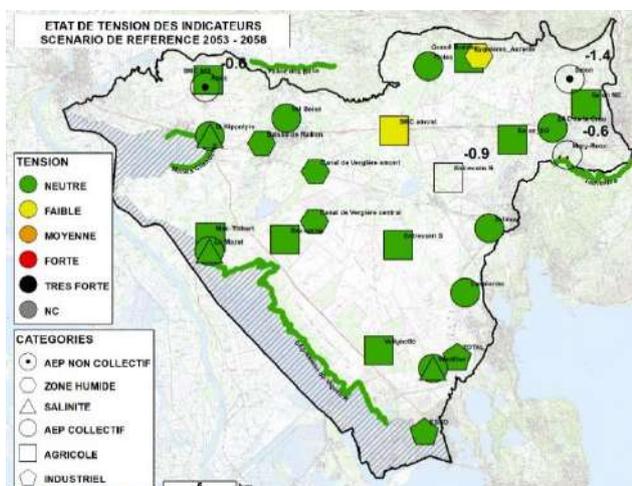


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (février 2016 / septembre 2018)

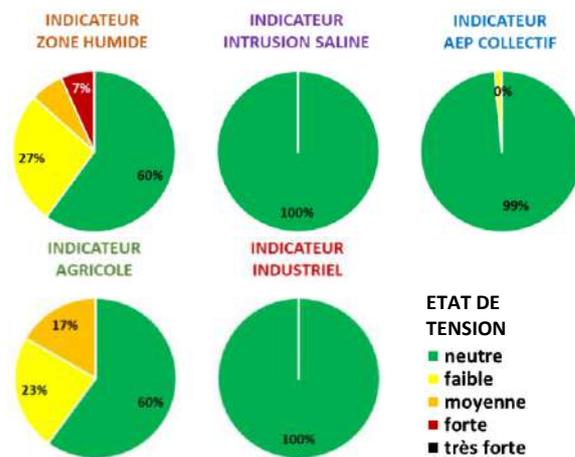


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateurs

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VERGIERE CENTRAL																											
VERGIERE AMONT																											
BAISSE DU RAILLON																											
GRD BRAHIS																											
MARAIS CHANOINES																											
VALLE DES BAUX																											
TOULOUBRE																											
DEPRESSION VIGUEIRA																											

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

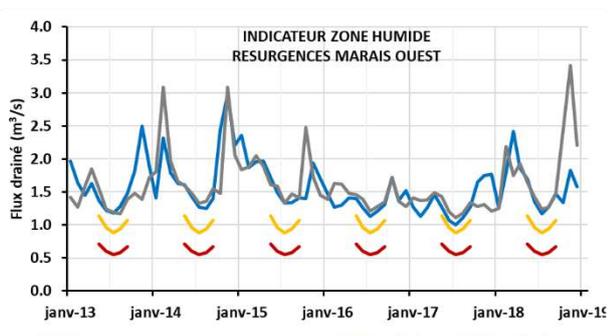
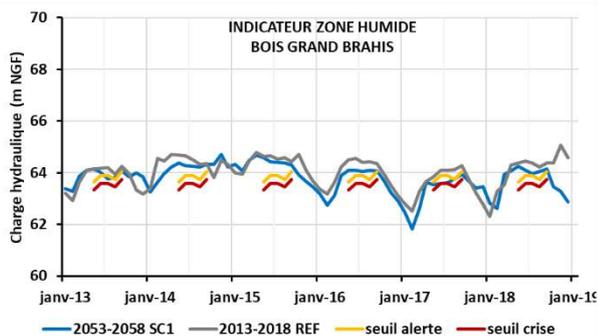
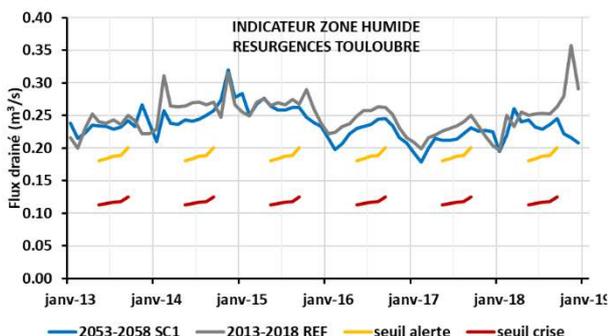
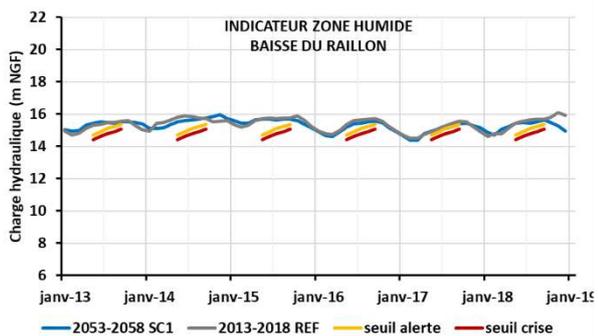
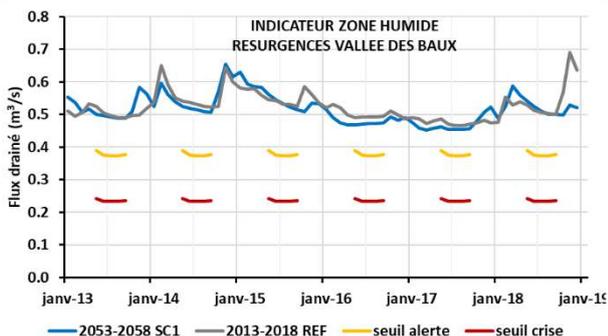
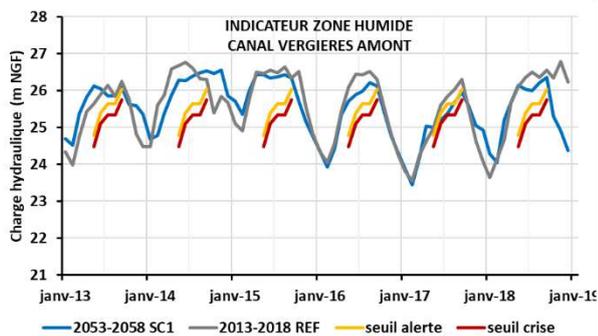
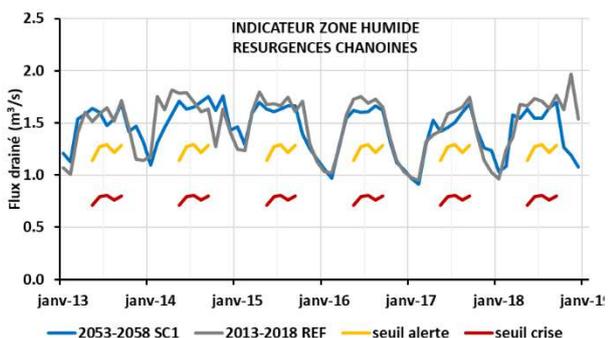
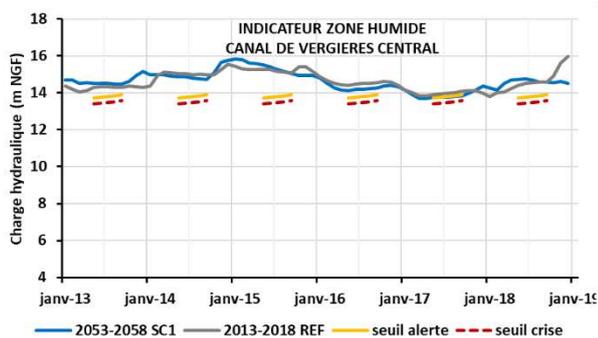
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUE																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

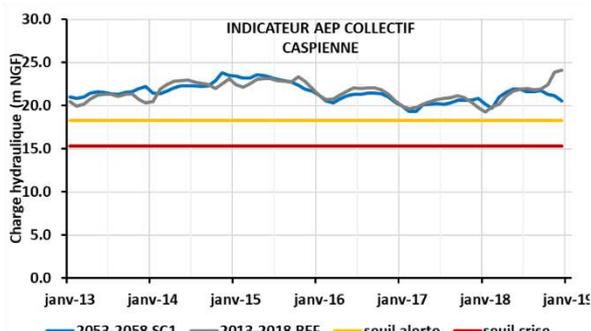
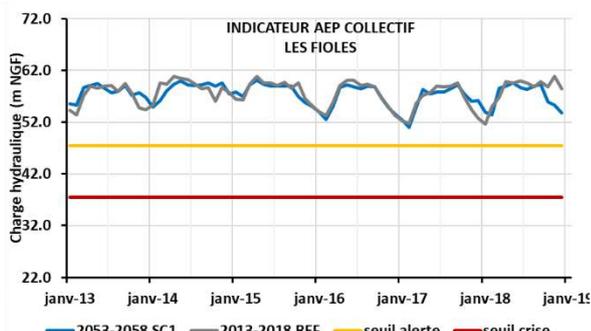
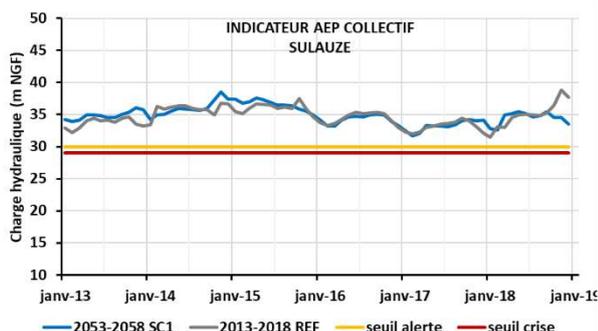
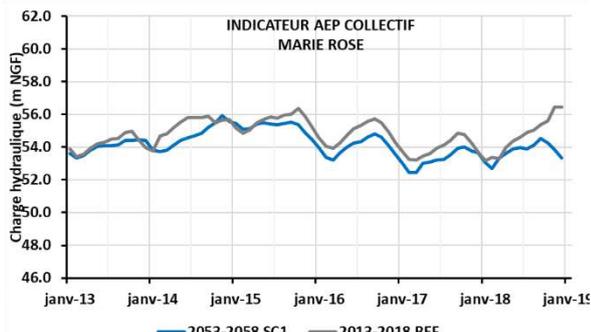
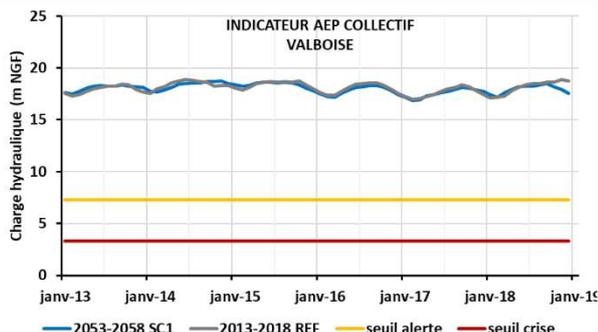
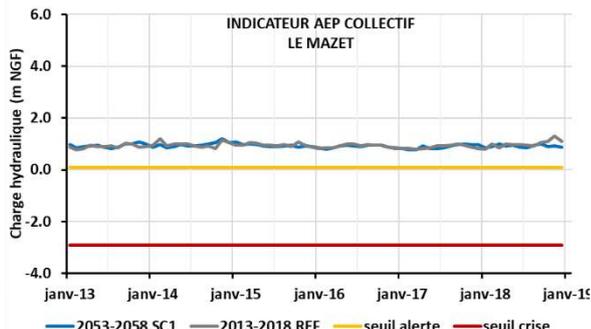
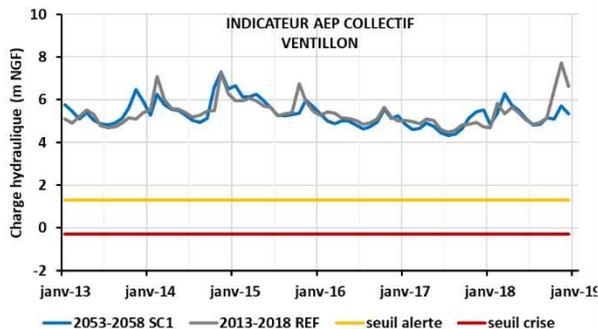
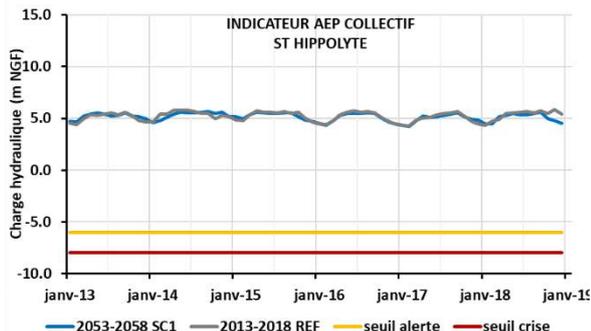
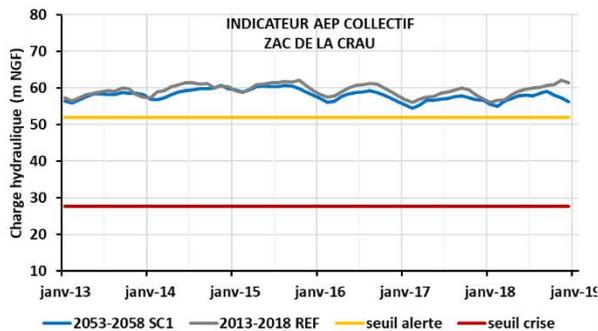
INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																													CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

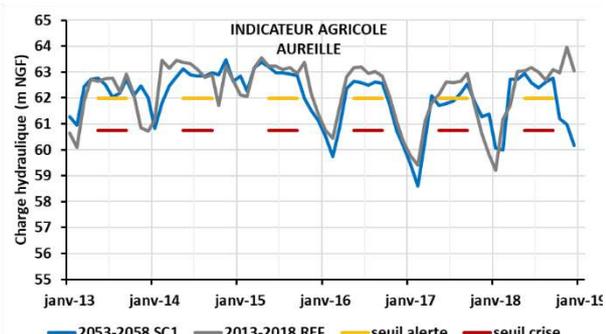
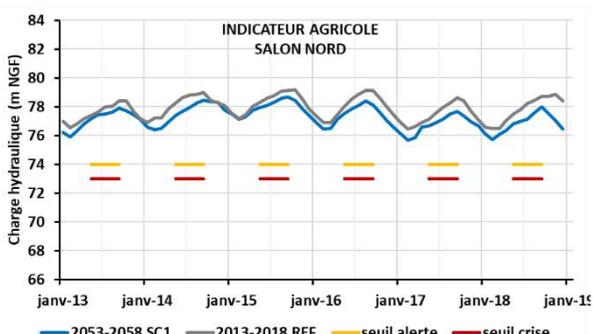
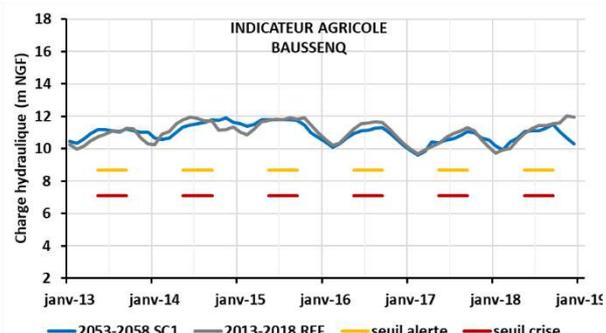
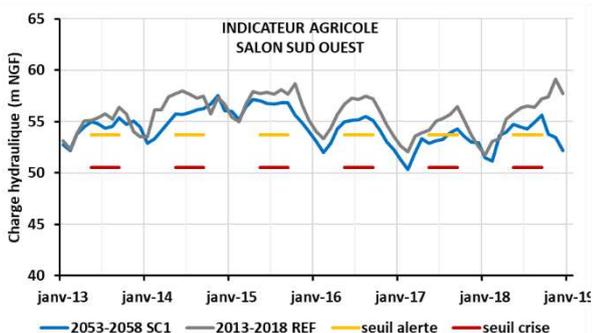
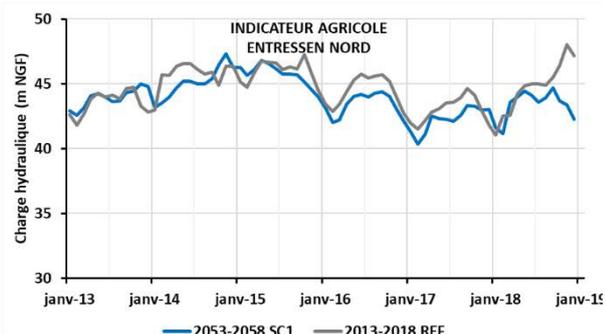
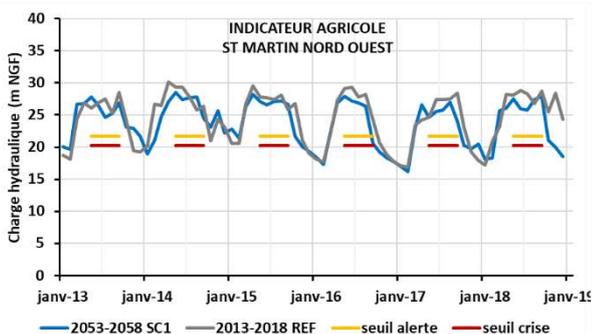
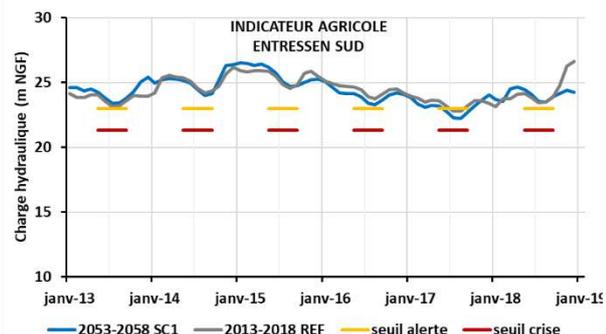
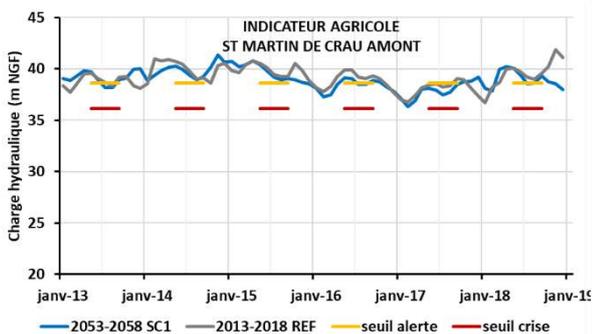
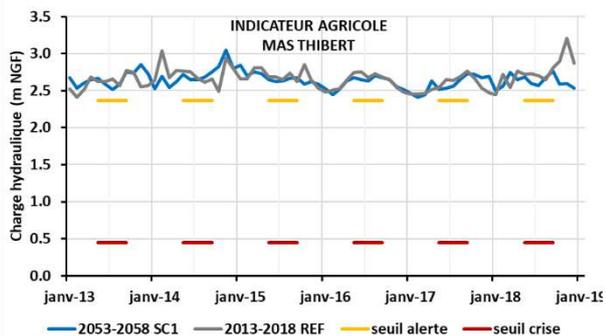
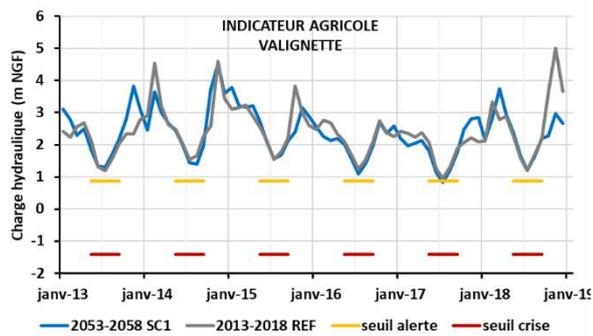
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



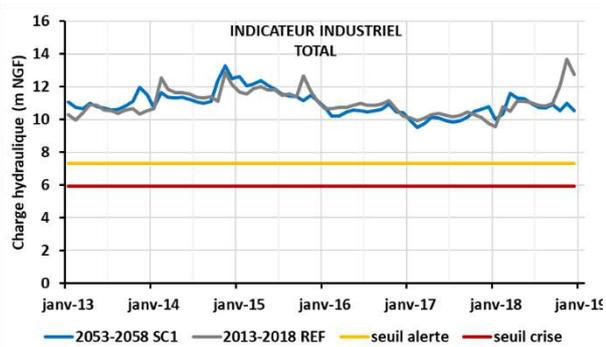
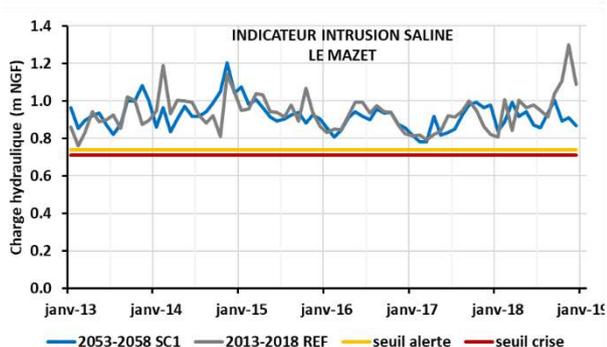
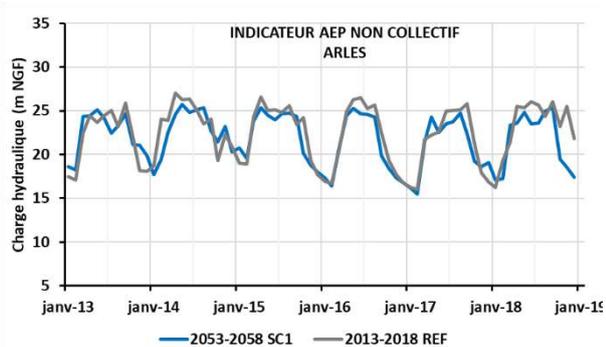
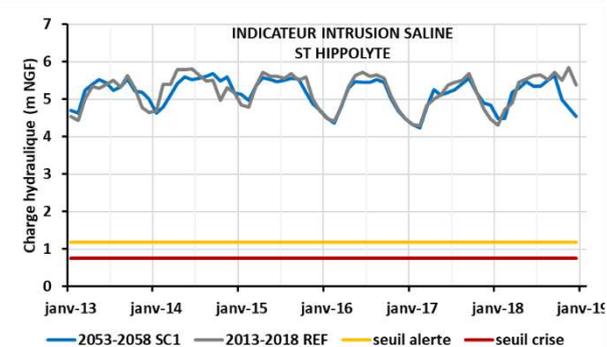
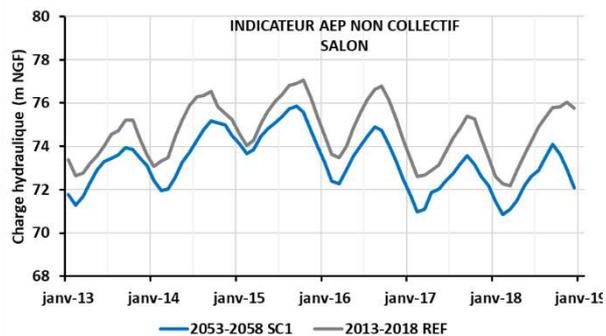
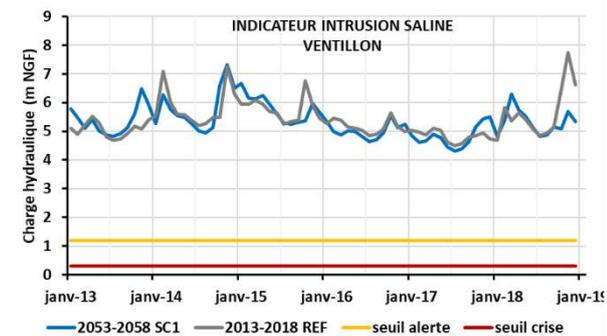
**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF**



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058 SCENARIO 2 – ETALEMENT URBAIN HORIZON 2050

### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Occupation des sols

Conditions de recharge

Condition de prélèvements

Condition de référence

**Scénario climatique A1B 2053-2058**

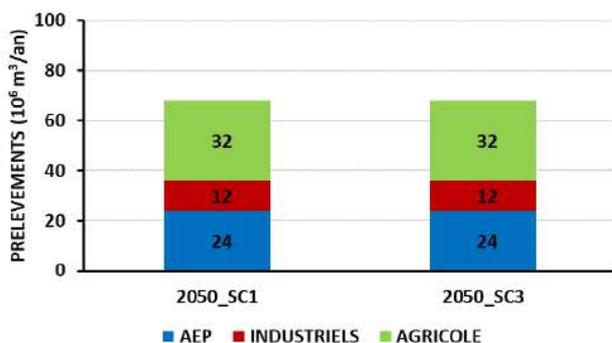
**Urbanisation autour des villes (+2800 ha) conduisant à une disparition de 10% des prairies irriguées**

Dotation pour l'irrigation 100%

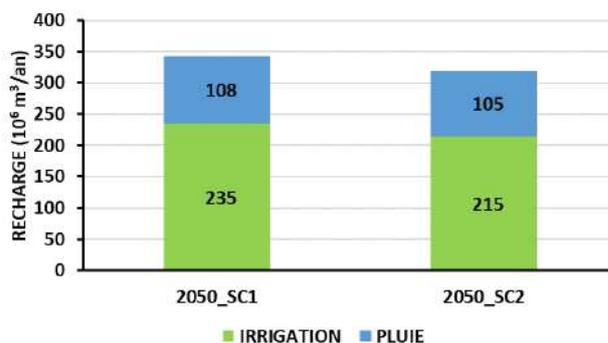
Prélèvements agricoles estimés 2013-2058

Etat de référence à l'horizon 2050 (scénario 1 2053-2058)

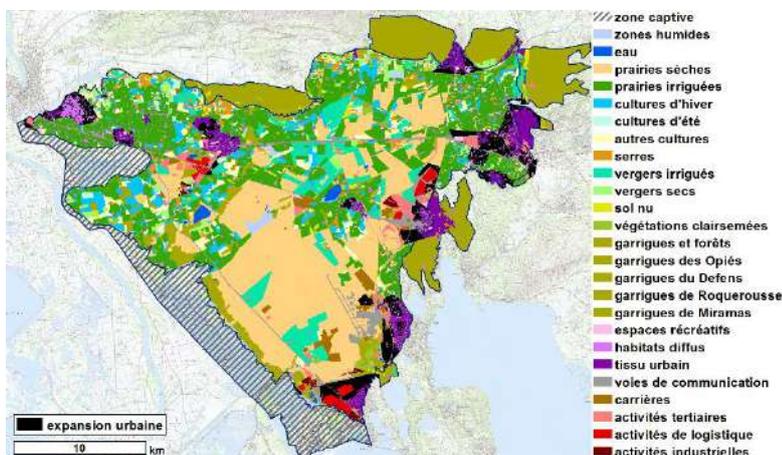
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



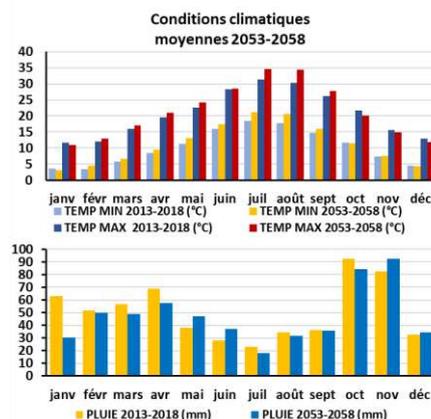
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS 2053-2058**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'un étalement urbain sur 2800 ha, conduisant à la disparition de 10% des prairies (1300 ha). Le déficit de recharge en 2016 se creuse (320 Hm3 contre 343 Hm3) avec la baisse des surfaces irriguées.

La piézométrie est en baisse sur l'ensemble de la nappe (-0.5 m), de manière plus marquée dans le sillon de Miramas (- 2m) et en particulier dans le secteur de Salon de Provence (-4 m), que ce soit en période de basses eaux, qu'en période de hautes eaux.

En période de basses eaux, 21% (+3%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieur à 2 m, tandis que cette surface représente à 25% (+4%) en période de hautes eaux.

Des tensions « faibles » apparaissent pour l'ensemble des indicateurs piézométriques « zones humides » et également sur l'indicateur de flux « Dépression du Viguiet » pour l'année 2017. L'indicateur « Touloubre » sous état de tension « faible » permanente est en tension « moyenne ». L'indicateur zone humide « Grand Brahis » bascule en tension forte en 2017.

Près de la moitié des indicateurs « agricoles » présente des état de tesnion « faible » au cours des années les plus sèches (2013, 2016 et 2017), classant cette catégorie en état de tension « moyenne ».

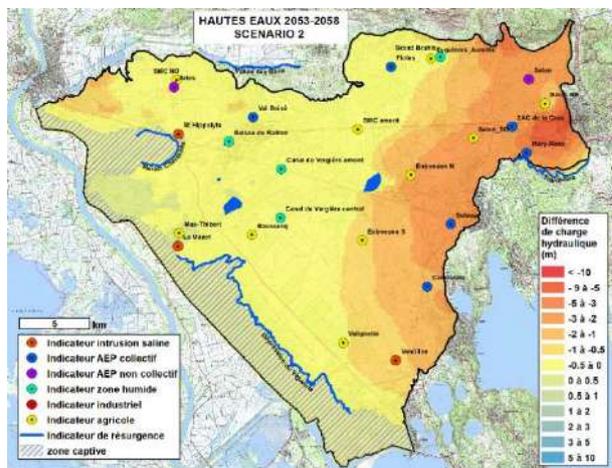
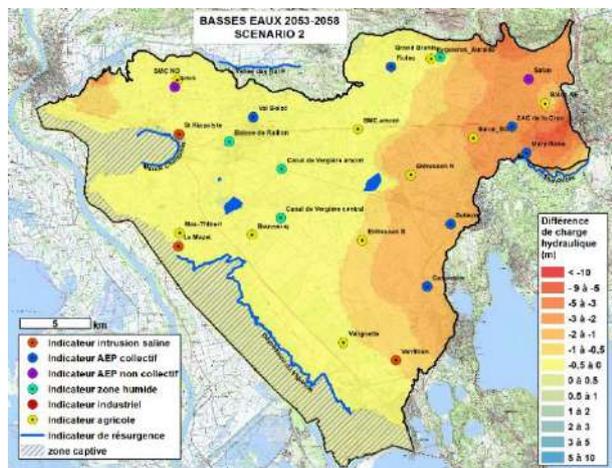
Les indicateurs « AEP collectif » sont légèrement dégradés, avec des tensions « faibles » apparaissant en 2017 pour les captages de « Sulauze » et de « Caspienne ».

**Le scénario 2 montre que l'étalement urbain a un impact pouvant être qualifié de « moyen » sur les usages et les fonctions écologique de la ressource.**

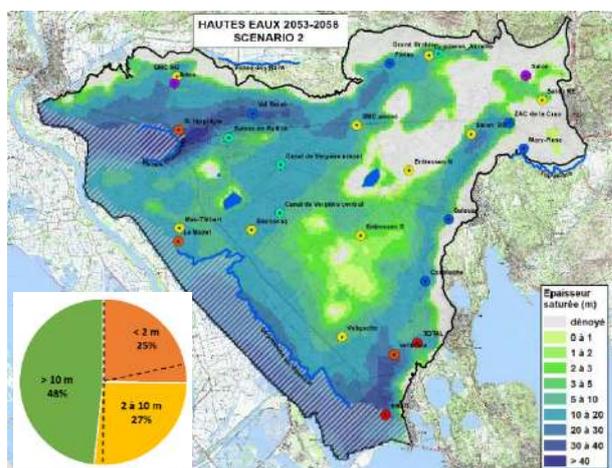
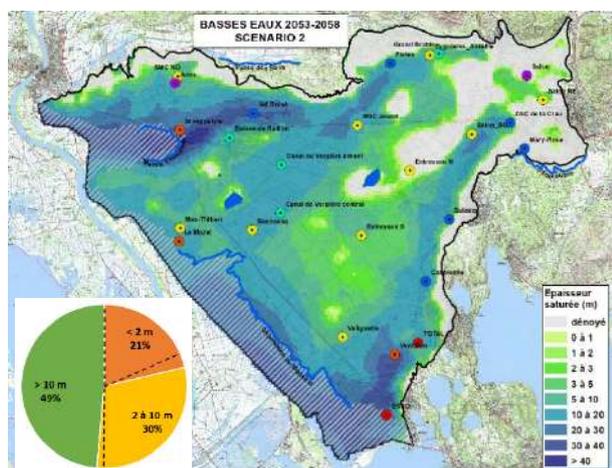
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

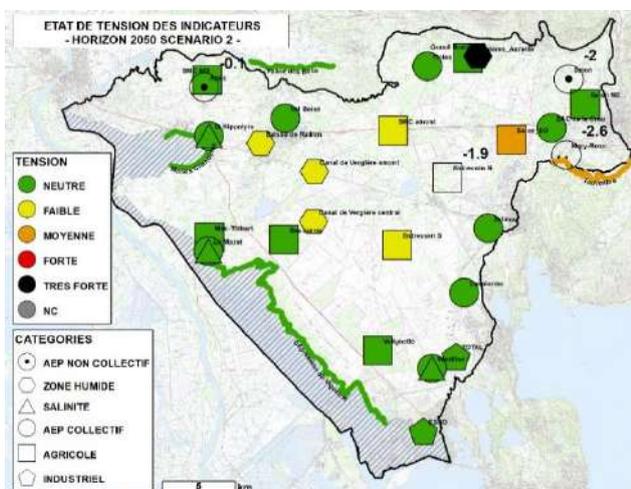


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (scénario 1 2053 -2058)

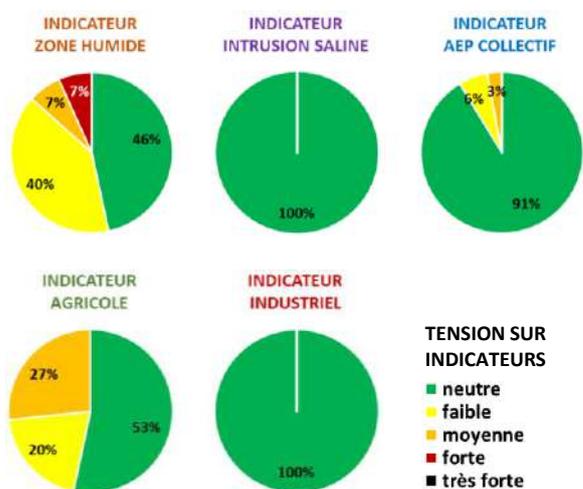


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAIS CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRAT																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

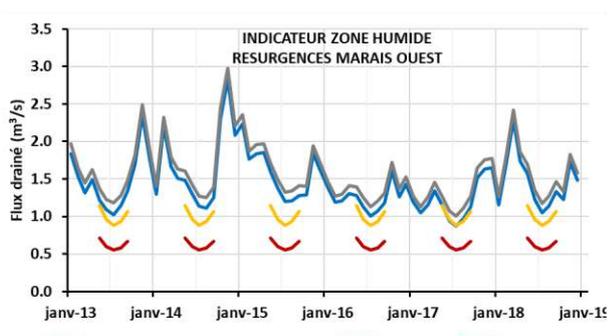
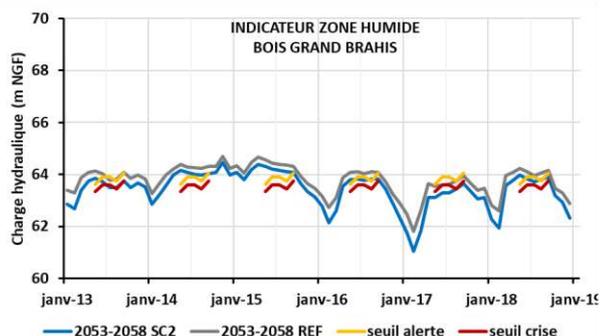
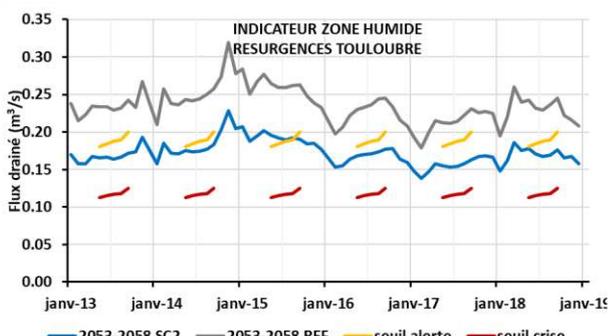
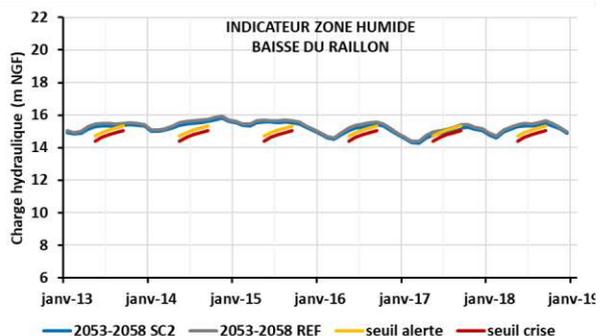
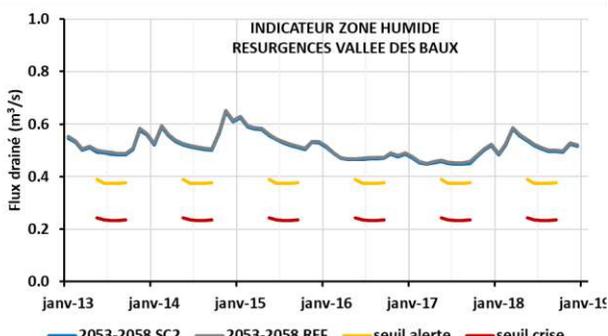
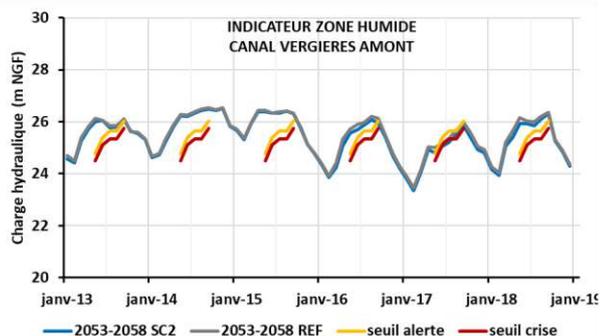
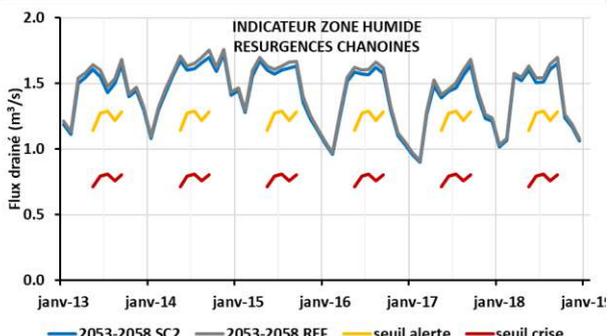
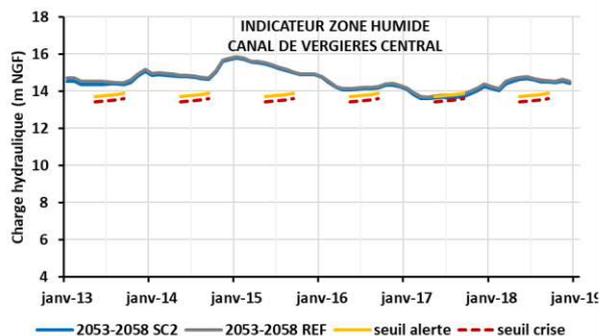
INDICATEURS SALINITE																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS AEP COLLECTIF																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

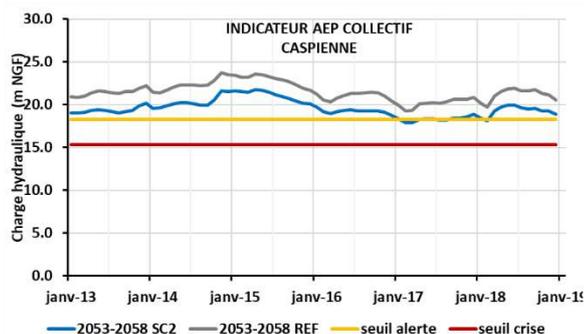
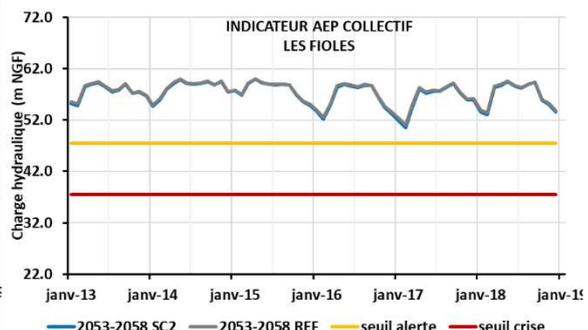
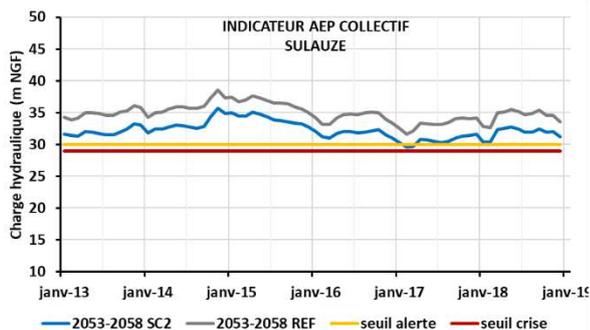
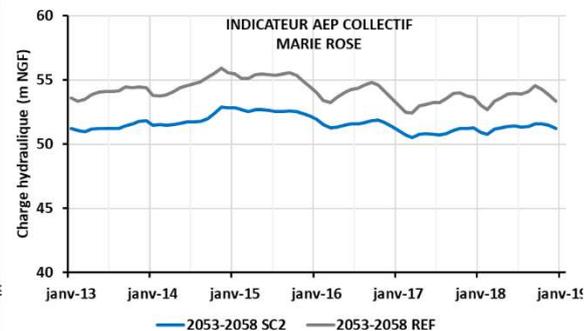
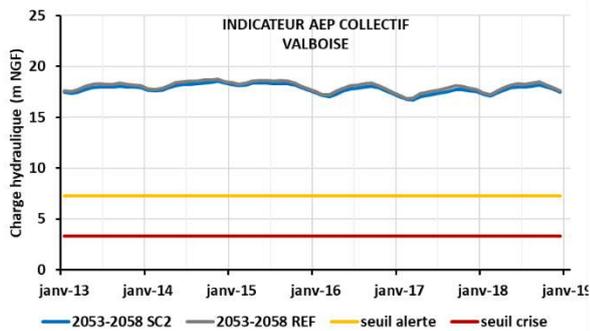
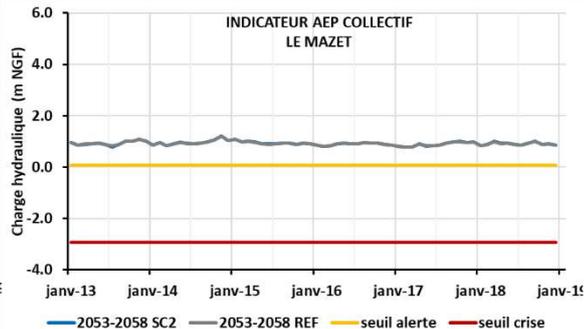
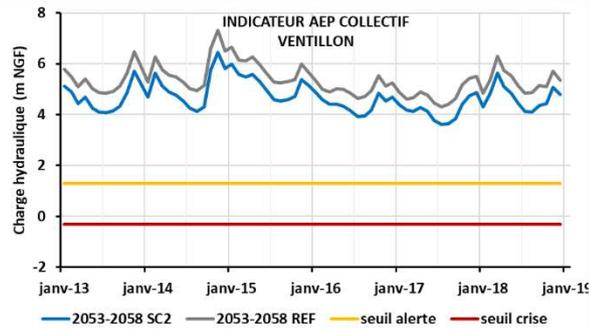
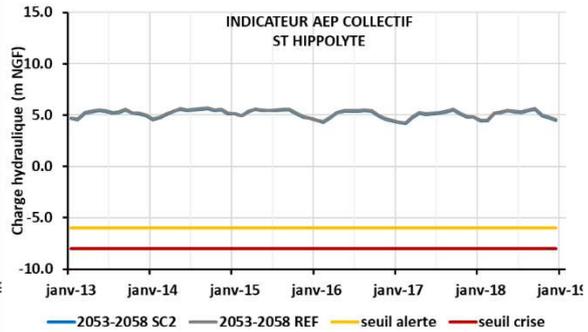
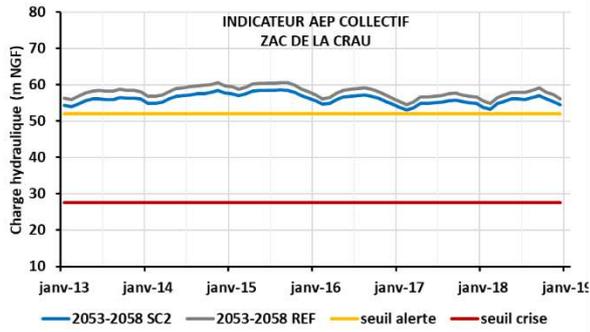
INDICATEURS AGRICOLES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUEST																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS INDUSTRIELS																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

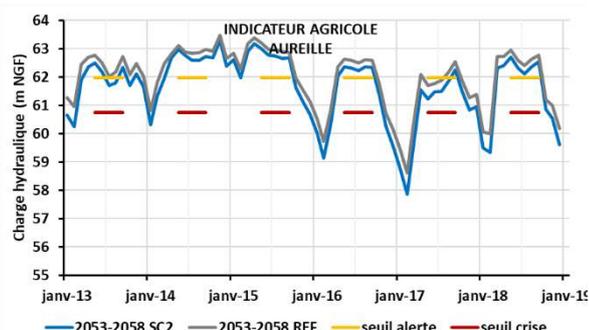
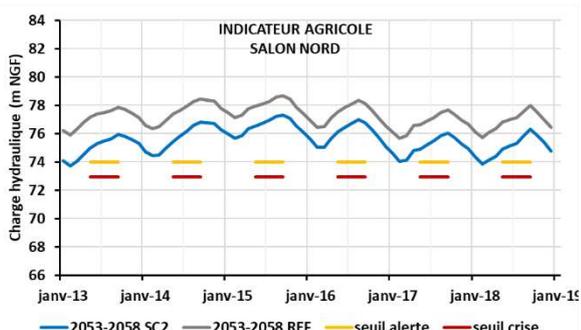
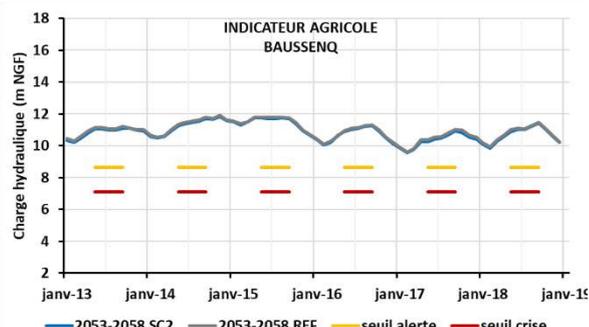
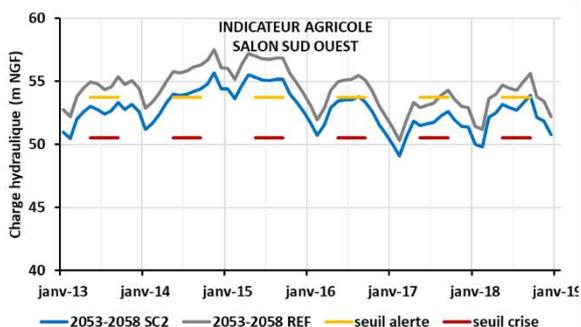
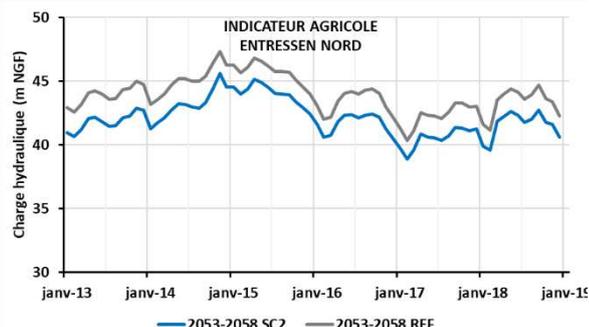
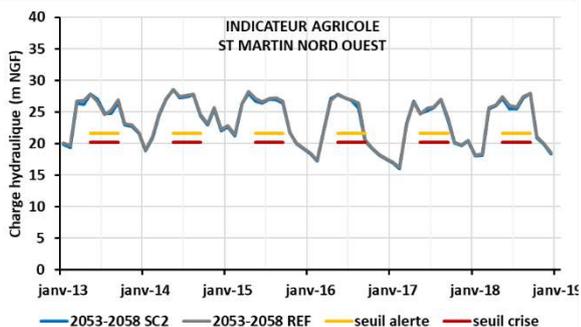
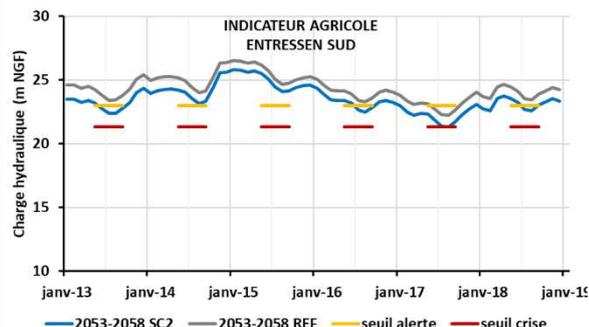
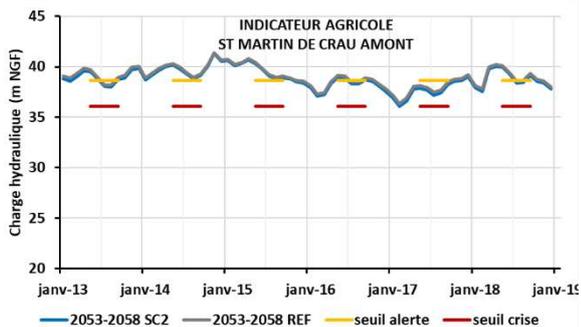
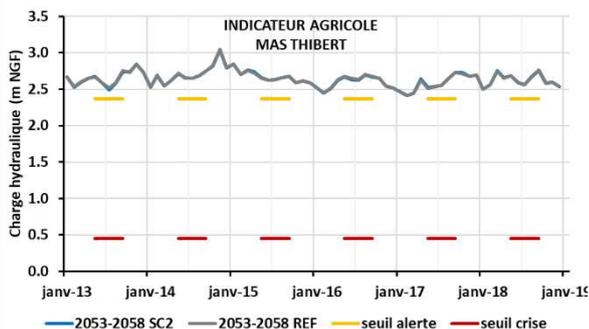
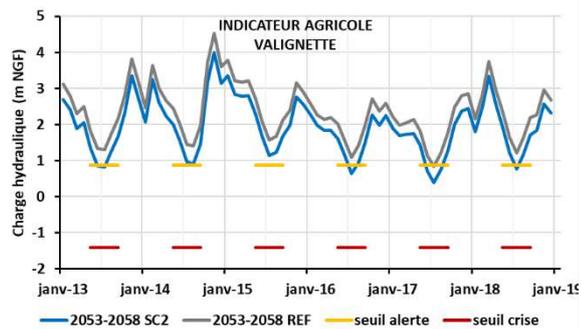
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



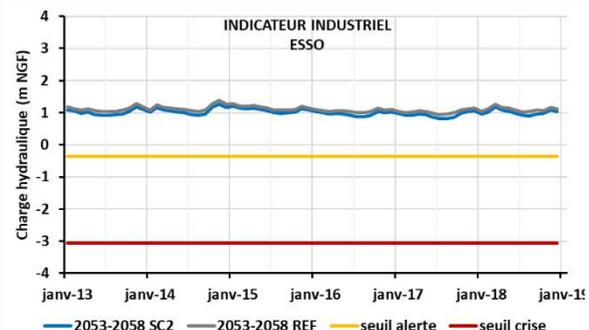
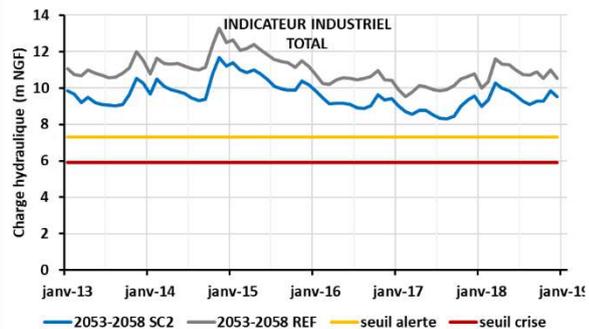
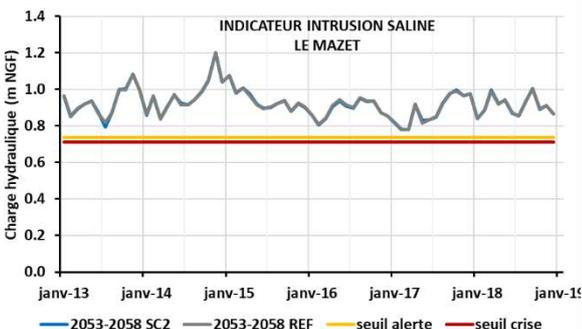
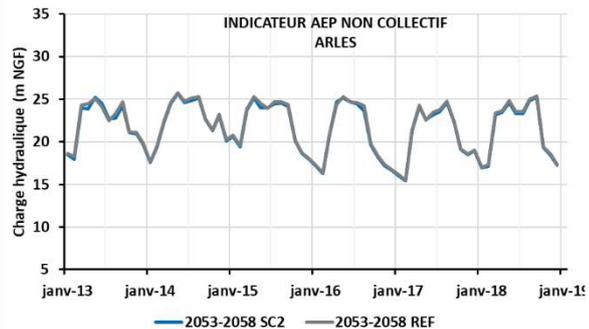
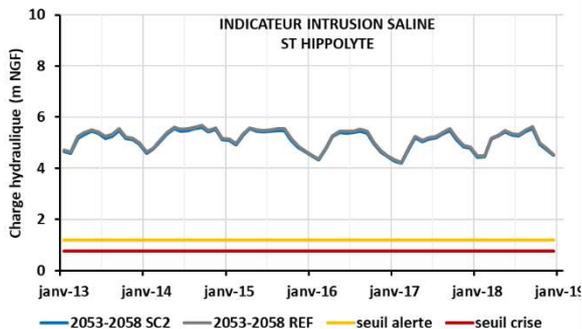
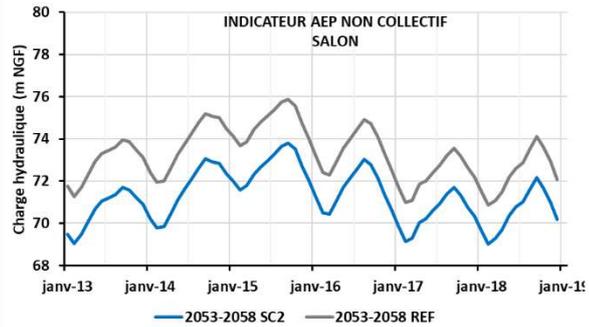
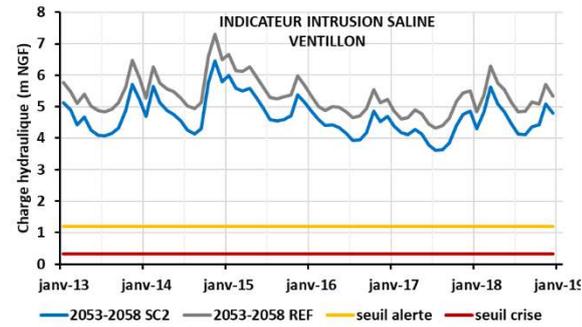
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**



## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058

### SCENARIO 3 – CONVERSION ARBORICULTURE HORIZON 2050

#### DONNEES D'ENTREE

##### SYNTHESE

Climat

**Scénario climatique A1B 2053-2058**

Occupation des sols

**10% des prairies sont converties en arboriculture (1350 ha)**

Conditions de recharge

Dotation pour l'irrigation 100%

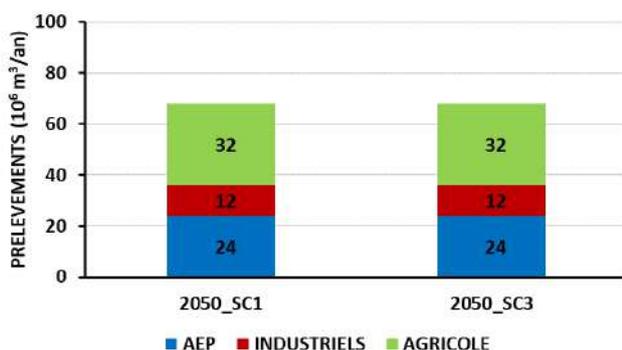
Condition de prélèvements

Prélèvements agricoles estimés 2013-2058

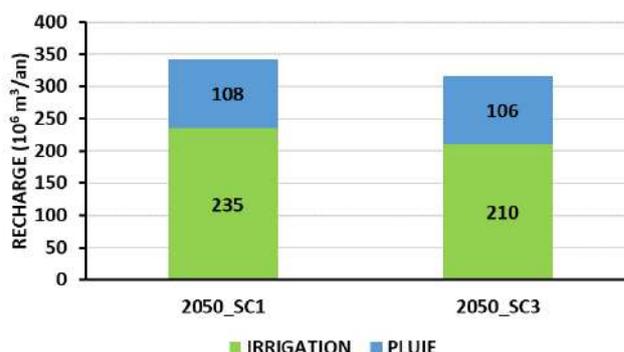
Condition de référence

Référence 2053-2058 (scénario 1)

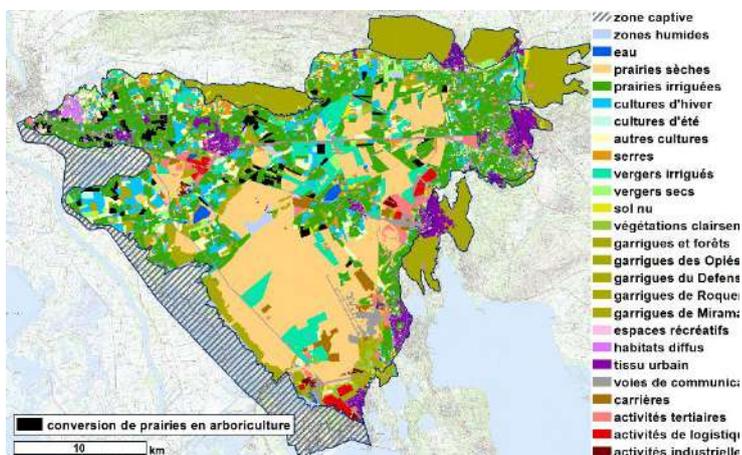
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



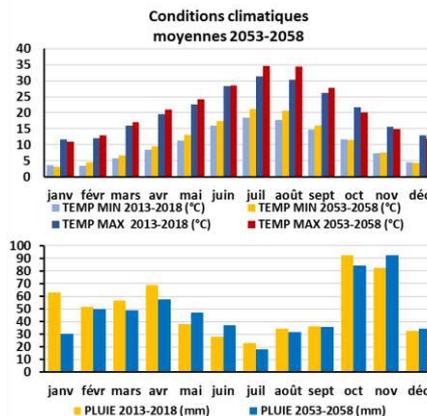
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS 2053-2058**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



##### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'une conversion à l'arboriculture d'environ 10% des prairies irriguées (1350 ha). La répartition de cette conversion est assez uniforme sur le territoire. Le déficit de recharge en 2016 se creuse (316 Hm<sup>3</sup> contre 343 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des surfaces irriguées par submersion.

La piézométrie est en baisse sur l'ensemble de la nappe (-0.5 m), de manière plus marquée dans le secteur nord-est (-1 m) et en particulier au nord de l'étang d'Entressen et dans le secteur de Lamanon-Eyguières (-2 m), que ce soit en période de basses eaux, qu'en période de hautes eaux.

En période de basses eaux, 20% (+2%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieur à 2 m, tandis que cette surface représente à 23% (+2%) en période de hautes eaux.

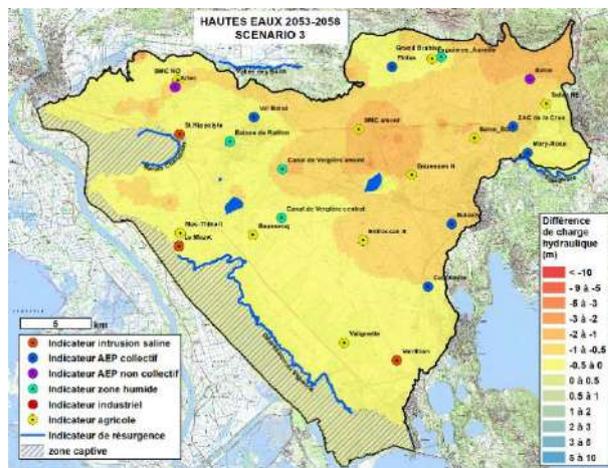
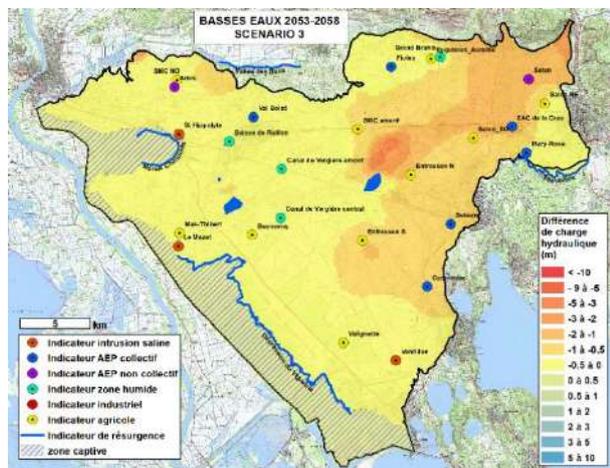
Les seuils de tension « faible » à forte sont dépassés pour l'ensemble des indicateurs zones humides, en particulier les indicateurs « Vergière amont » et « Grand Brahis », soumis à une tension « très forte », notamment durant l'année 2017. Des tensions « faibles » touchent une moitié des indicateurs « agricoles », en particulier St Martin amont et Entressen sud classés en tension forte durant l'été 2017. Les autres indicateurs sont en état de tension « neutre ».

**Le scénario 3 montre que la conversion à l'arboriculture a un impact significatif sur la ressource, pouvant être qualifié de « moyen » sur les usages agricoles et à forte sur certains indicateurs « zones humides ». En comparaison avec les résultats du scénario 2, les impacts piézométriques sont plus diffus mais ont des conséquences un peu plus importantes sur les indicateurs « zones humides » et « agricoles » localisés en dehors des secteurs urbains.**

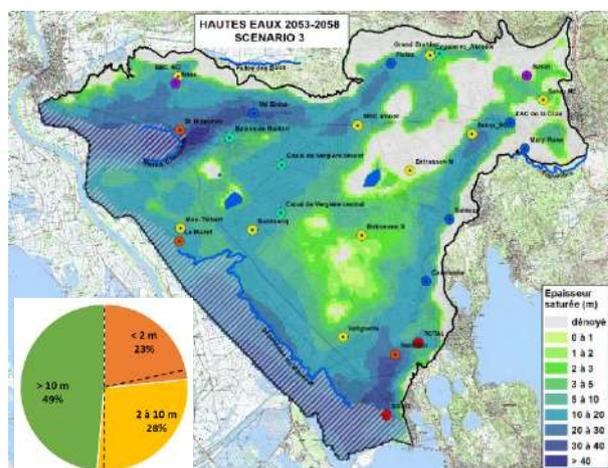
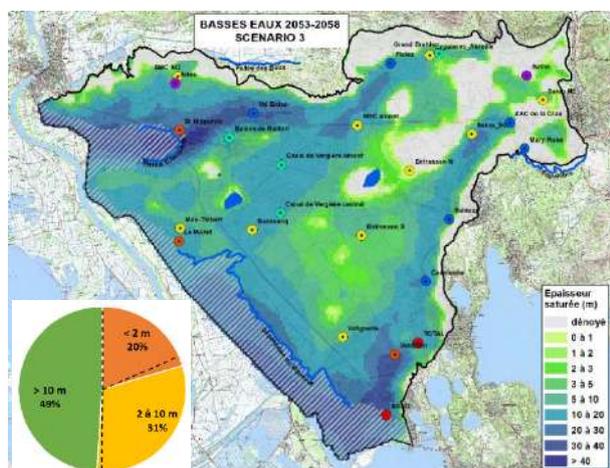
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

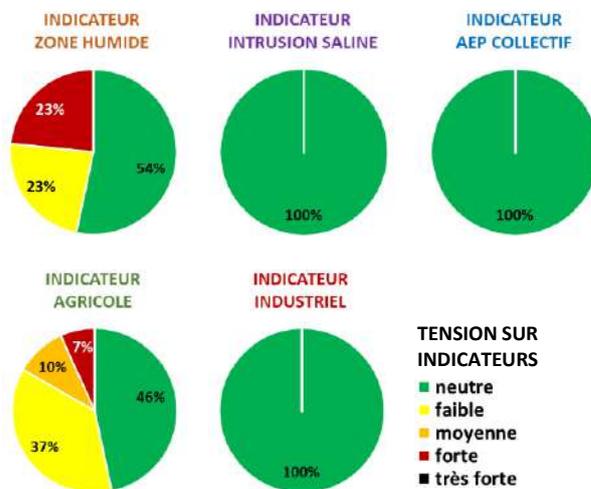
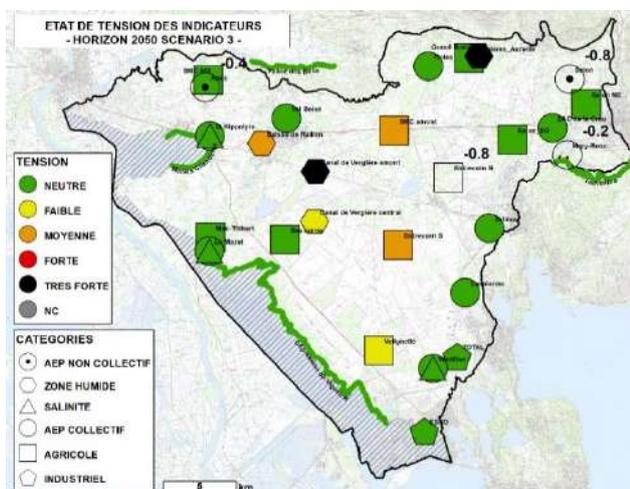


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (Scénario 1 2053 -2058)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### ETAT DE TENSION SUR LES INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateur

Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

### VARIATION TEMPORELLE DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE								
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18
VERGIERE CENTRAL																									
VERGIERE AMONT																									
BAISSE DU RAILLON																									
GRD BRAHIS																									
MARAIS CHANOINES																									
VALLE DES BAUX																									
TOULOUBRE																									
DEPRESSION VIGUEIRAT																									

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE								
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18
VENTILLON																									
ST HIPPOLYTE																									
LE MAZET																									

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE								
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18
ZAC DE LA CRAU																									
VENTILLON																									
VALBOISE																									
SULAUZE																									
ST HIPPOLYTE																									
LE MAZET																									
LES FIOLES																									
CASPIENNE																									

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

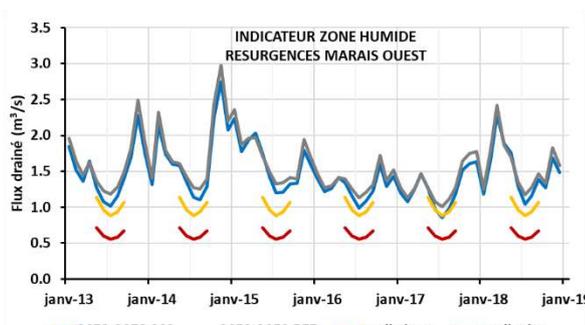
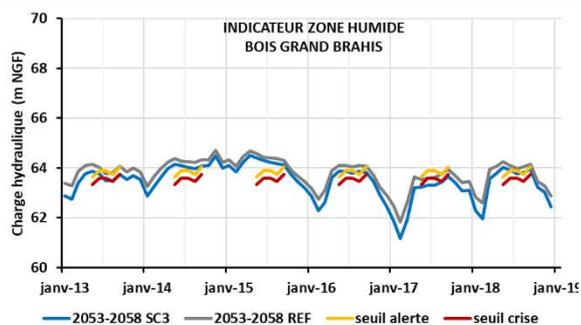
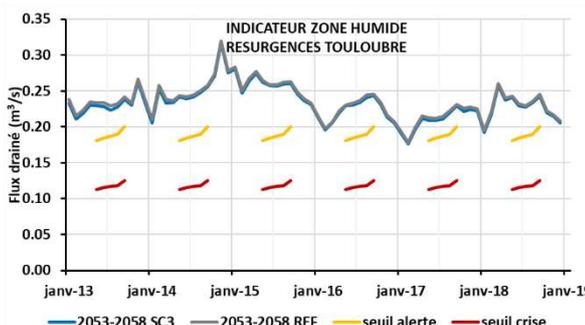
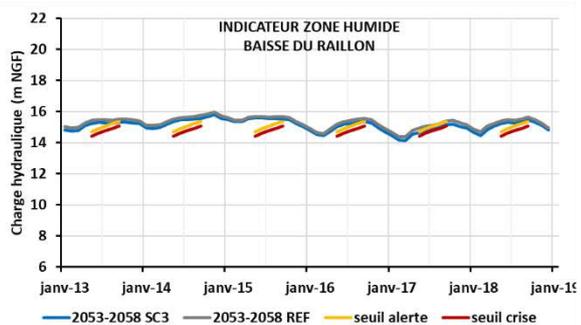
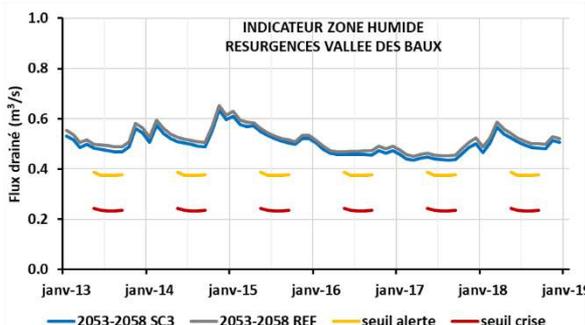
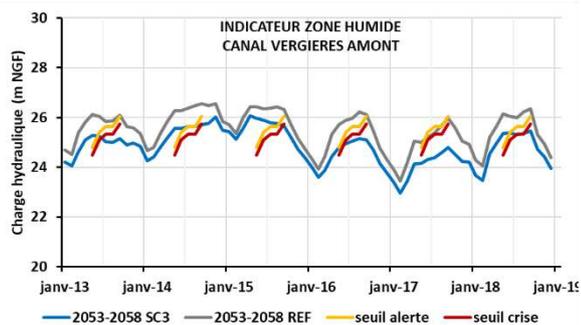
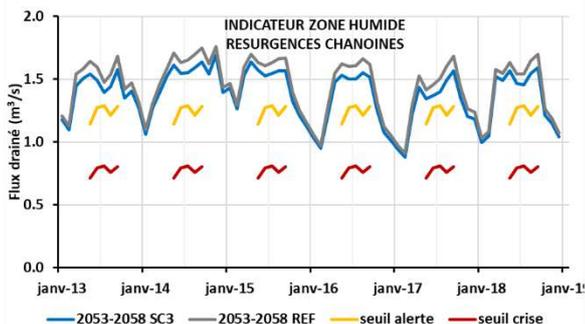
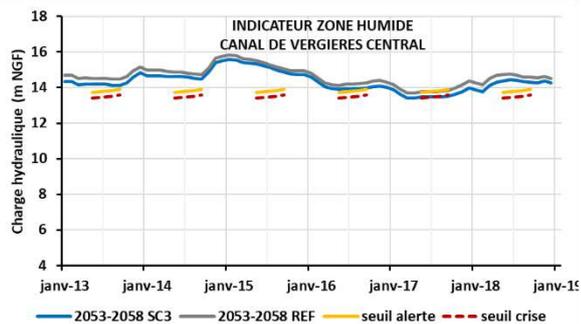
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE								
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18
VALIGNETTE																									
ST MARTIN AMONT																									
ST MARTIN NORD-OUES																									
SALON SUD-OUEST																									
SALON NORD-EST																									
MAS-THIBERT																									
ENTRESSEN-SUD																									
BAUSSENQ																									
AUREILLE																									

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

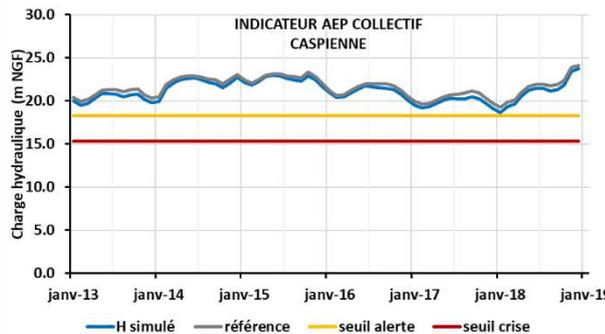
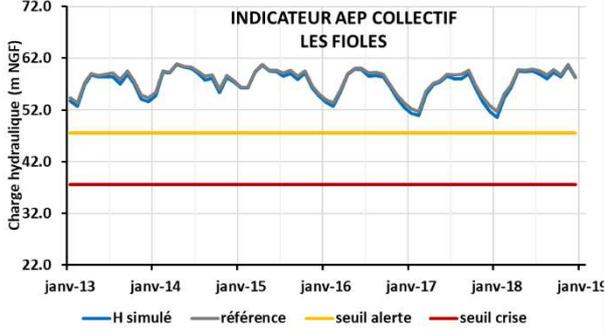
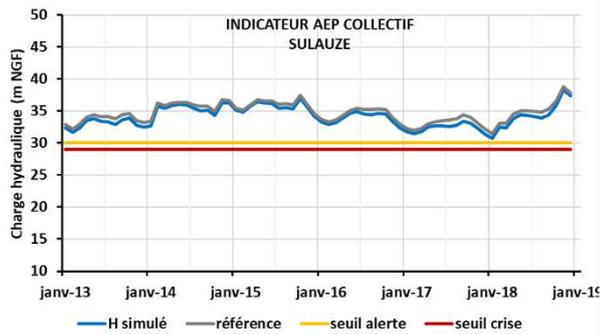
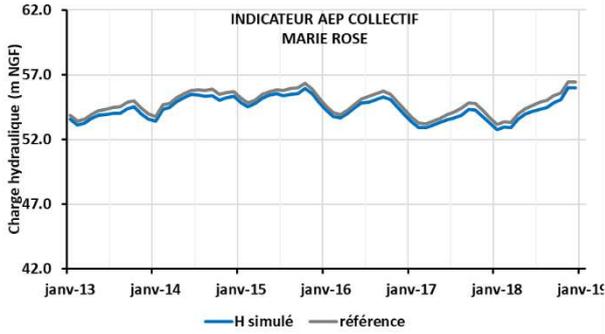
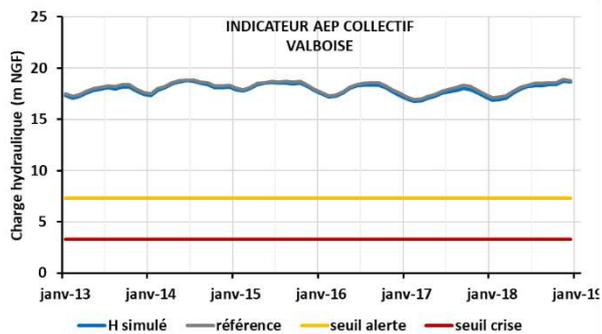
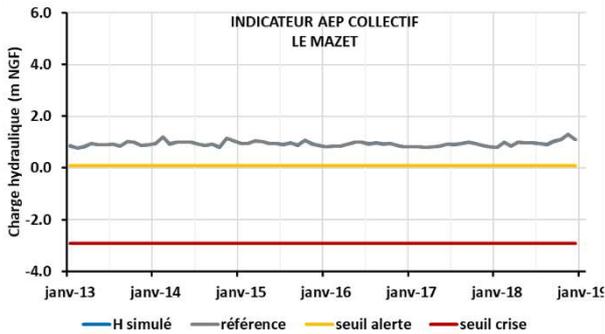
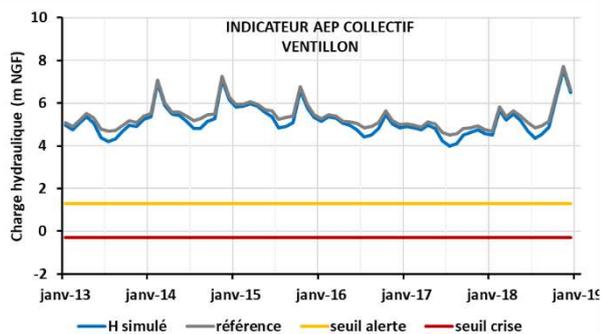
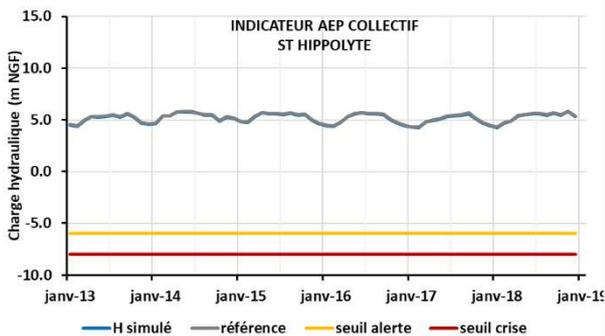
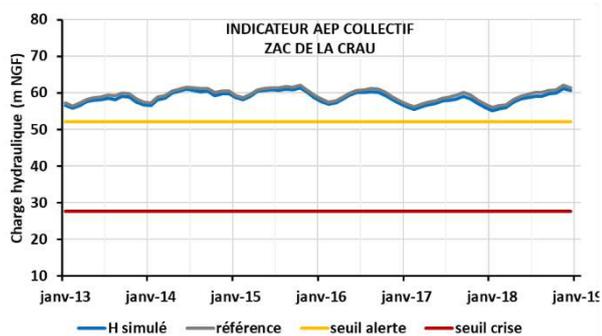
INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE								
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18
TOTAL																									
ESSO																									

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

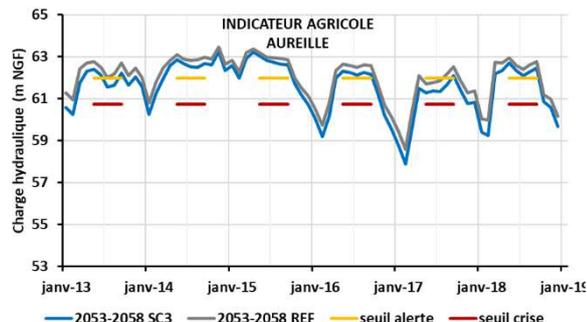
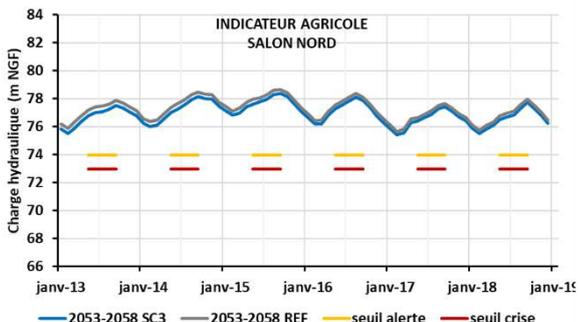
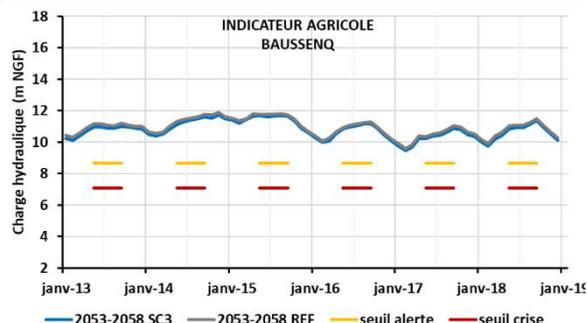
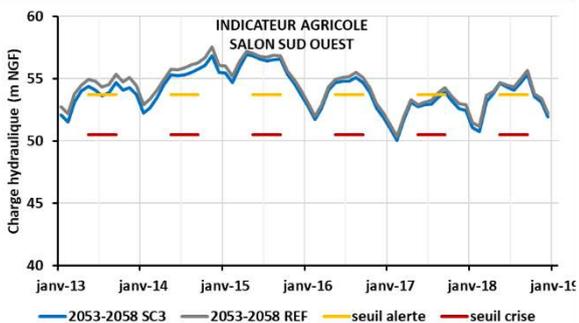
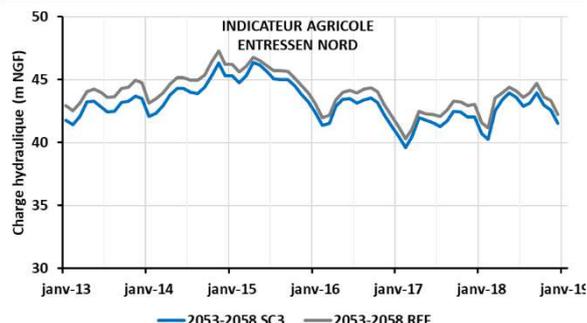
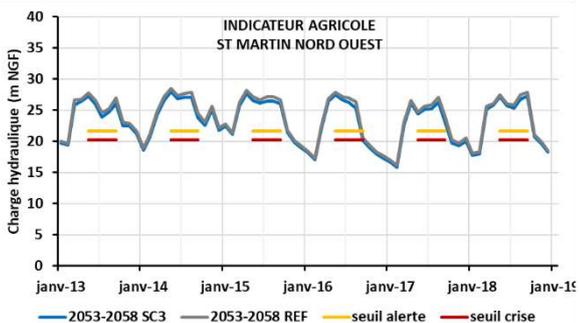
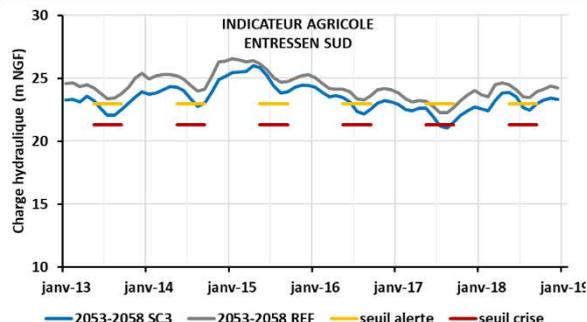
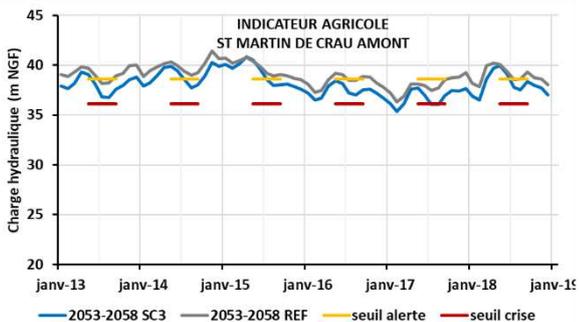
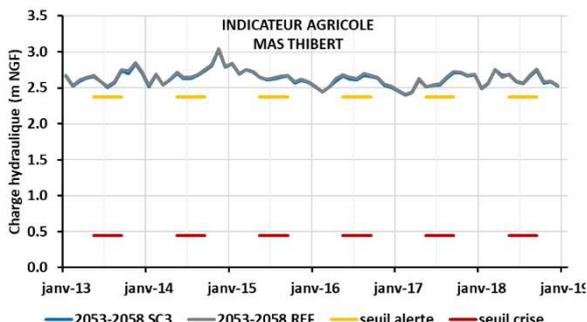
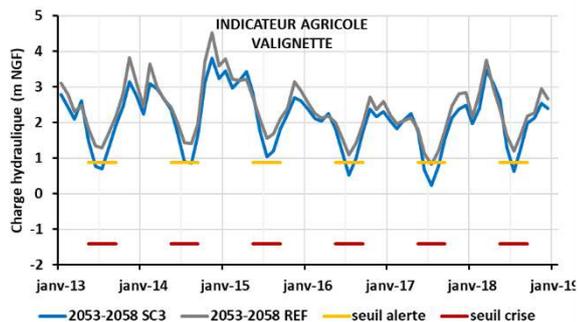
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



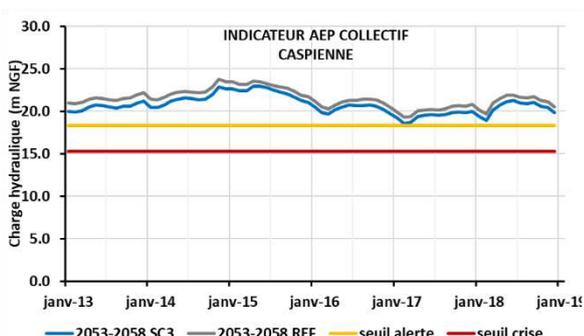
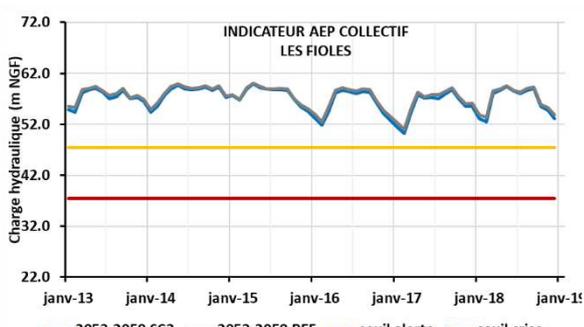
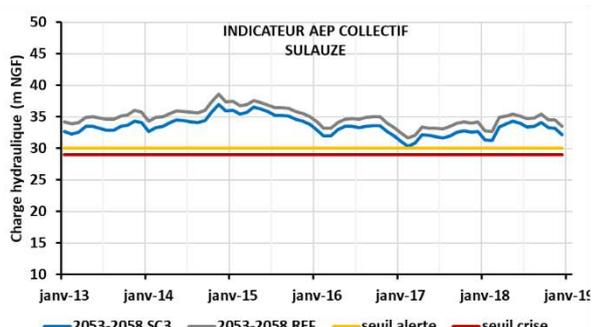
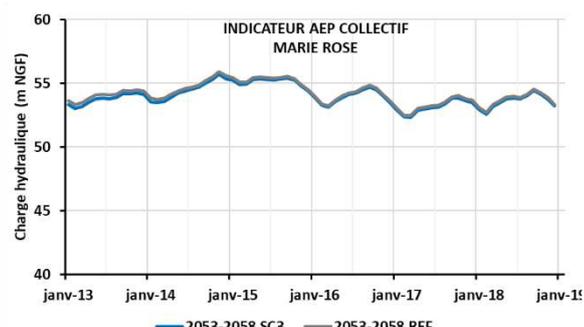
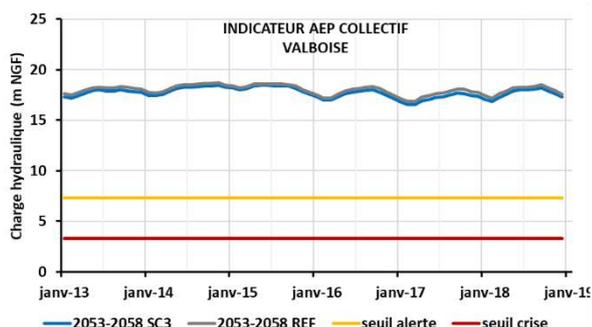
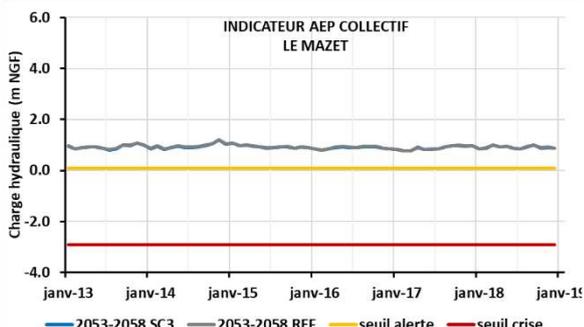
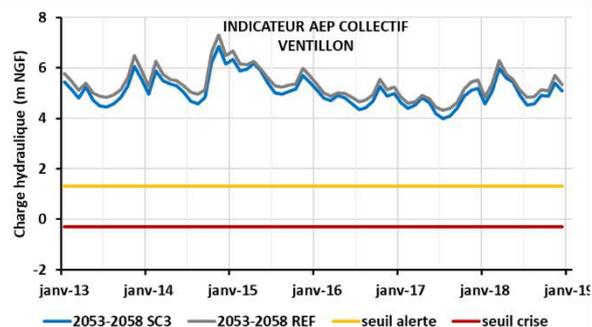
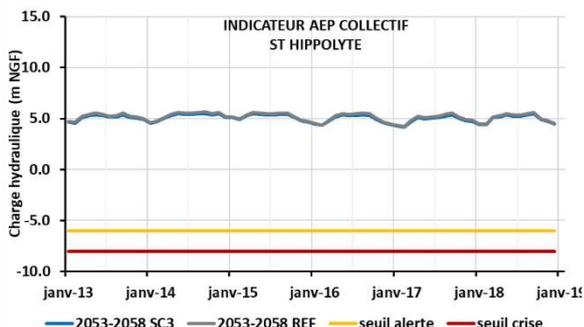
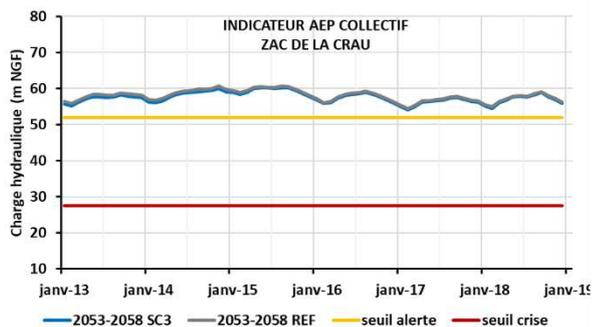
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



# SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058

## SCENARIO 4 – BAISSÉ DE DOTATION CONDUISANT A ABANDONNER DES PRAIRIES

### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Occupation des sols

Conditions de recharge

Condition de prélèvements

Condition de référence

**Scénario climatique A1B 2053-2058**

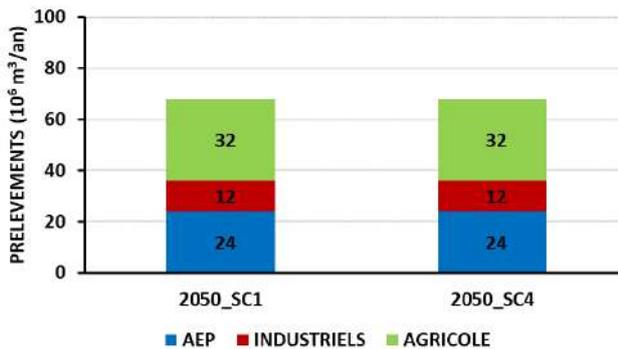
**10% des prairies sont mises en jachère (coussouls)**

**Dotation pour l'irrigation 90%**

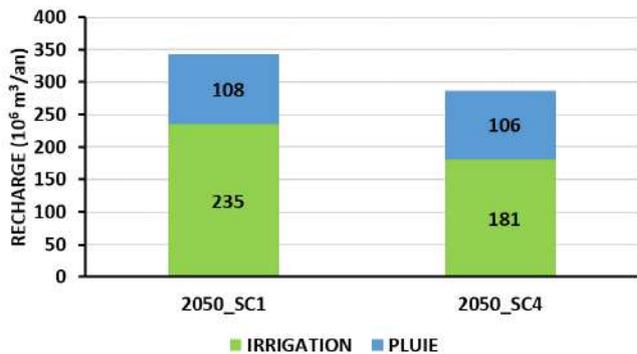
Prélèvements agricoles estimés 2013-2058

Référence 2053-2058 (scénario 1)

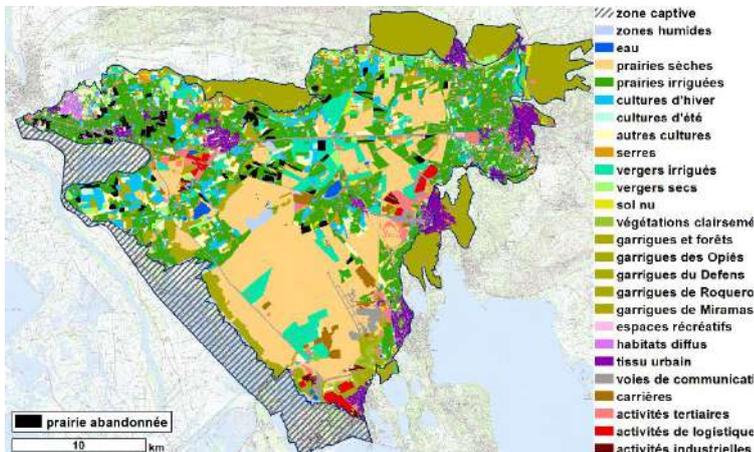
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



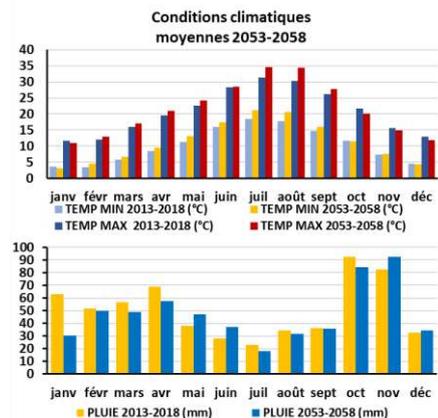
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS 2053-2058**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'une réduction générale des dotations en eau de 20%, conduisant à abandonner 10% des prairies irriguées et réduire de seulement 10% les volumes irrigués afin de maintenir un rendement des cultures. La répartition de cette conversion est assez uniforme sur le territoire. Le déficit de recharge en 2016 se creuse (287 Hm<sup>3</sup> contre 343 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des surfaces irriguées par submersion et la baisse des dotations en eau de 10% sur les prairies restantes.

La piézométrie est en baisse sur l'ensemble de la nappe : -0.5 m à l'ouest atteignant -3 m à l'est en situation de basses-eaux et une baisse d'au moins 1 m sur les 2/3 du territoire en situation de hautes eaux dépassant 3 m au nord de Miramas. En période de basses eaux, 22% (+4%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieures à 2 m, tandis que cette surface représente à 27% (+6%) en période de hautes eaux.

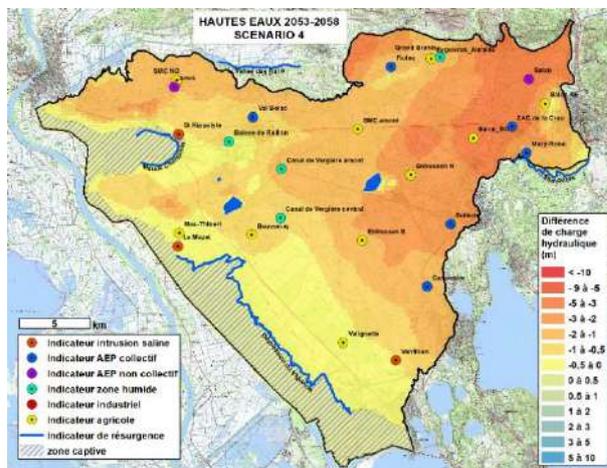
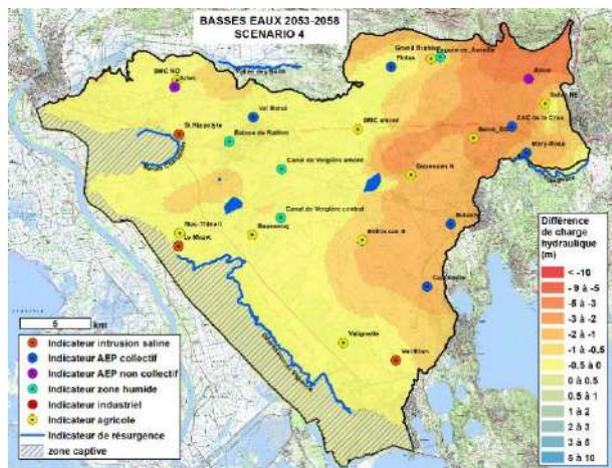
Les indicateurs piézométriques « zones humides » sont en état de tension « forte » à « très forte » et les indicateurs de flux « Dépression du Vigueirat » et « Touloubre » se situent également dans un état de tension faible chronique pour l'année 2017. Des remontées salines commencent à apparaître ponctuellement au mur des cailloutis au niveau du captage du Mazet. Les indicateurs AEP collectif « Sulauze » et « Caspienne » présente également très ponctuellement des états de tension « faible ». La majorité des indicateurs agricoles sont soumis à des tensions faible à forte sur la majorité des années, en particulier « Aureille », « Entressen sud » et St Martin amont.

**Le scénario 4 montre qu'une baisse des dotations de 20%, gérée par une réduction des surfaces et une diminution des volumes alloués à l'irrigation, a une incidence forte sur l'état de la ressource. Ce sont surtout les zones humides et les prélèvements agricoles qui seraient soumis à une tension persistante pouvant être qualifiée de « très forte ». Les autres indicateurs commencent à être dégradé à l'exception des indicateurs « industriels ».**

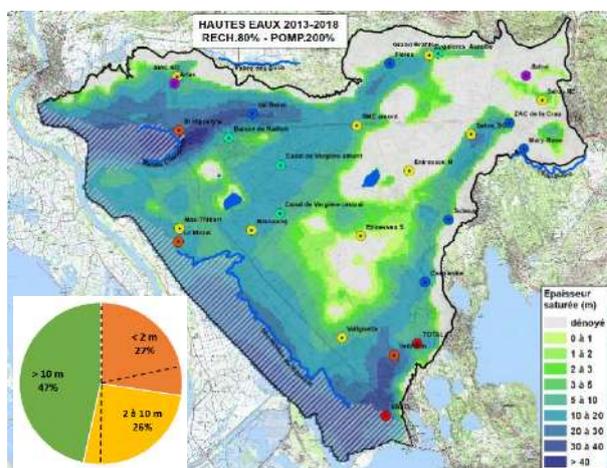
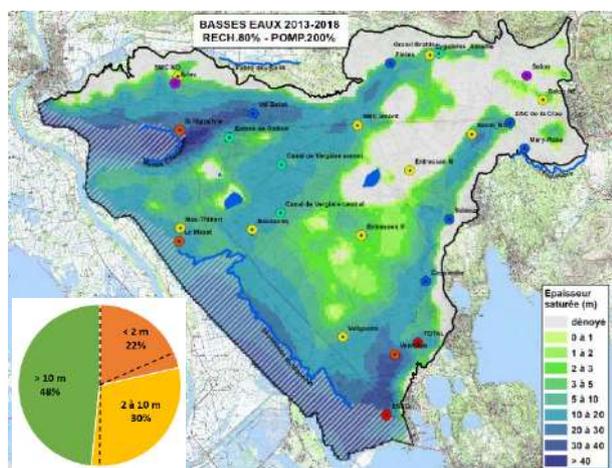
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

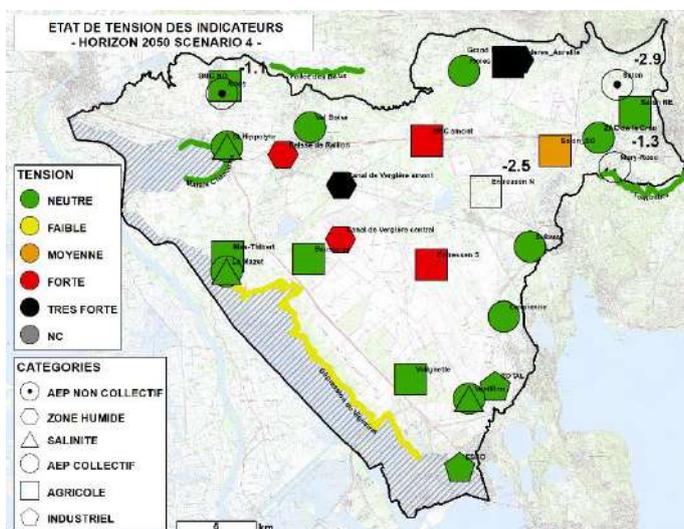


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (SCENARIO 1 2053 -2058)

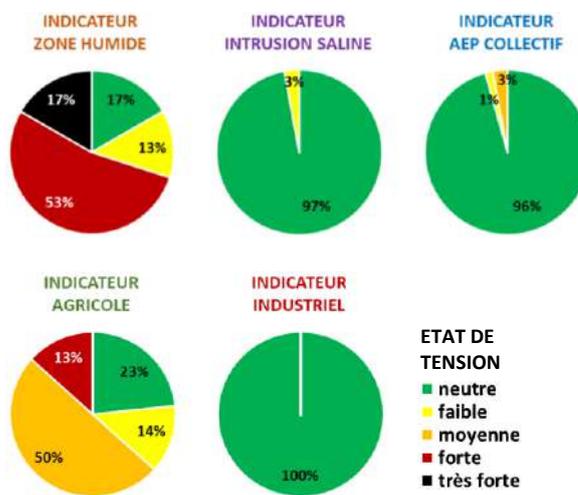


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de l'état des indicateurs



Répartition statistique de l'état des indicateurs

## INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VERGIERE CENTRAL																										NEUTRE
VERGIERE AMONT																										NEUTRE
BAISSE DU RAILLON																										NEUTRE
GRD BRAHIS																										NEUTRE
MARAIS CHANOINES																										NEUTRE
VALLE DES BAUX																										NEUTRE
TOULOUBRE																										NEUTRE
DEPRESSION VIGUEIRAT																										NEUTRE

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VENTILLON																										NEUTRE
ST HIPPOLYTE																										NEUTRE
LE MAZET																										NEUTRE

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
ZAC DE LA CRAU																										NEUTRE
VENTILLON																										NEUTRE
VALBOISE																										NEUTRE
SULAUZE																										NEUTRE
ST HIPPOLYTE																										NEUTRE
LE MAZET																										NEUTRE
LES FIOLES																										NEUTRE
CASPIENNE																										NEUTRE

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

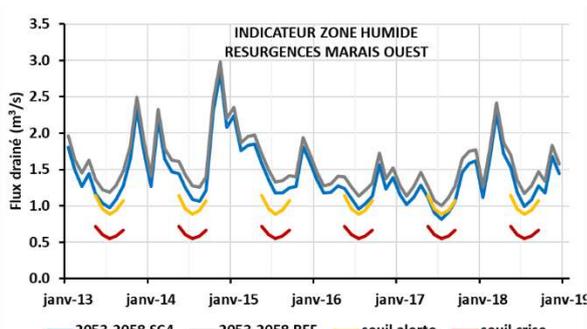
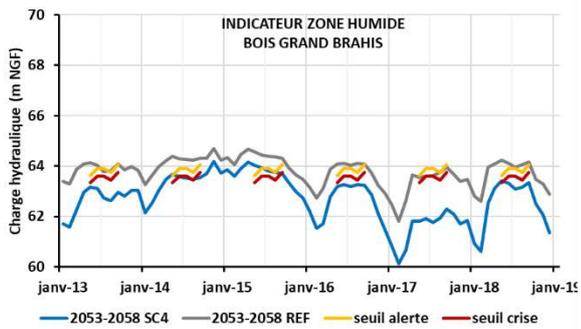
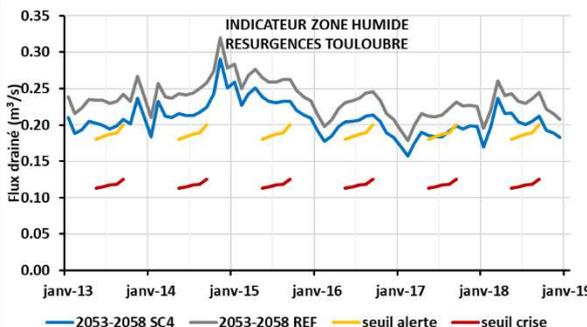
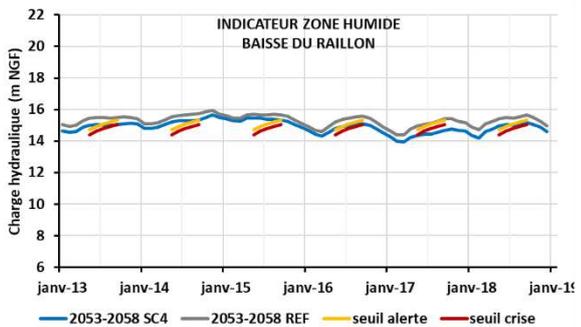
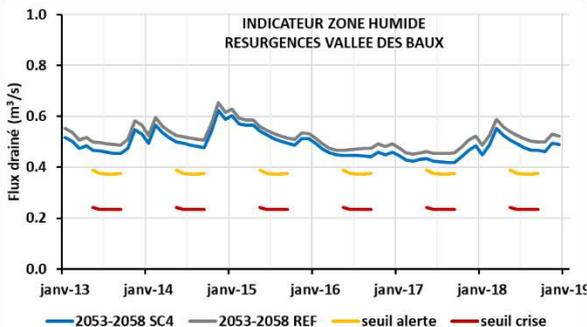
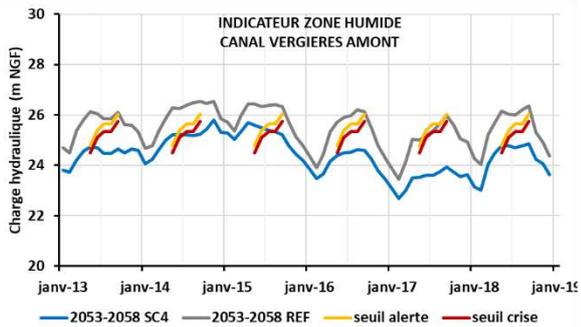
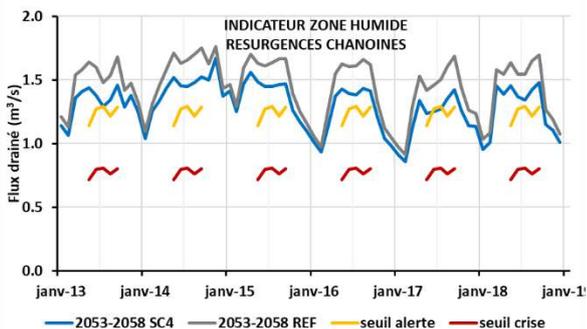
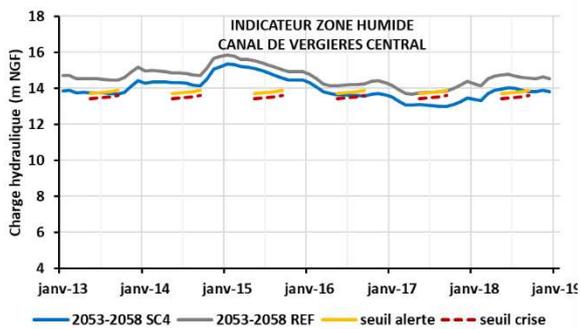
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VALIGNETTE																										NEUTRE
ST MARTIN AMONT																										NEUTRE
ST MARTIN NORD-OUES																										NEUTRE
SALON SUD-OUEST																										NEUTRE
SALON NORD-EST																										NEUTRE
MAS-THIBERT																										NEUTRE
ENTRESSEN-SUD																										NEUTRE
BAUSSENQ																										NEUTRE
AUREILLE																										NEUTRE

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

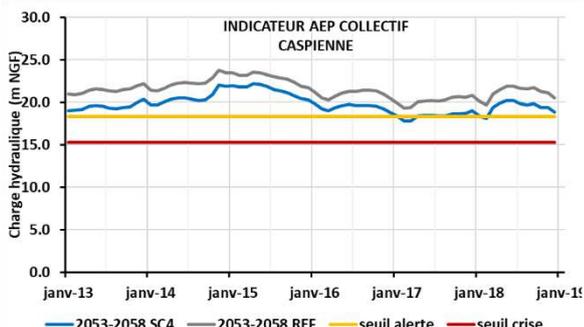
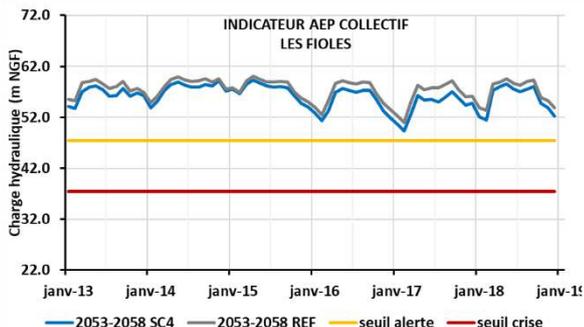
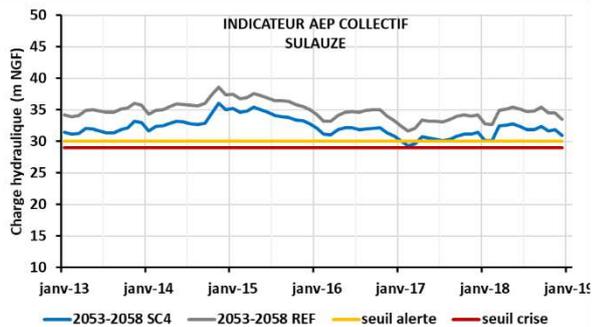
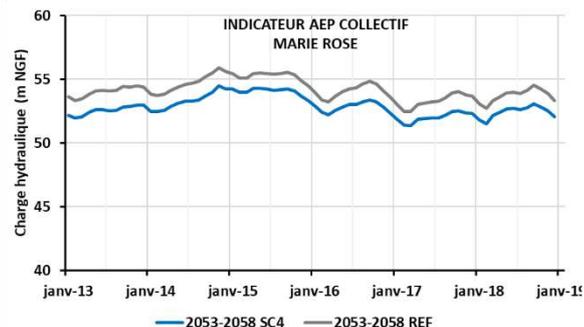
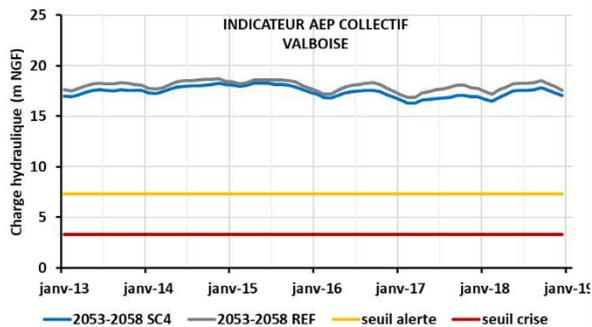
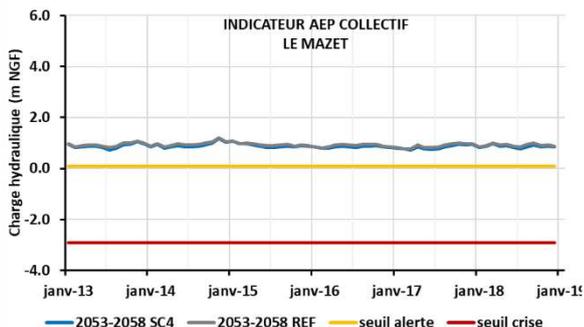
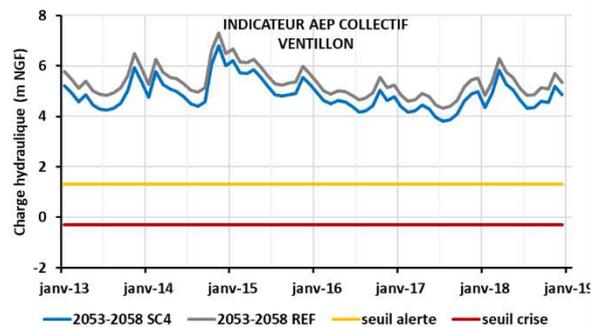
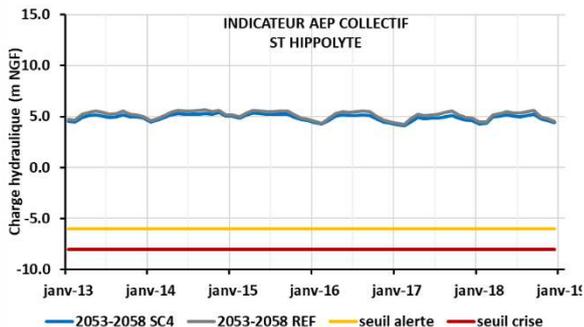
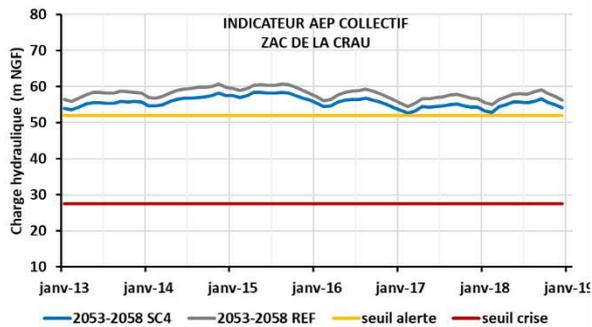
INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
TOTAL																										NEUTRE
ESSO																										NEUTRE

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

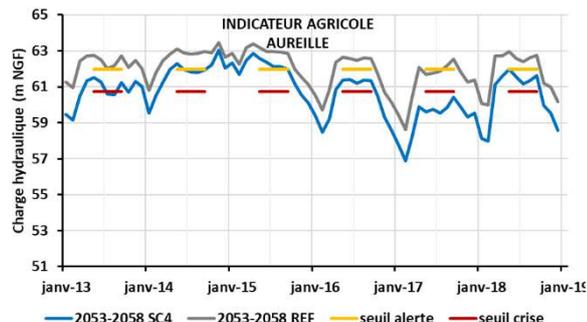
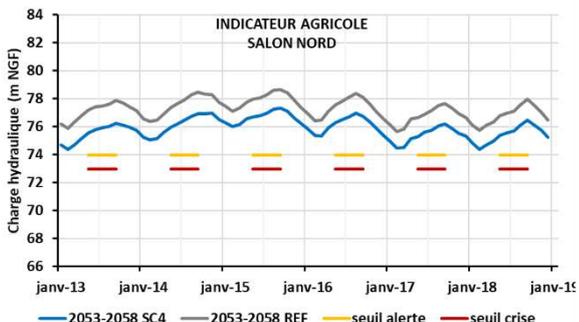
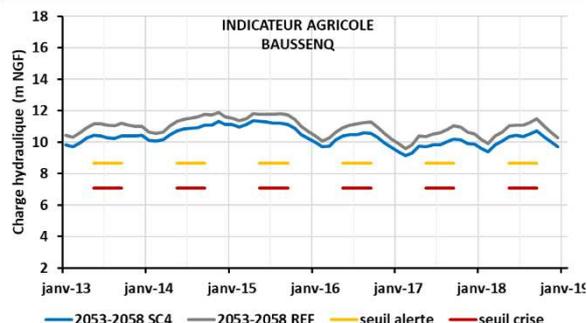
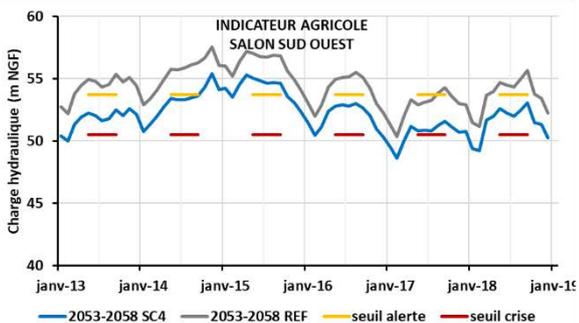
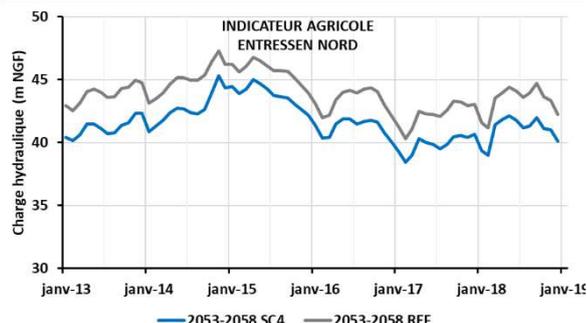
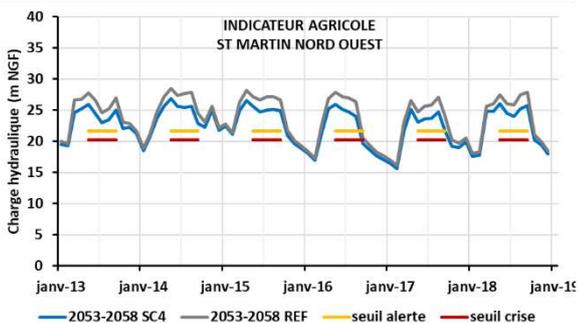
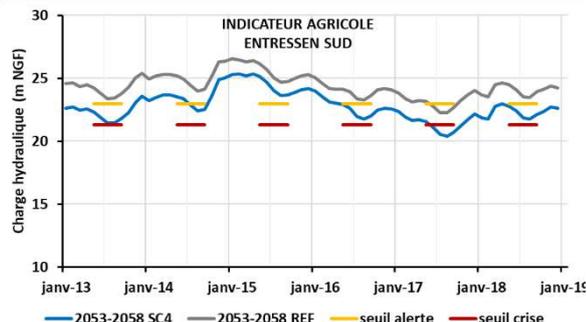
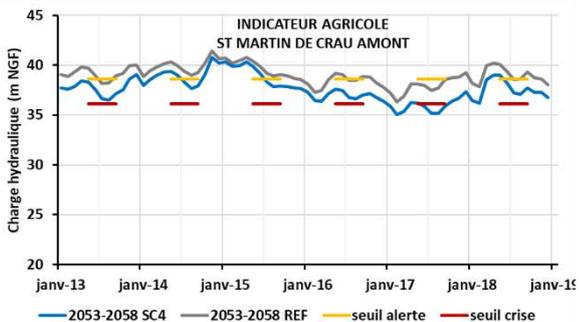
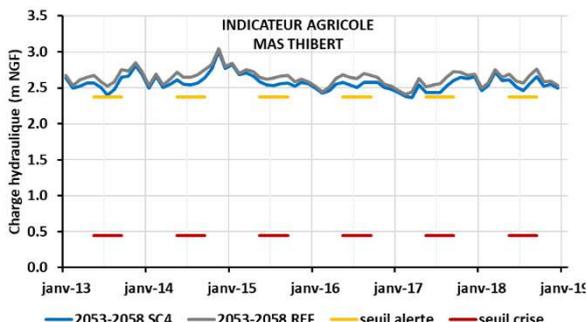
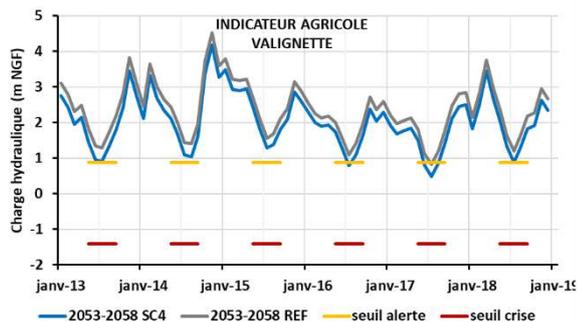
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



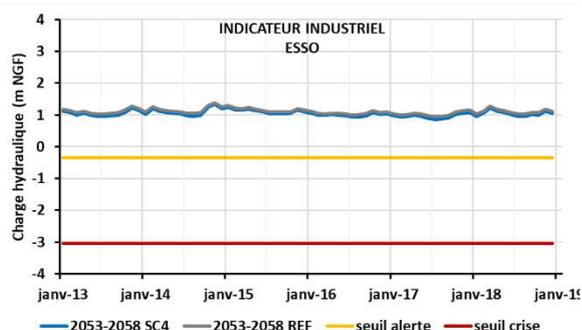
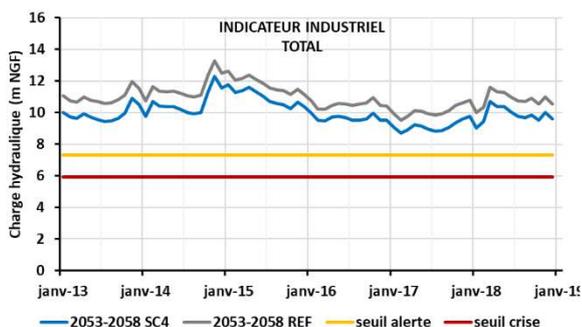
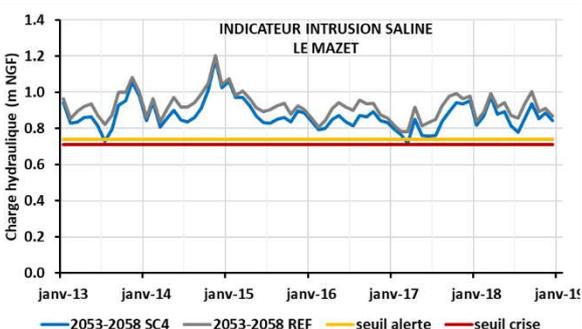
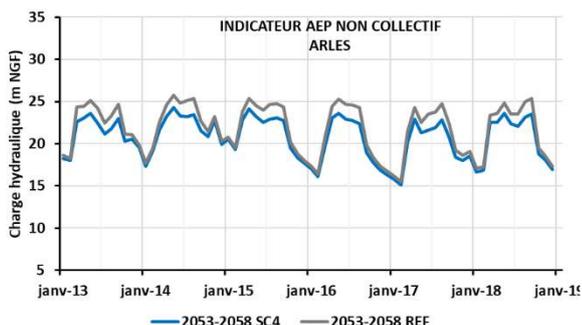
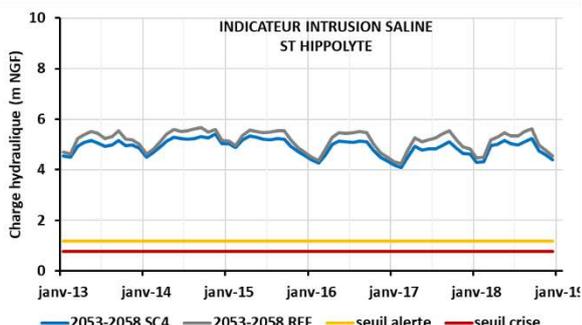
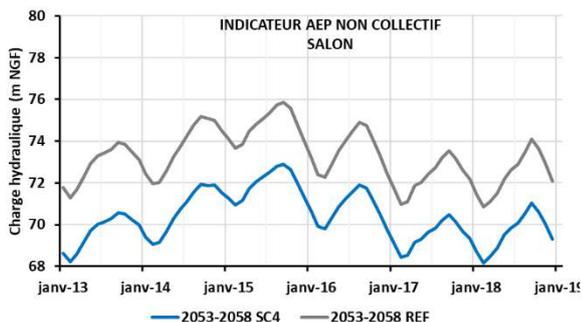
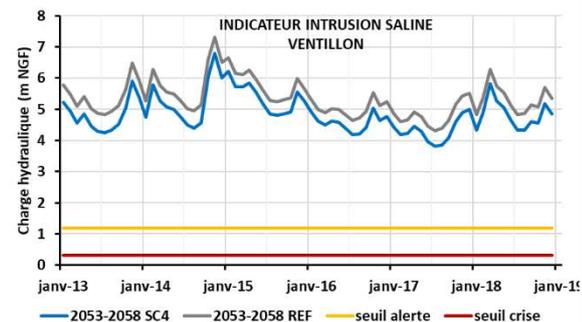
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**



## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058

### SCENARIO 5 – ABANDON D'UN PERIMETRE IRRIGUE

#### DONNEES D'ENTREE

##### SYNTHESE

Climat

Occupation des sols

Conditions de recharge

Condition de prélèvements

Condition de référence

**Scénario climatique A1B 2053-2058**

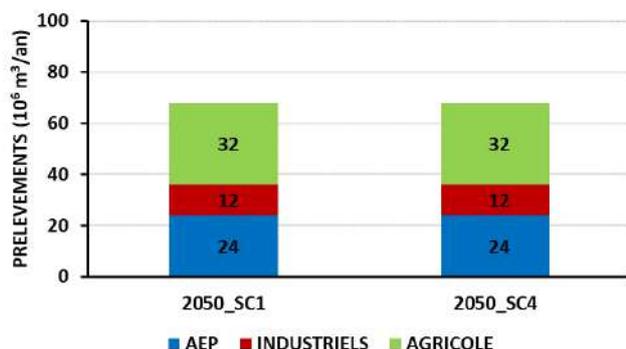
**L'irrigation est abandonnée dans les périmètres de l'ASA Haute Crau, de Langlade et Rageyrol de Vergières (-30% de prairies)**

**Dotation pour l'irrigation 100% sur les prairies restantes**

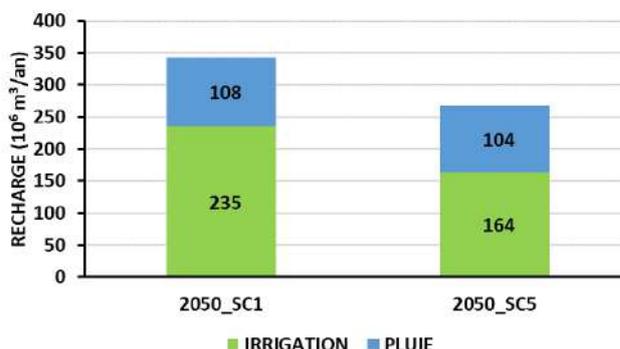
Prélèvements agricoles estimés 2013-2058

Référence 2053-2058 (scénario 1)

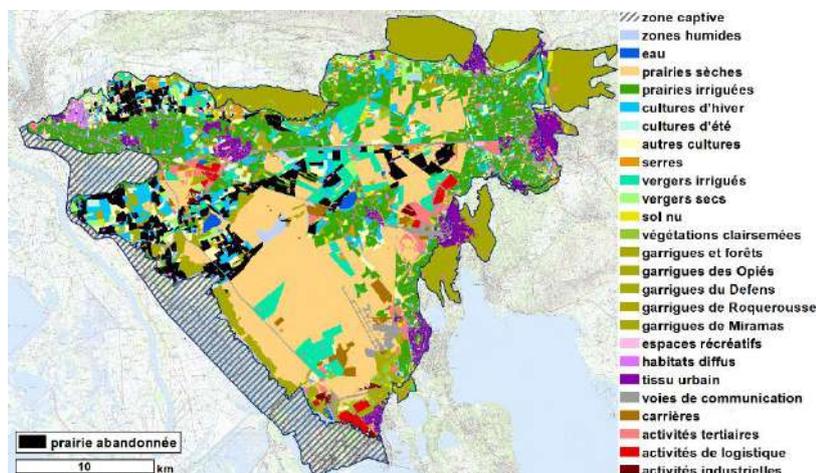
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



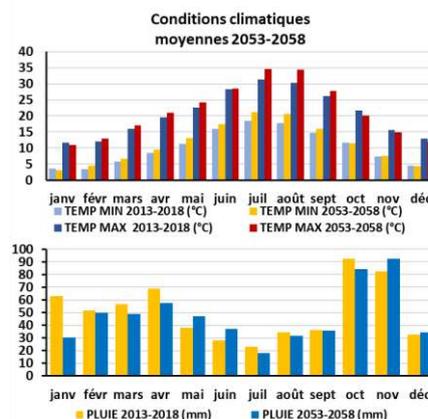
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS 2053-2058**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



##### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'une réduction générale des dotations en eau de 30%, conduisant à abandonner 30% des prairies irriguées par un arrêt de l'irrigation gravitaire dans les périmètres des ASA Haute Crau, de Langlade et Rageyrol de Vergières. Les volumes d'irrigation sont conservés sur les surfaces de prairies restantes. Le déficit de recharge en 2016 se creuse (268 Hm<sup>3</sup> contre 343 Hm<sup>3</sup>) avec la diminution des surfaces irriguées.

La piézométrie est en baisse sur l'ensemble de la nappe : -0,5 m à l'ouest atteignant -3 m dans les secteurs des ASA abandonnées. Très localement une baisse de 5 à 10 m est constatée en période de hautes-eaux par rapport à l'état de référence. En période de basses eaux, 23% (+5%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieures à 2 m, tandis que cette surface représente à 30% (+9%) en période de hautes eaux.

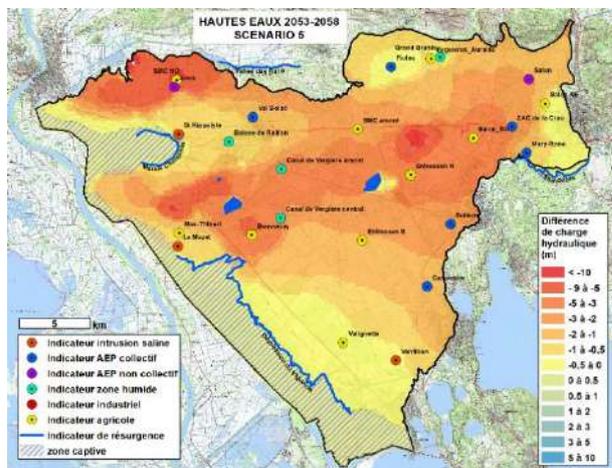
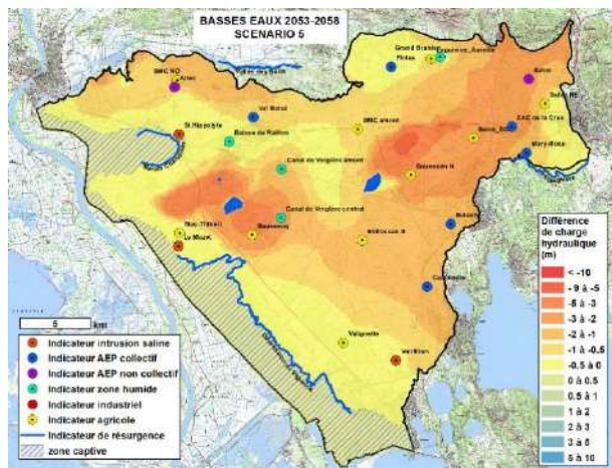
L'ensemble des indicateurs piézométriques « zones humides » sont soumis à une tension très forte tandis qu'une moitié des indicateurs de flux « zones humides » se classent en situation de tension moyenne. La salinité atteint la base des crêpines du captage du Mazet, soumis à une tension « très forte ». Des tensions « faibles » ponctuels se présentent pour les indicateurs « AEP collectif » de « Sulauze » et de « Caspienne ». L'ensemble des indicateurs « agricoles » sont soumis à une tension faible à forte, à l'exception de l'indicateur « Salon nord-est ». Les indicateurs « industriels » ne sont pas sous tension.

**Le scénario 5 montre que l'abandon d'une partie significative de prairies aurait des conséquences très importantes sur les usages et fonctions écologiques rendus par la nappe. Ce sont surtout les zones humides et les prélèvements agricoles qui seraient soumis à une tension persistante pouvant être qualifiée de « très forte ». Le captage du Mazet rencontrerait des remontées salines et certains captages AEP rencontreraient des tensions « faibles » sur le plan quantitatif.**

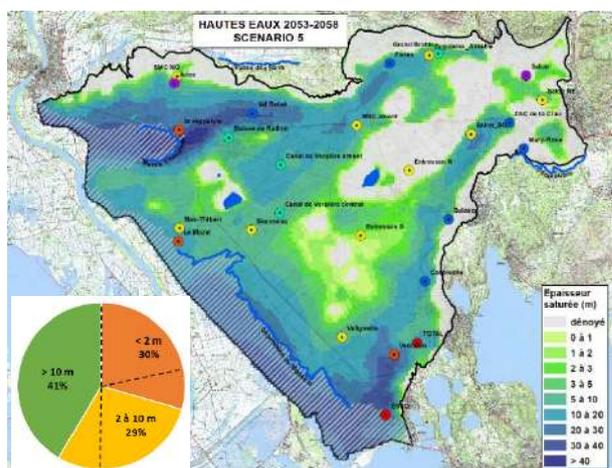
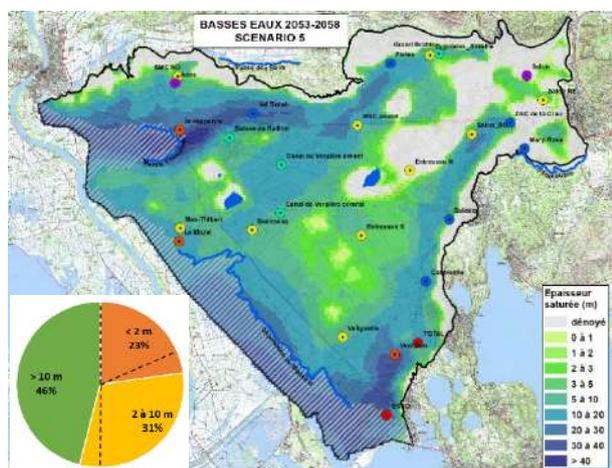
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

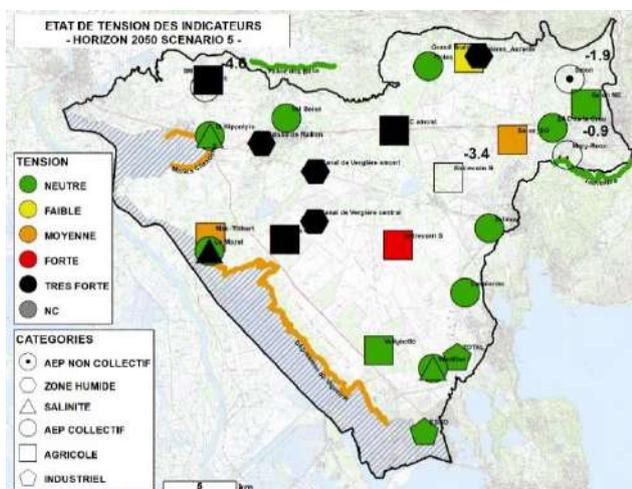


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (SCENARIO 1 2053 -2058)

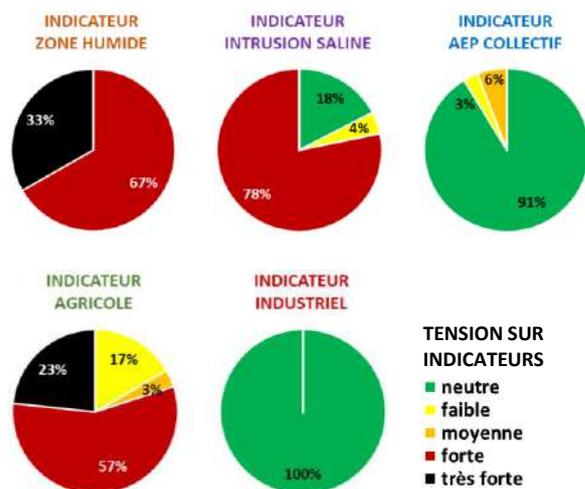


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BASSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAIS CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRAT																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

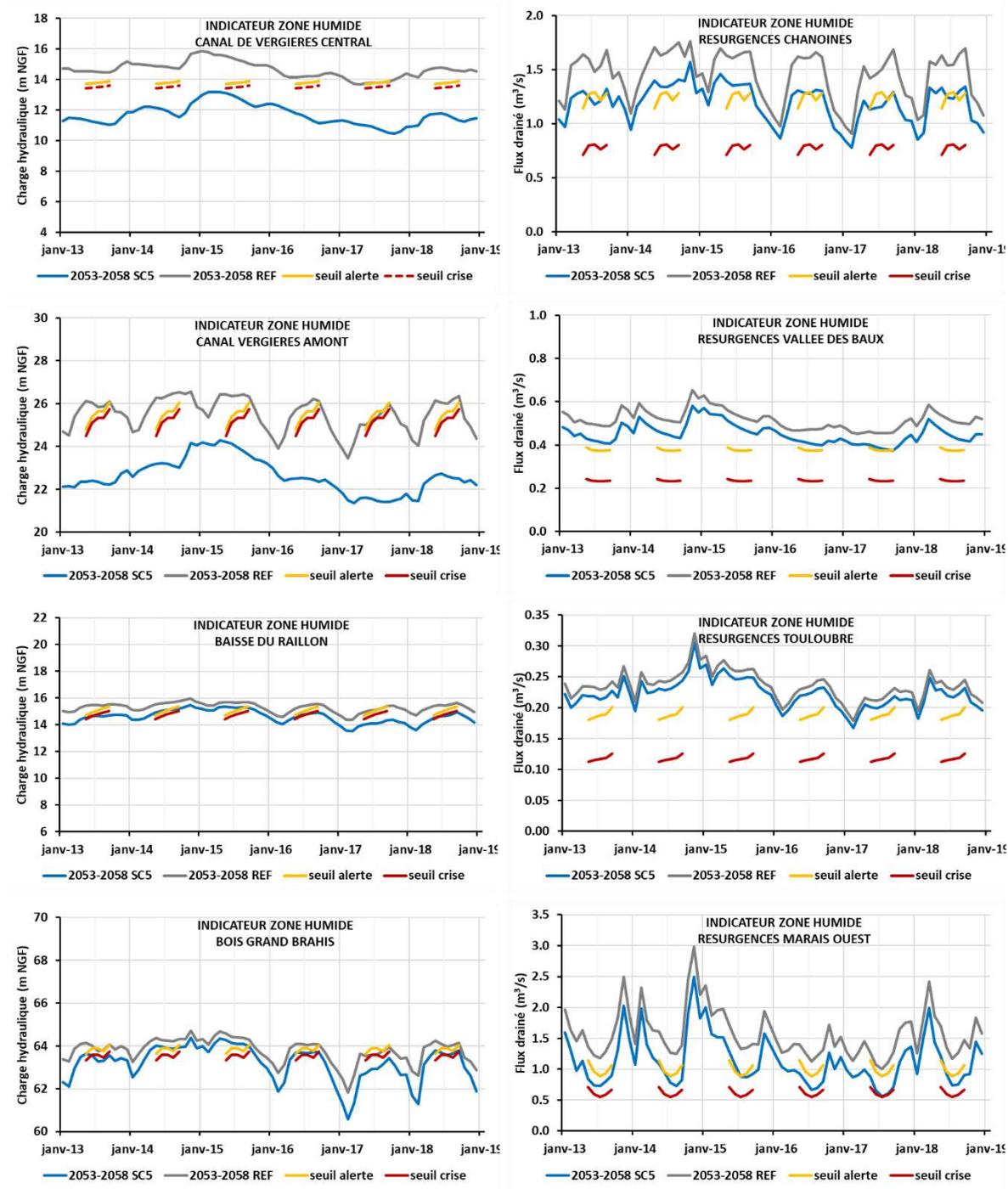
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

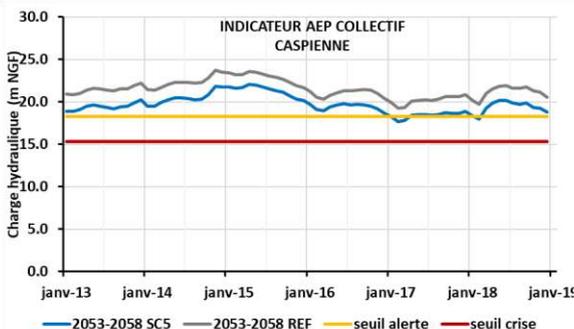
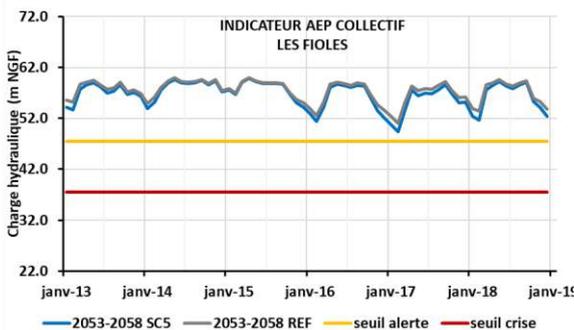
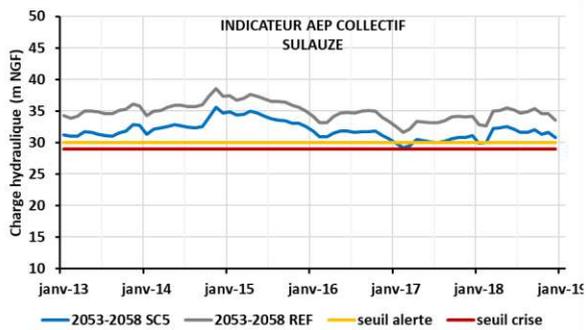
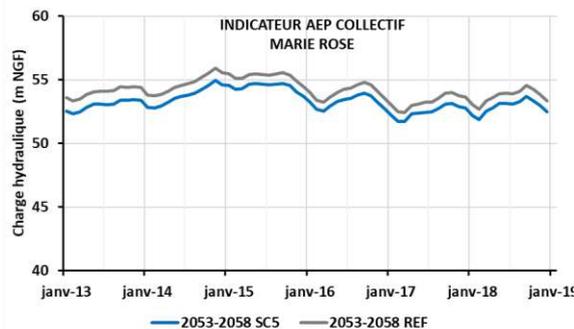
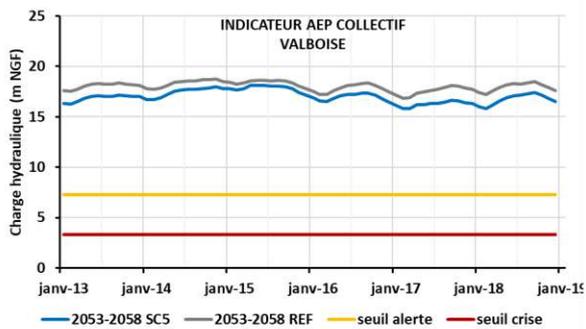
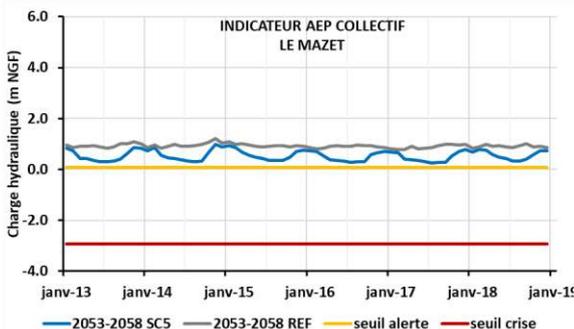
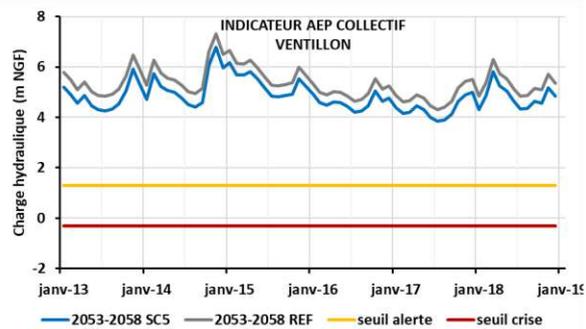
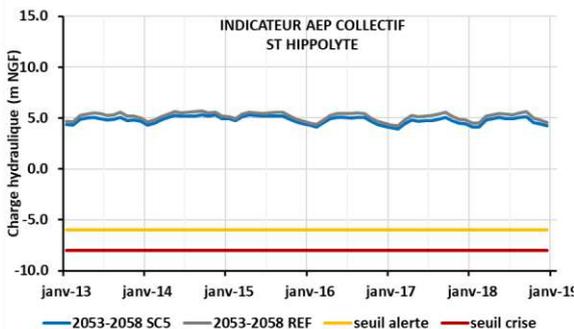
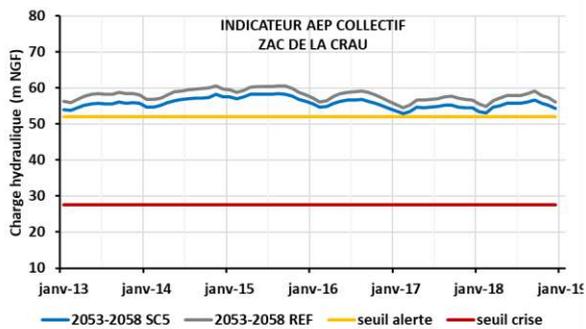
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUES																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

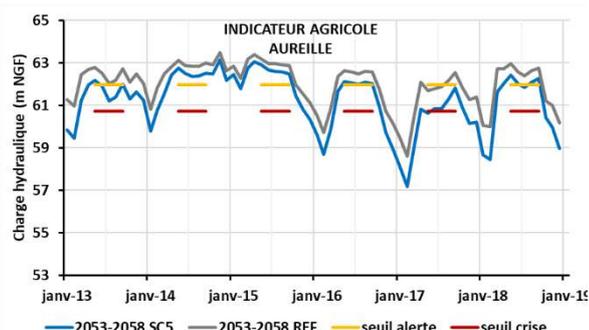
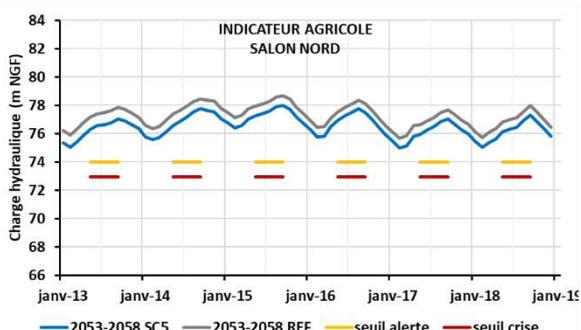
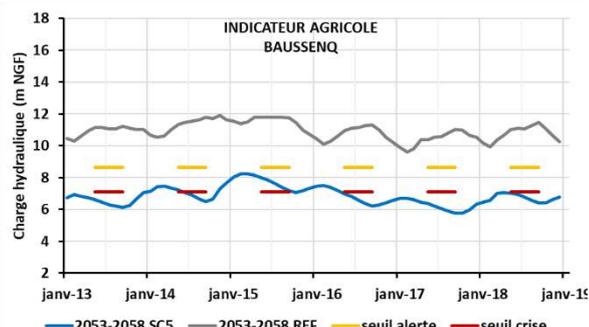
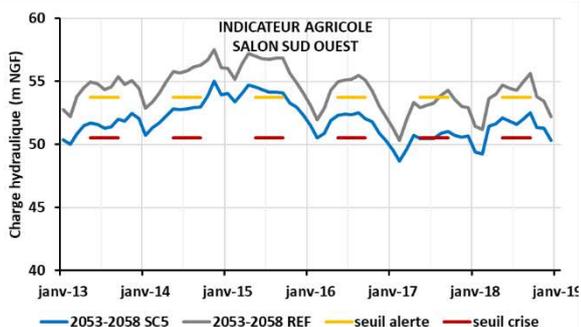
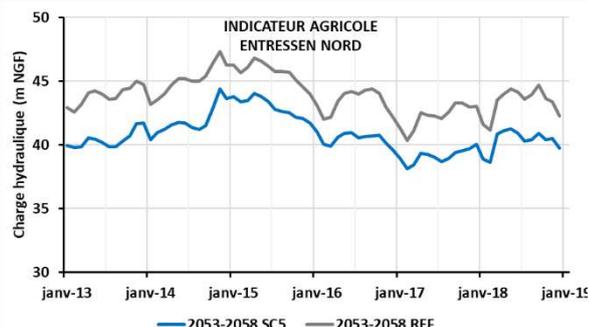
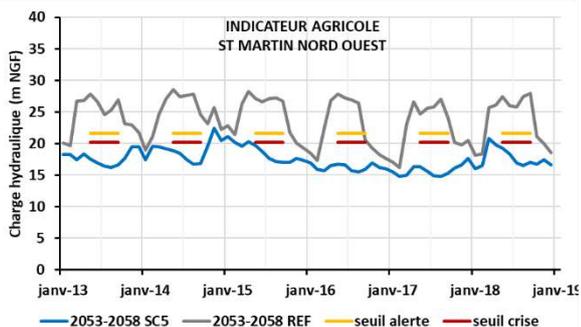
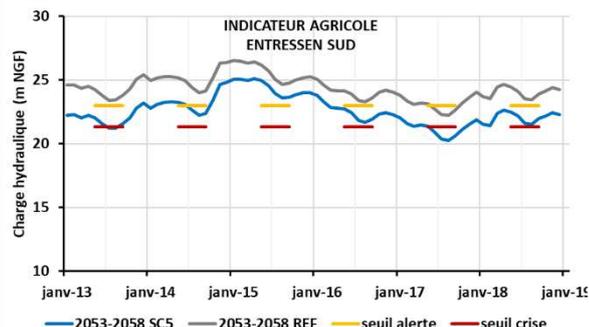
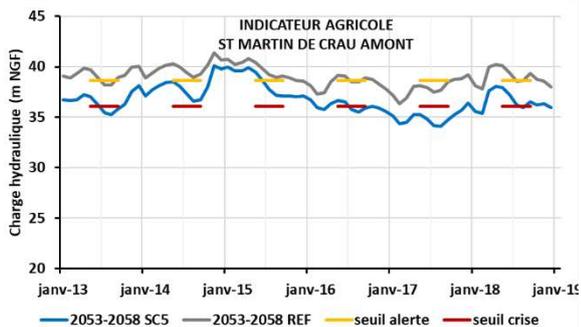
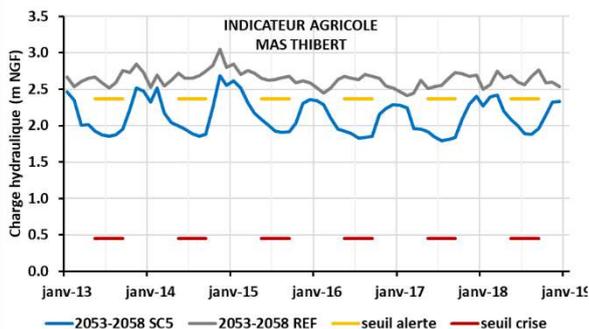
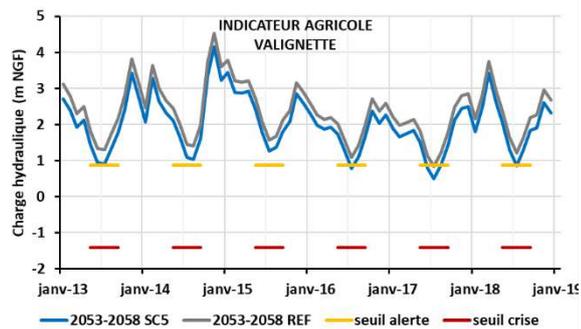
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



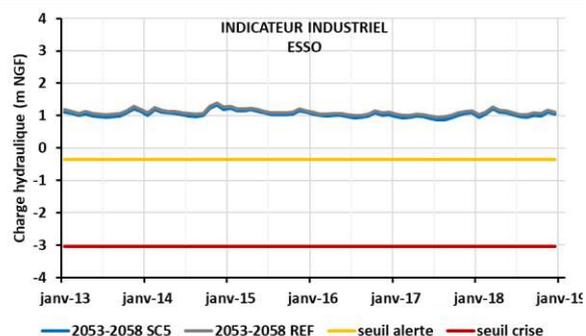
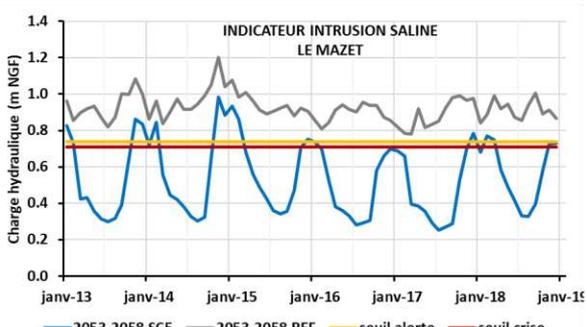
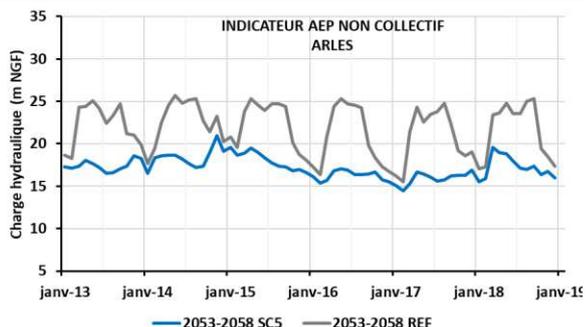
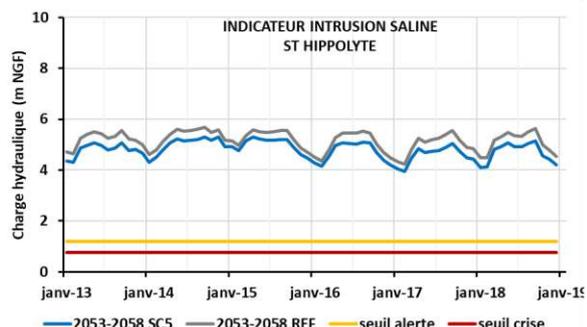
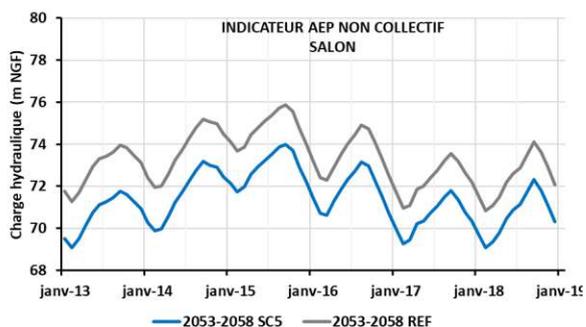
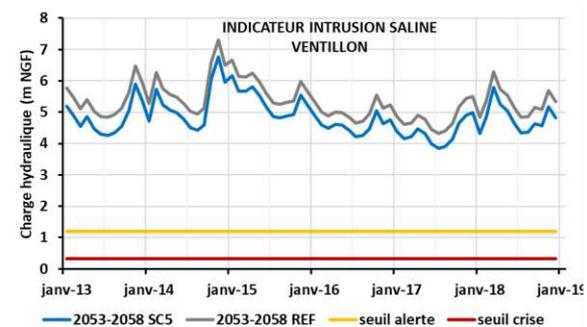
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



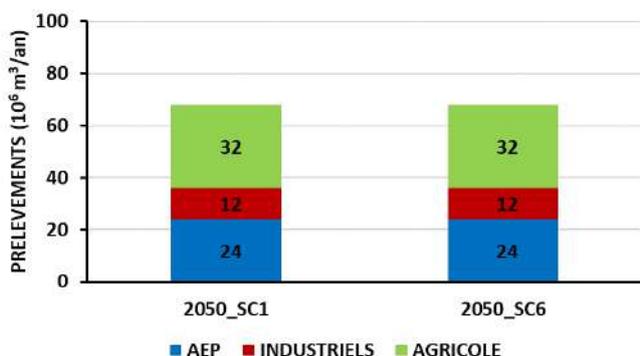
## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058 SCENARIO 6 – DOTATIONS EN EAU EN BAISSSE DE 30%

### DONNEES D'ENTREE

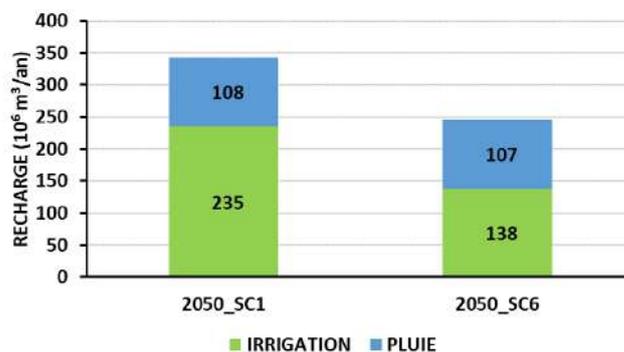
#### SYNTHESE

Climat	<b>Scénario climatique A1B 2053-2058</b>
Occupation des sols	Occupation des sols 2016
Conditions de recharge	<b>Dotation pour l'irrigation 70%</b>
Condition de prélèvements	Prélèvements agricoles estimés 2013-2058
Condition de référence	REFERENCE 2053-2058

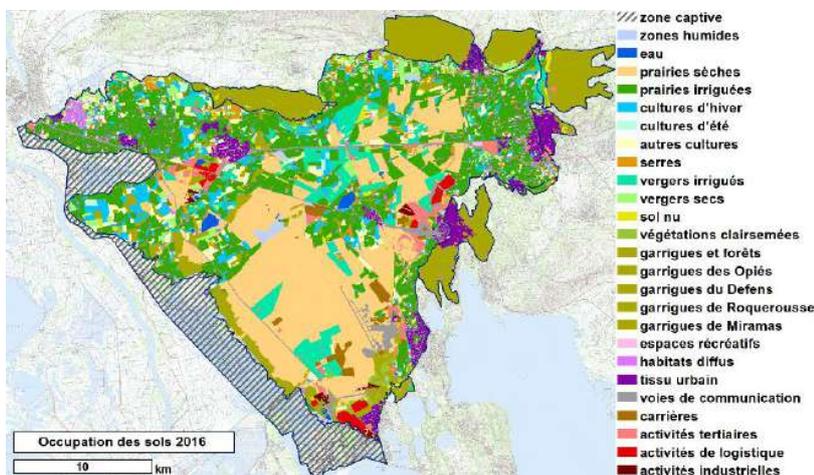
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



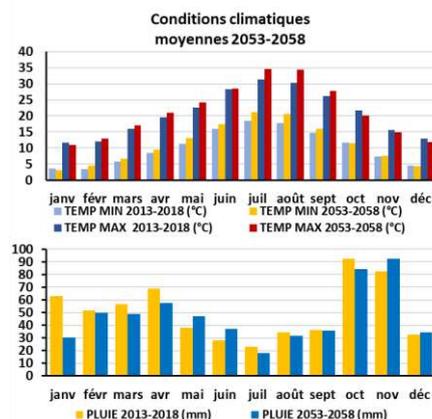
**DOTATIONS EN EAU 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES  
2053-2058 vs 2013-2018**



#### COMMENTAIRES

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'une réduction générale des dotations en eau de 30% appliquée de manière homogène sur l'ensemble des prairies irriguées. Les récentes études ont montré que l'augmentation de la photosynthèse liée au changement climatique pourrait compenser la baisse rendement due à la limitation des volumes irrigués. Le déficit de recharge en 2016 se creuse (245 Hm3 contre 343 Hm3) avec la limitation des dotations en eau.

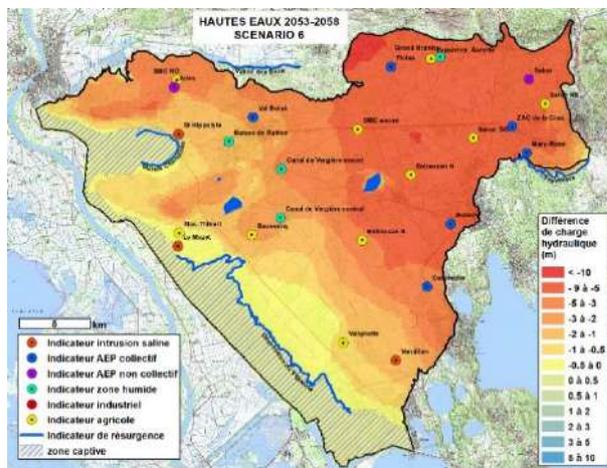
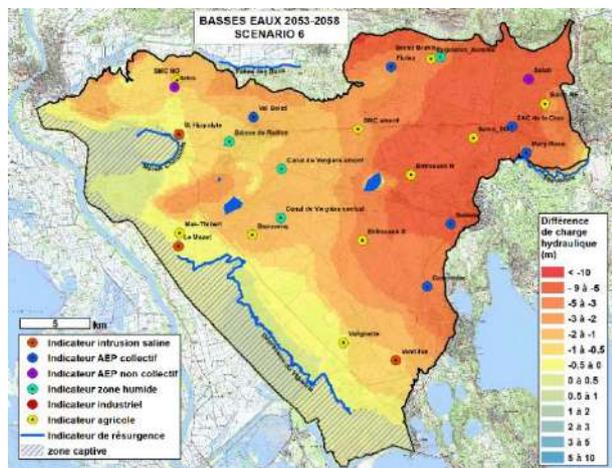
La piézométrie est en baisse sur l'ensemble de la nappe : -0.5 m à -5 m d'est en ouest que ce soit en position à l'ouest atteignant -3 m dans les secteurs des ASA abandonnées. Très localement une baisse de 5 à 10 m est constatée en période de hautes-eaux par rapport à l'état de référence. En période de basses eaux, 31% (+13%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieures à 2 m, tandis que cette surface représente à 36% (+15%) en période de hautes eaux. L'ensemble des indicateurs piézométriques « zones humides » sont soumis à une tension « très forte » tandis qu'une moitié des indicateurs de flux « zones humides » se classent en situation de tension « moyenne ». La salinité atteint la base des crépines du captage du Mazet, soumis à une tension « très forte ». Des tensions « faibles » à « forte » persistantes se présentent pour les indicateurs « AEP collectif » « ZAC de la Crau », « Sulauze » et « Caspienne ». Le captage « Les Fioles » est ponctuellement sous tension « faible ». L'ensemble des indicateurs « agricoles » soumis à une tension faible à forte, à l'exception de l'indicateur « Bausseq » et St Martin nord-ouest ». Une tension faible apparait sporadiquement pour l'indicateur « industriel » « Total ».

**Le scénario 6 montre que la baisse de dotation en eau de 30% aurait des conséquences très importantes sur les usages et fonctions écologiques rendus par la nappe. Ce sont surtout les zones humides et les prélèvements agricoles qui seraient soumis à une tension persistante pouvant être qualifiée de « très forte ». Le captage du Mazet rencontrerait des remontées salines et certains captages AEP rencontreraient des tensions « faibles » à « fortes » sur le plan quantitatif.**

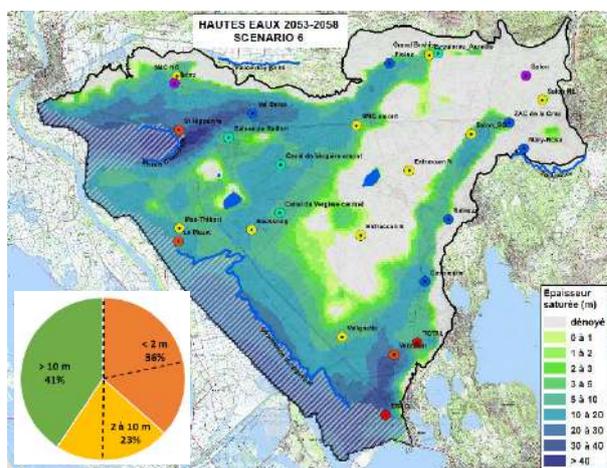
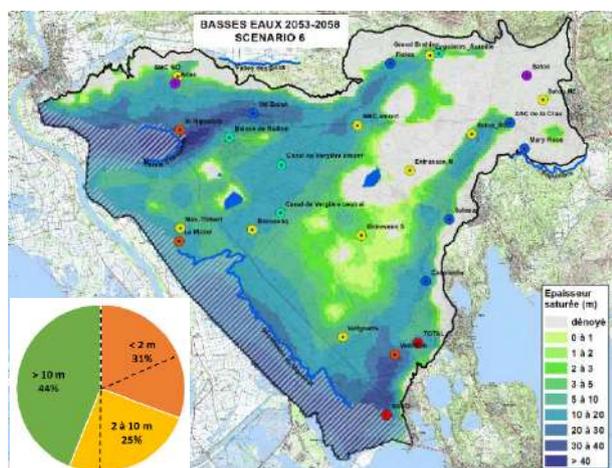
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

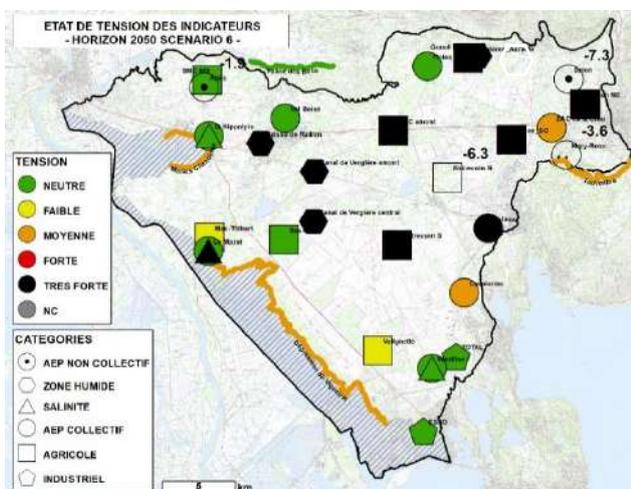


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (SCENARIO 1 2053 -2058)

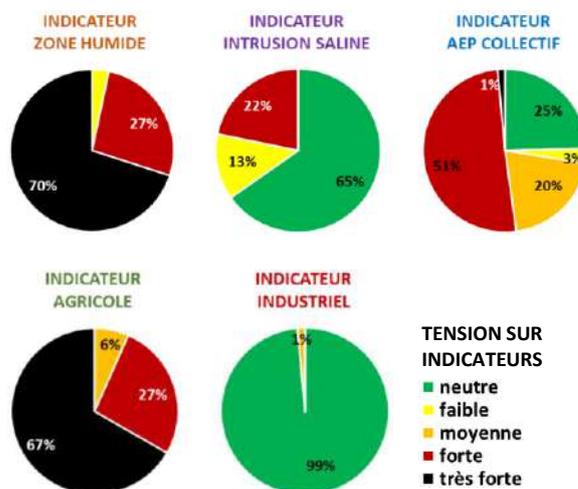


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BAISSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAIS CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRAT																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

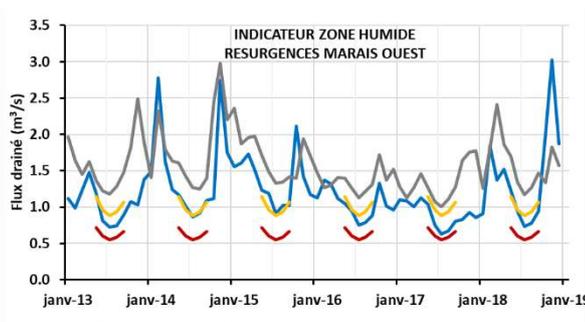
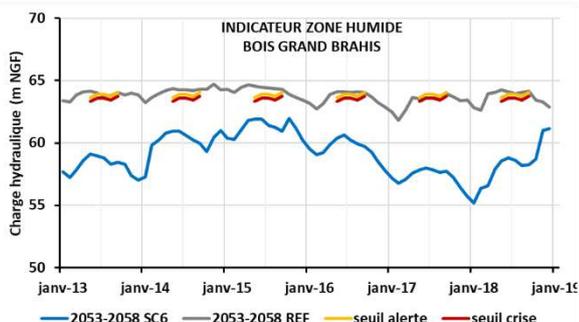
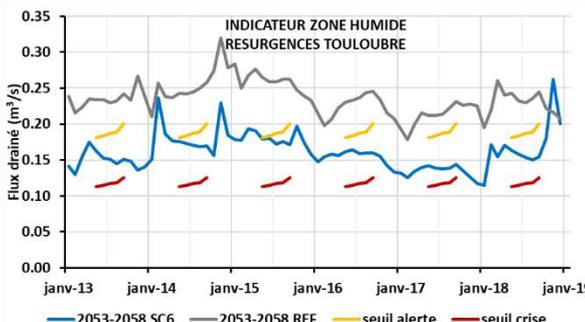
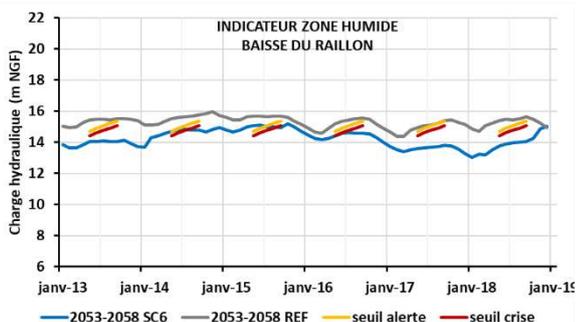
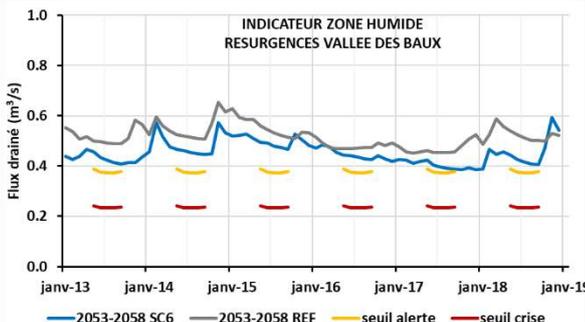
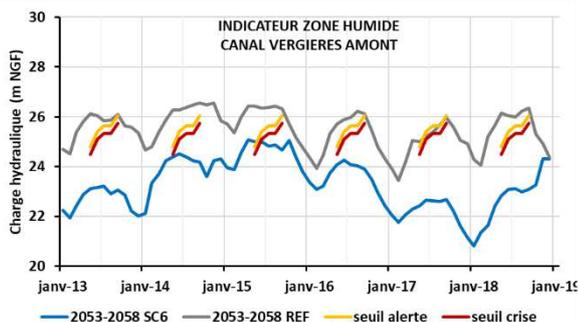
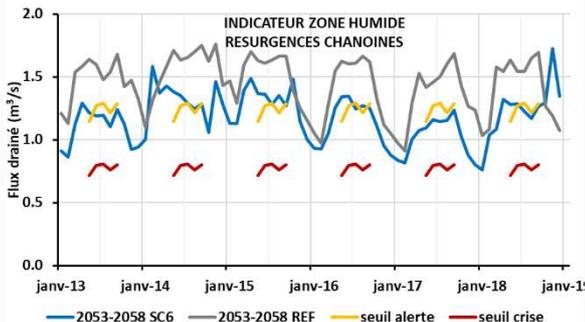
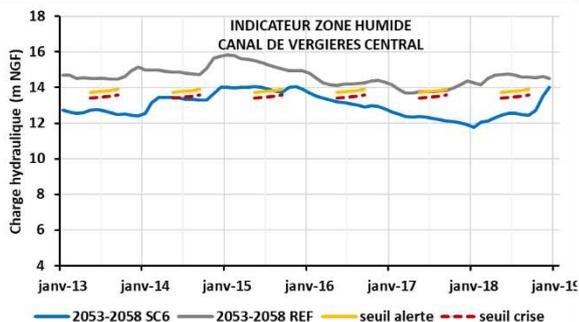
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

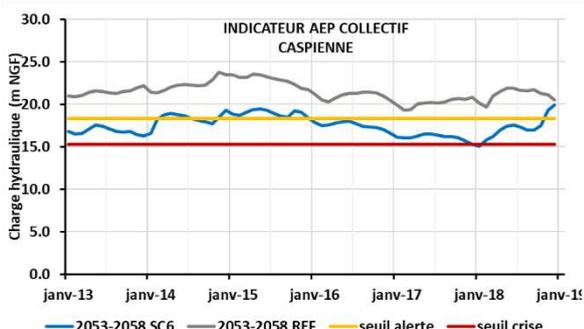
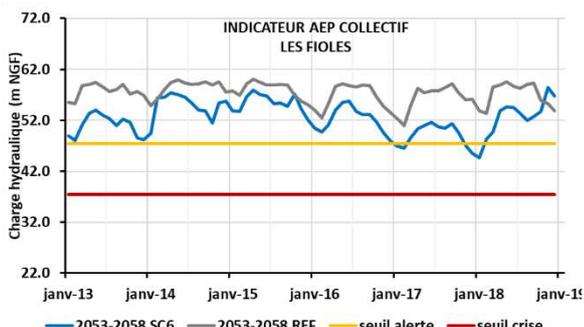
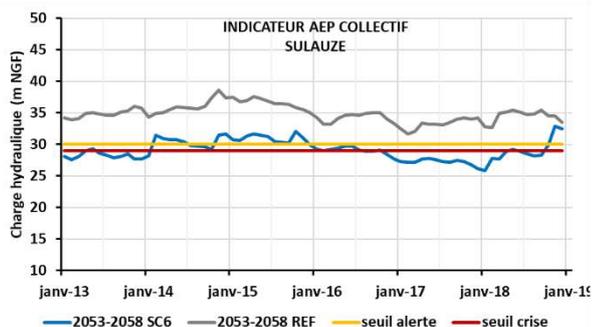
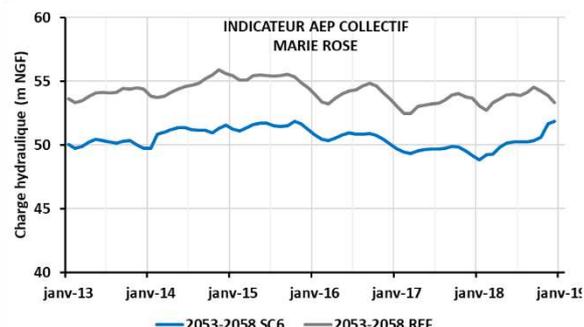
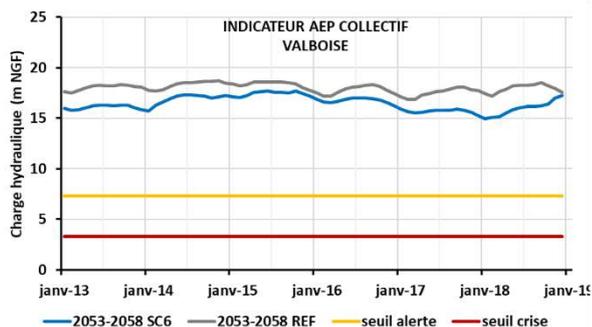
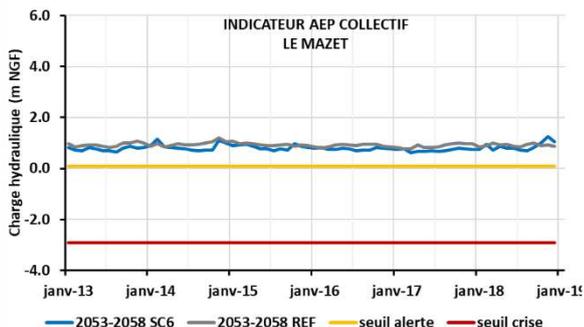
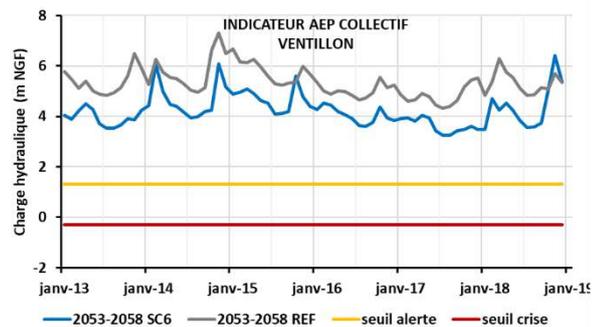
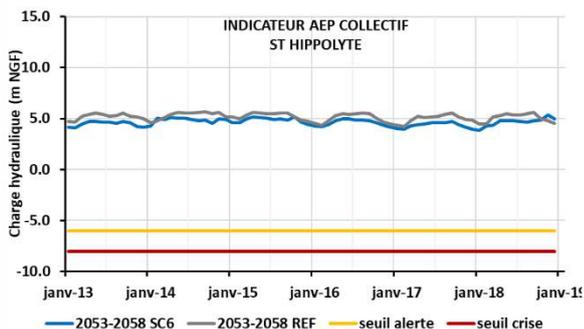
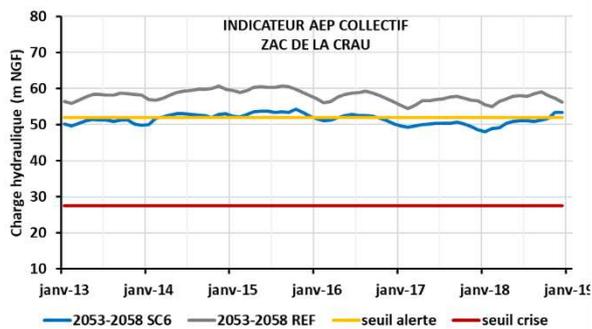
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUES																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

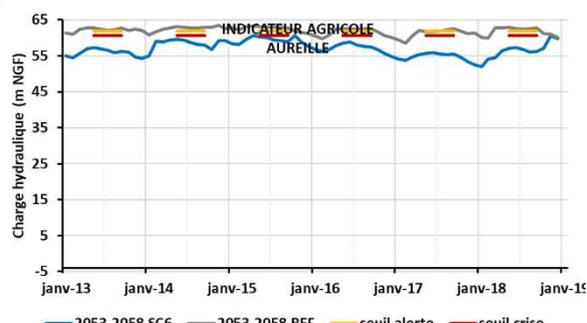
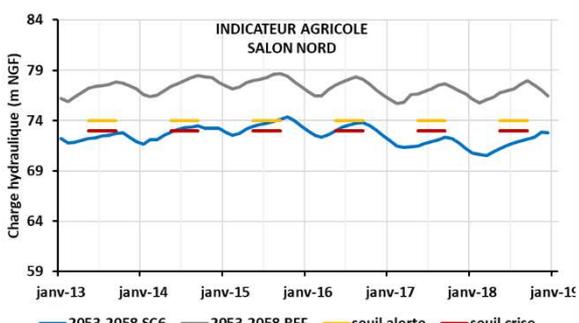
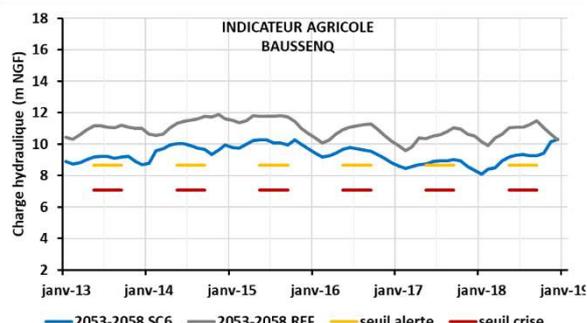
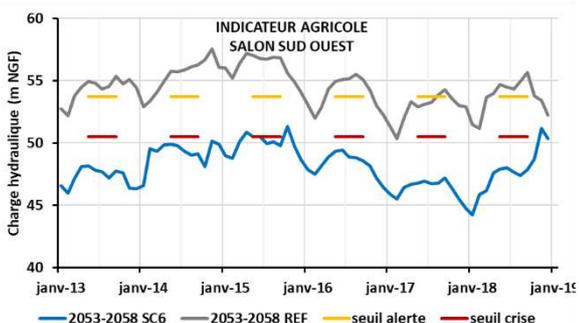
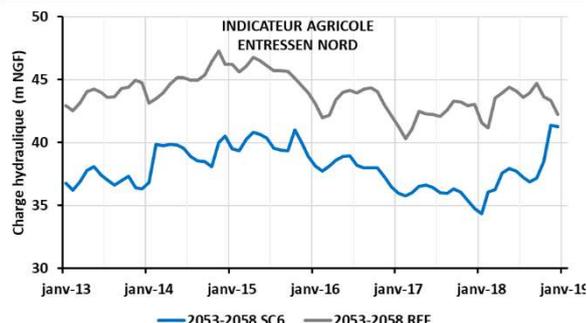
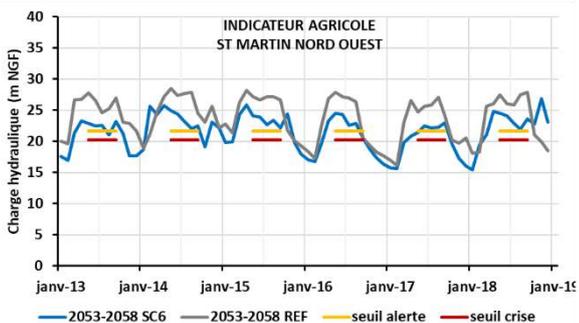
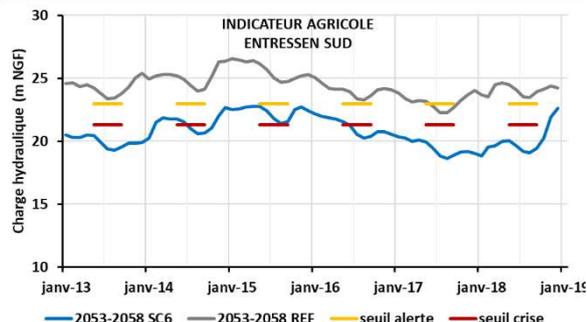
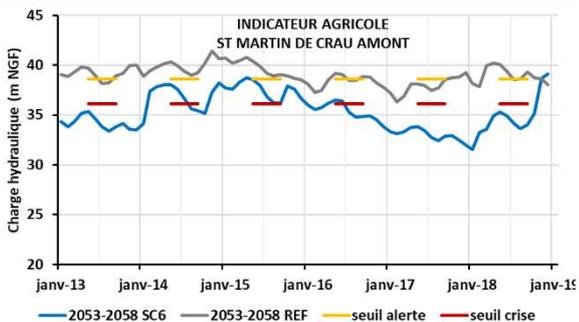
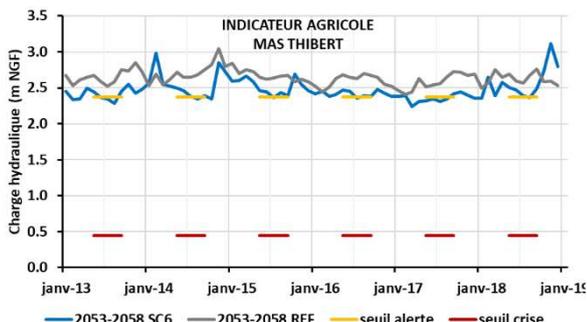
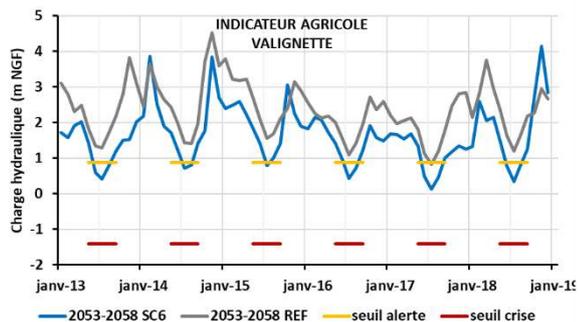
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



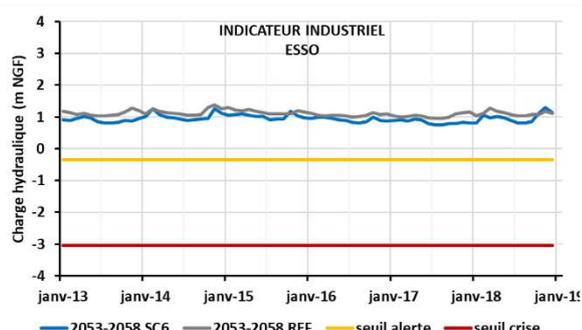
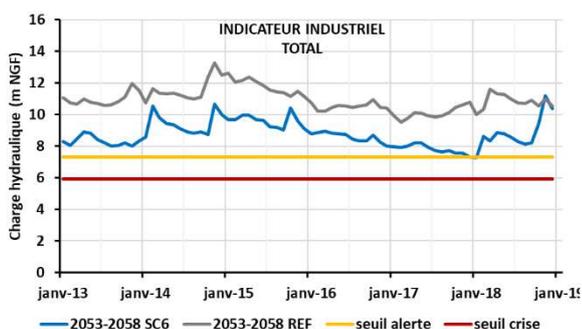
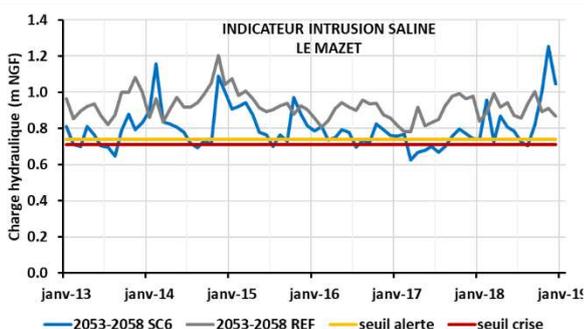
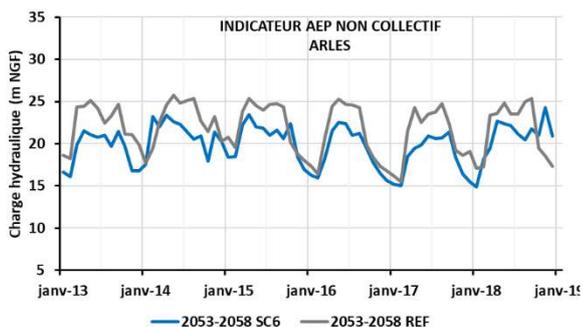
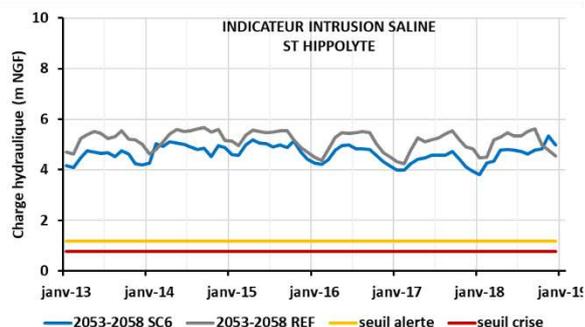
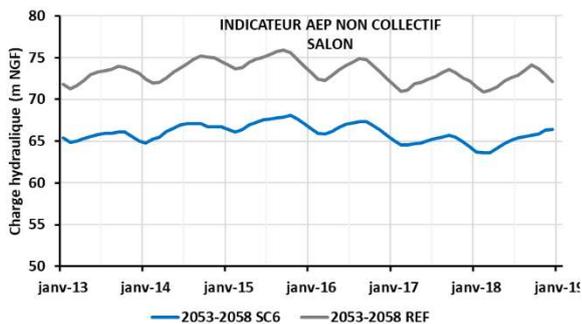
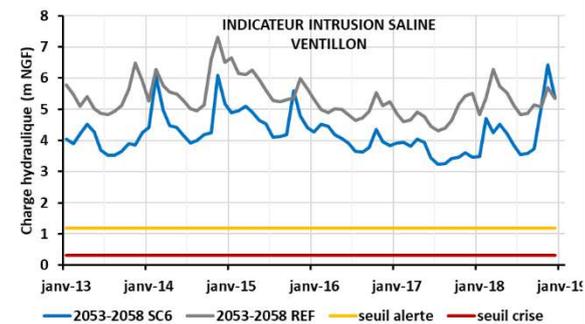
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



## SCENARIOS PROSPECTIFS 2053-2058

### SCENARIO 7 – ABANDON DE LA CULTURE DE FOIN - RETOUR A L'ETAT NATUREL

#### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Occupation des sols

Conditions de recharge

Condition de prélèvements

Condition de référence

Scénario climatique A1B 2053-2058

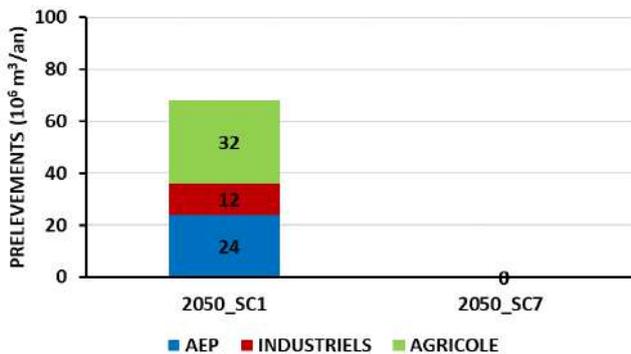
Abandon de toute culture agricole

Dotation pour l'irrigation 0%

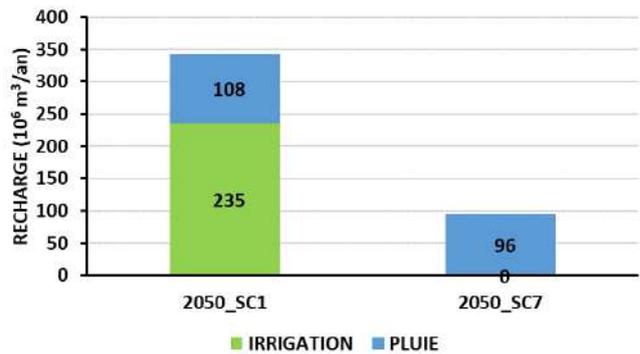
Aucun prélèvements

Référence 2053-2058 (scénario 1)

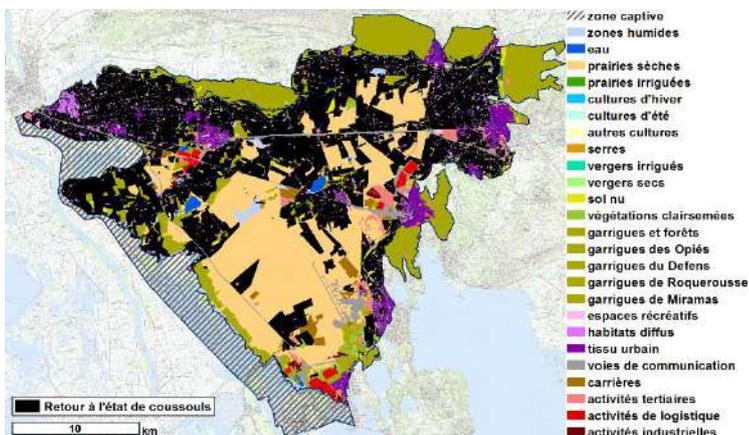
**PRELEVEMENTS 2053-2058**



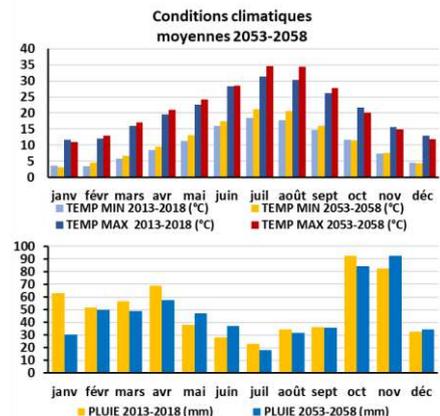
**RECHARGE 2053-2058**



**OCCUPATION DES SOLS 2053-2058**



**CONDITIONS CLIMATIQUES 2053-2058 vs 2013-2018**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact à l'horizon 2050 d'un abandon total de la culture de foin de Crau et de toute culture irriguée sur le territoire. Les autres occupations de sols sont conservées. La recharge baisse de 72% (recharge moyenne de 96 Hm3 contre 343 Hm3), simplement assurée par les apports pluviométriques.

Une baisse piézométrique atteignant l'ensemble de la nappe atteignant plus de 10 m sur le tiers nord-est du territoire et localement plus de 30 m. En période de basses eaux, 49% (+31%) de l'emprise de la nappe présente des épaisseurs de l'horizon saturé inférieures à 2 m, tandis que cette surface représente à 54% (+33%) en période de hautes eaux.

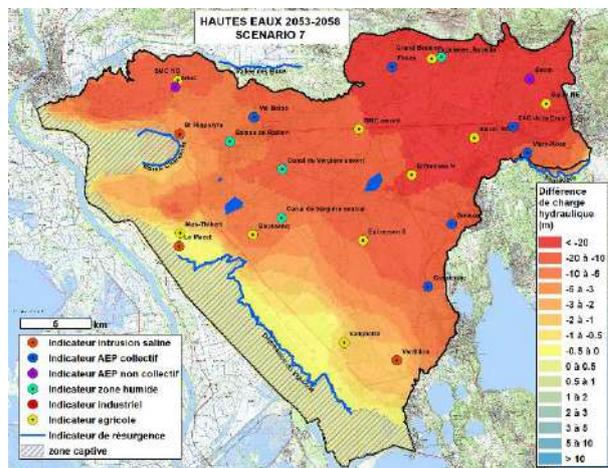
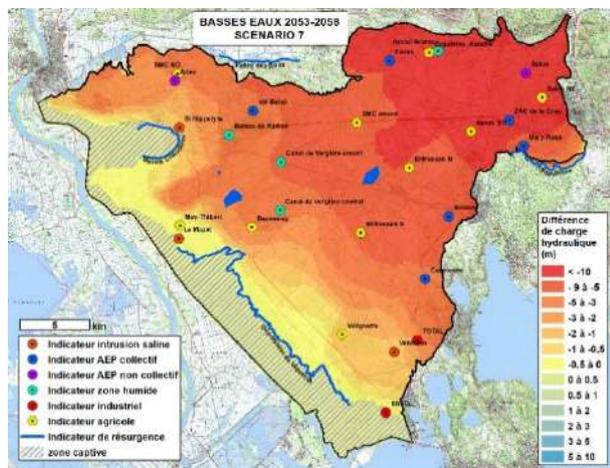
L'ensemble des indicateurs « zones humides », piézométriques ou de flux, sont soumis à une tension « très forte ». Une tension de salinité « très forte » atteint le captage du Mazet mais épargne les deux autres indicateurs « salinité ». Les indicateurs « AEP collectif » « Sulauze », « Les Fioles », « Caspienne » sont soumis à des tensions « très fortes », tandis que « ZAC de la Crau » est en tension moyenne. Les autres indicateurs de « AEP collectif » ne présentent pas de tension. Une très forte majorité des indicateurs « agricoles sont soumis à une tension « très forte », à l'exception de « Valignette » et « Mas-Thibert » en tension « faible » à « moyenne ». L'indicateur industriel « total est classé en tension « forte ».

**Un retour à un état peu influencé aurait des répercussions très graves sur les usages et fonctions écologiques de la nappe. Seul certains captages AEP pourraient continuer à fonctionner sans être touchés par des intrusions salines : St Hippolyte, Valboisé et Ventillon**

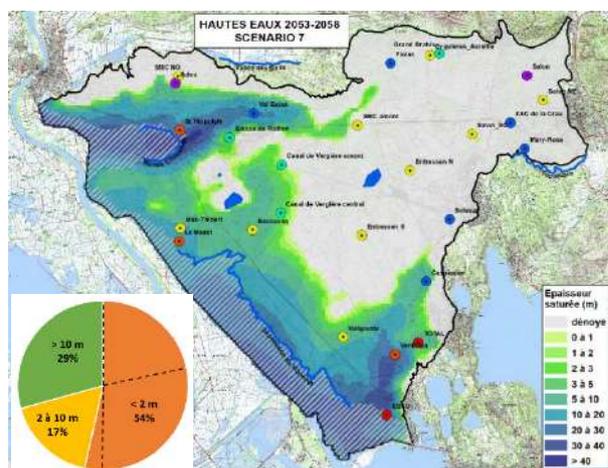
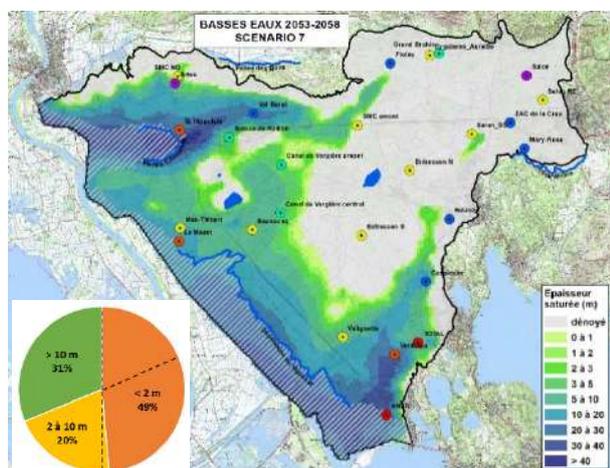
## RESULTATS

### BASSES EAUX MOYENNES - février 2055

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2058

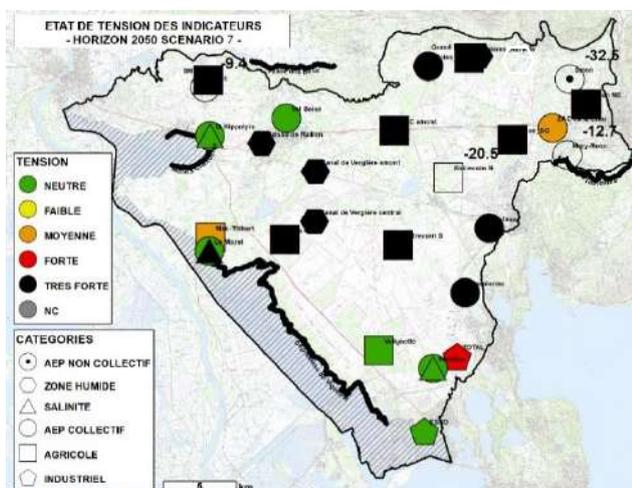


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (SCENARIO 1 2053 -2058)

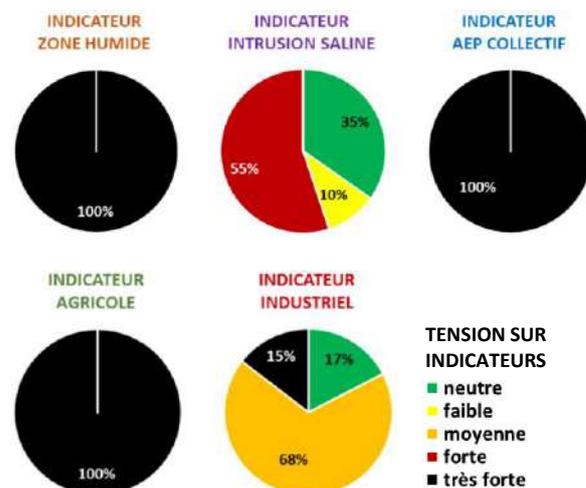


Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Répartition spatiale de la tension sur les indicateurs



Répartition statistique de la tension sur chaque catégorie d'indicateur

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BAISSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAI CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRAT																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

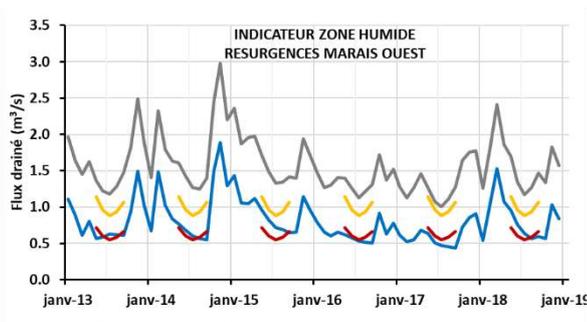
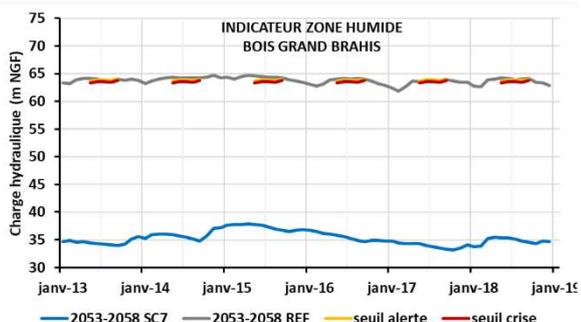
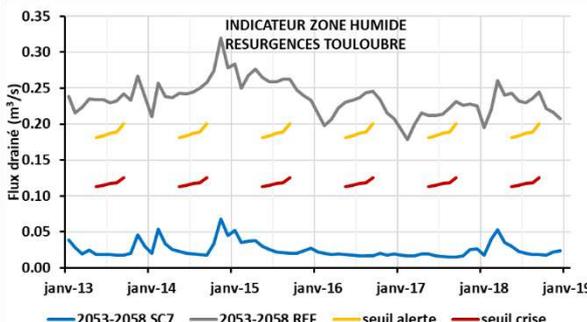
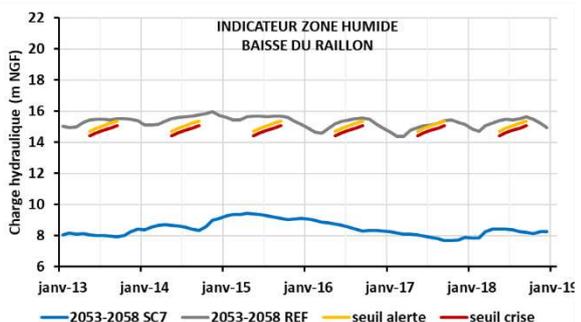
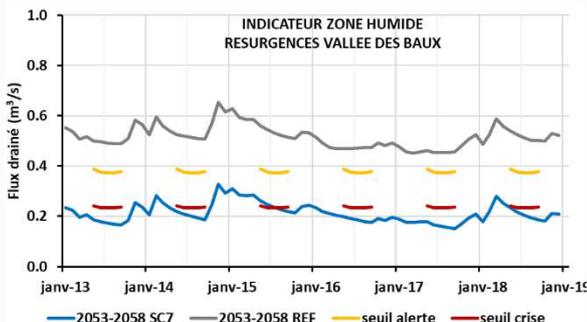
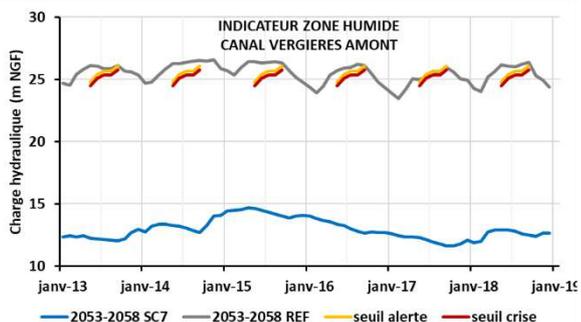
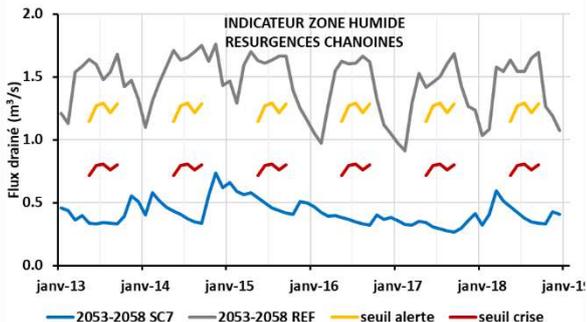
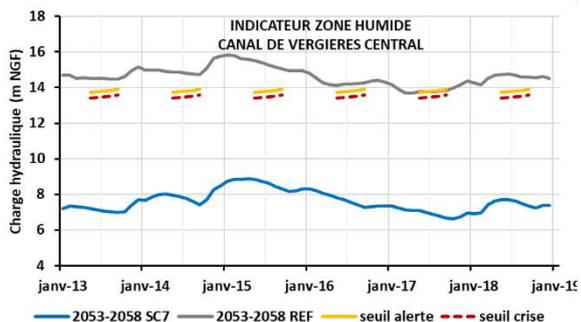
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

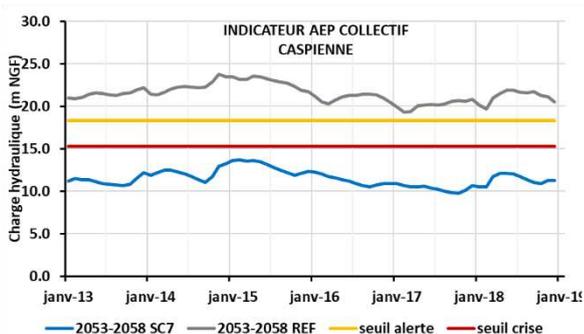
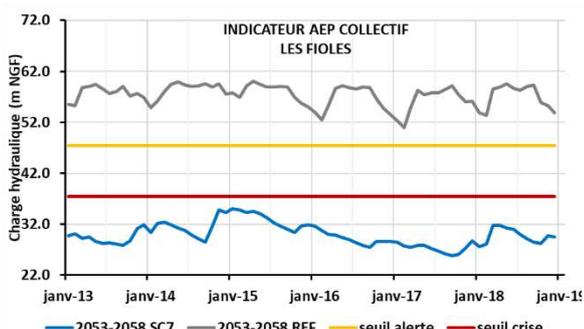
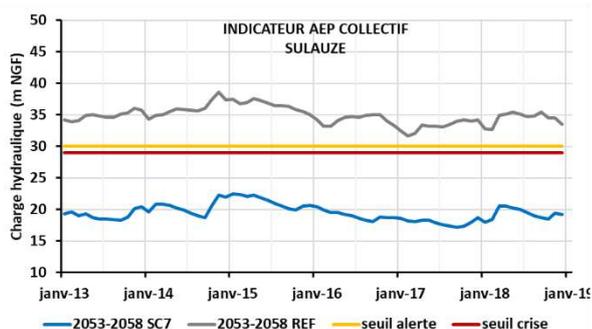
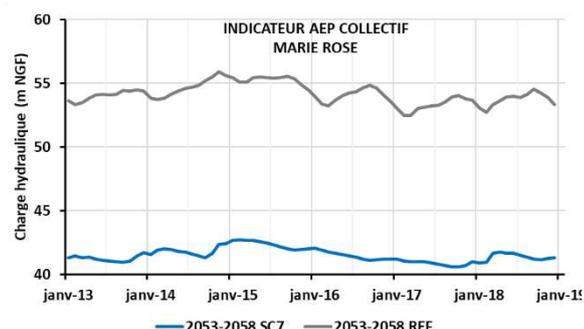
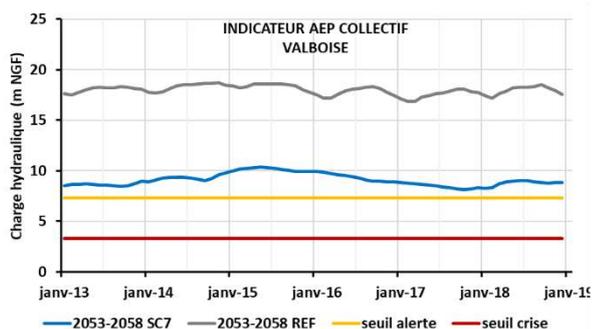
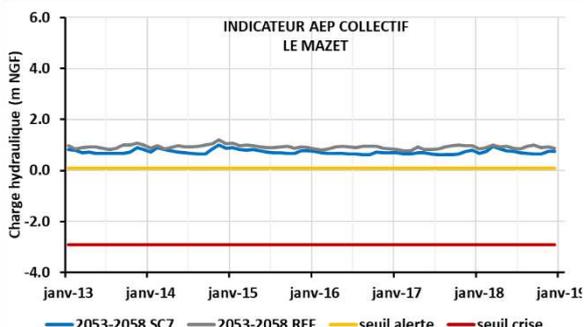
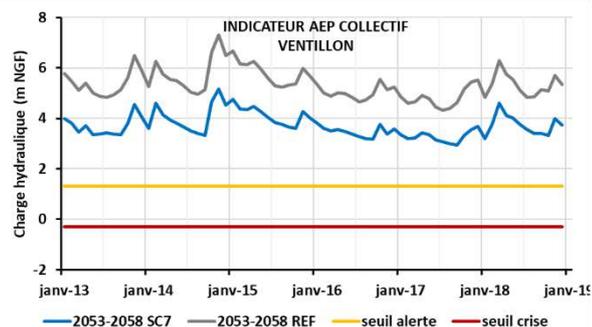
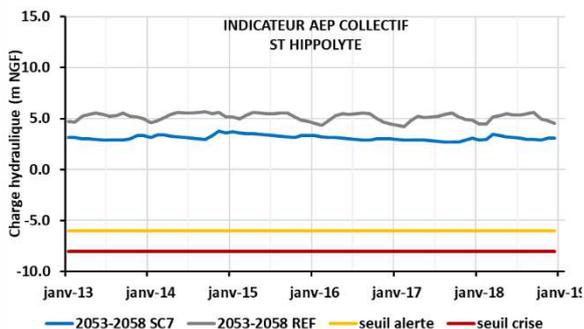
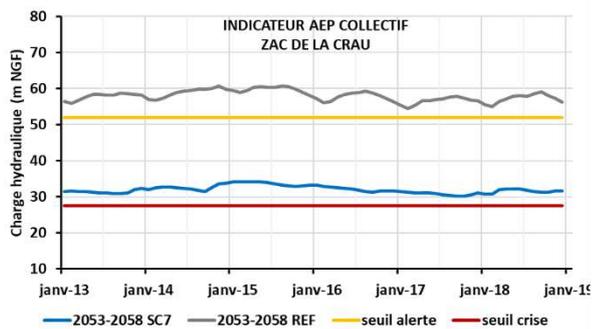
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUES																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

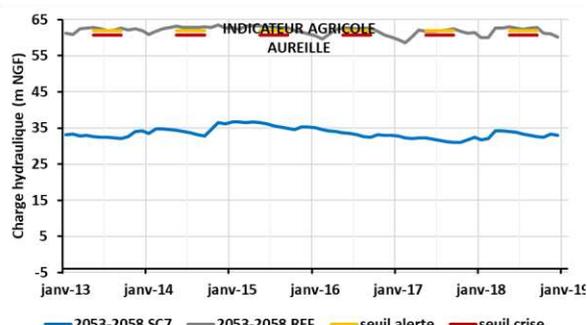
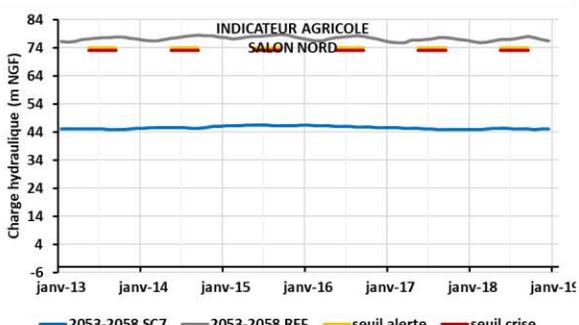
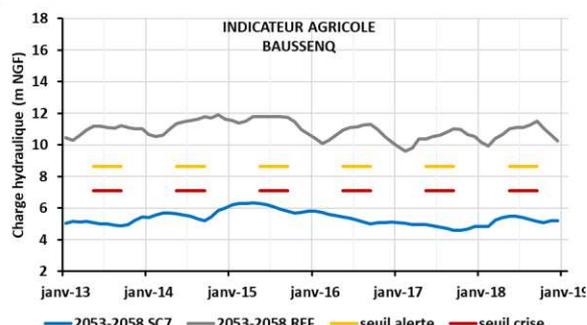
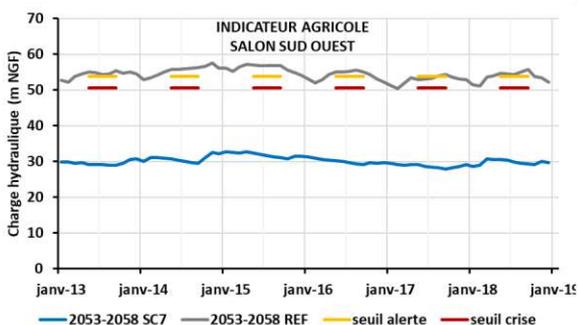
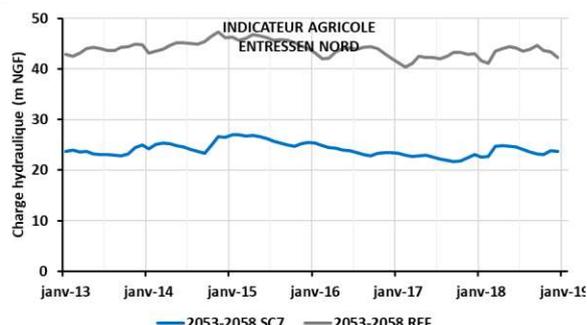
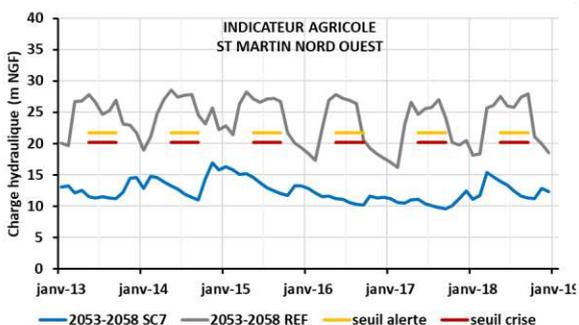
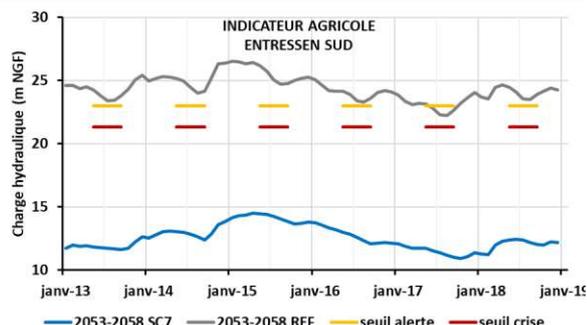
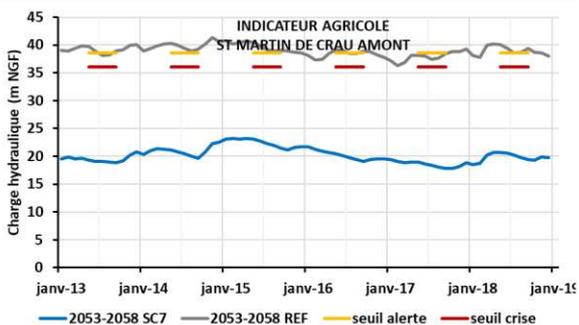
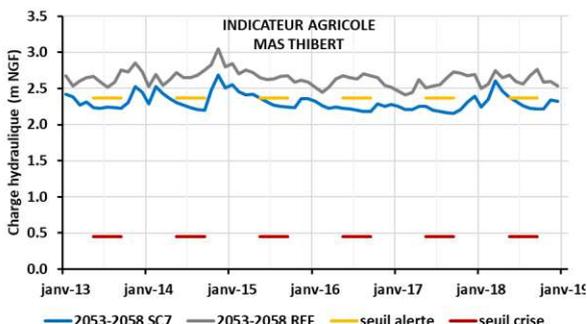
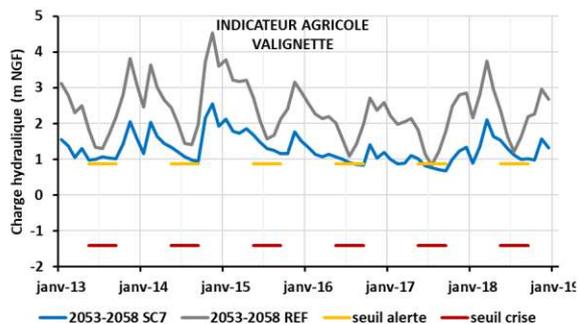
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



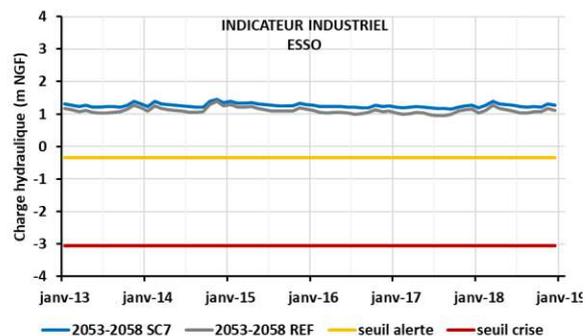
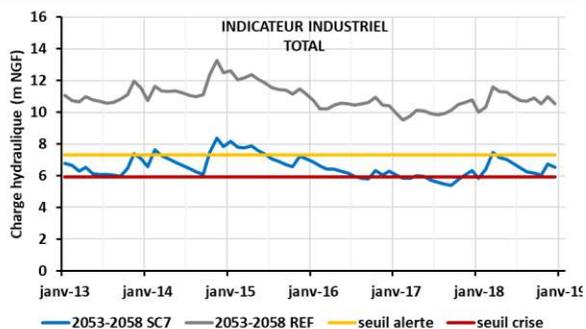
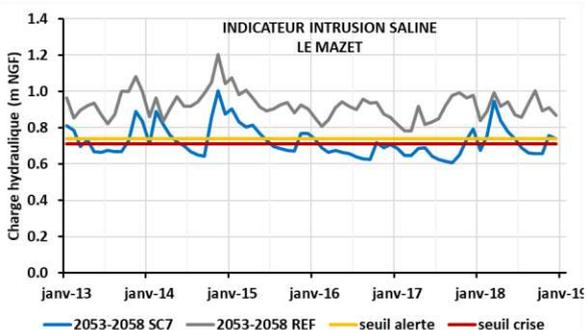
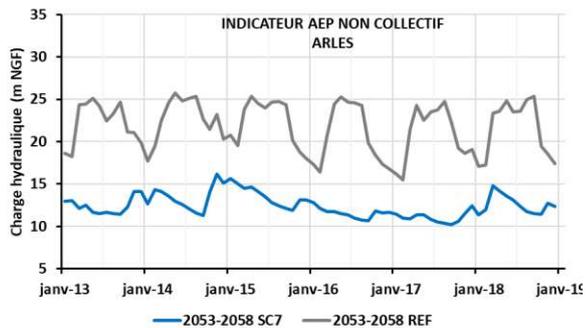
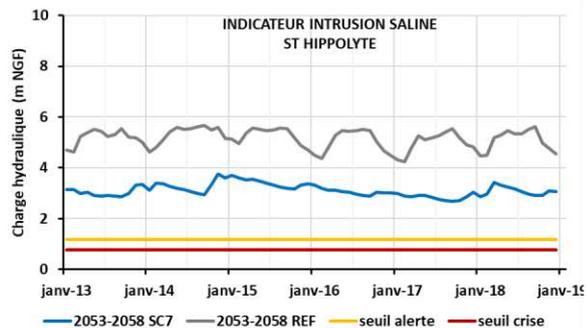
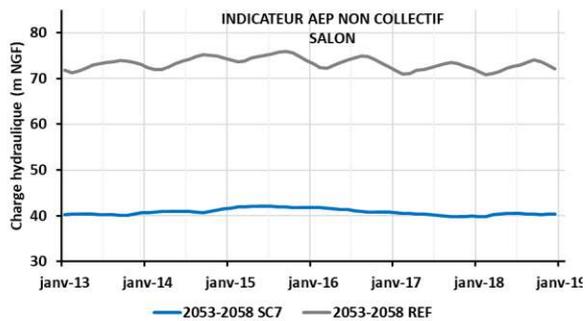
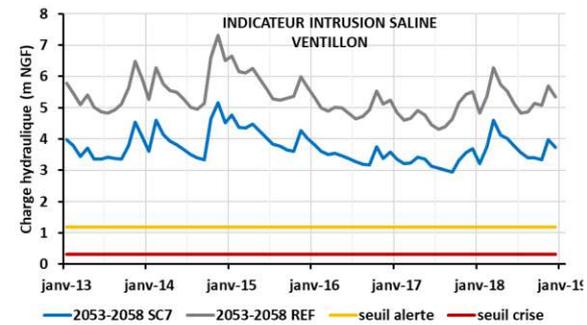
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**



## **12 ANNEXE 11 - FICHES DE SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ANALYSE DES SCENARIOS DE GESTION SECHERESSE**

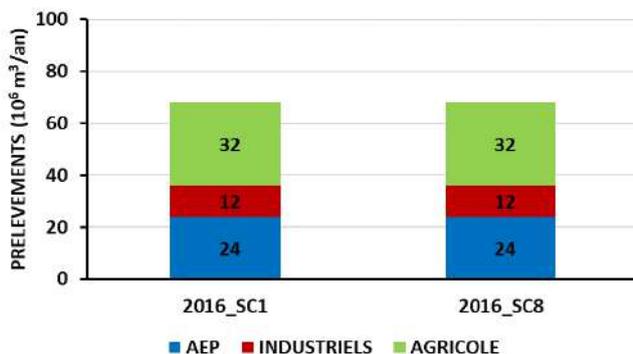
## SCENARIOS PROSPECTIFS 2013-2018 SCENARIO 8 – SECHERESSE SEVERE EN 2015 ET 2016

### DONNEES D'ENTREE

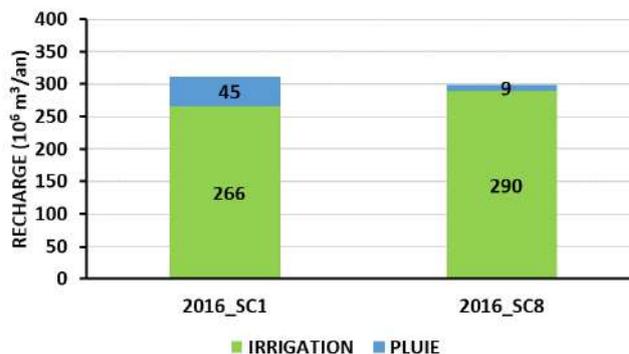
#### SYNTHESE

Climat	<b>Climat 2013-2018 avec un déficit en pluie de 50% en 2015-2016</b>
Occupation des sols	Observation 2016
Conditions de recharge	Dotation pour l'irrigation 100%
Condition de prélèvements	Prélèvements agricoles estimés 2013-2058
Condition de référence	Etat de référence année 2016

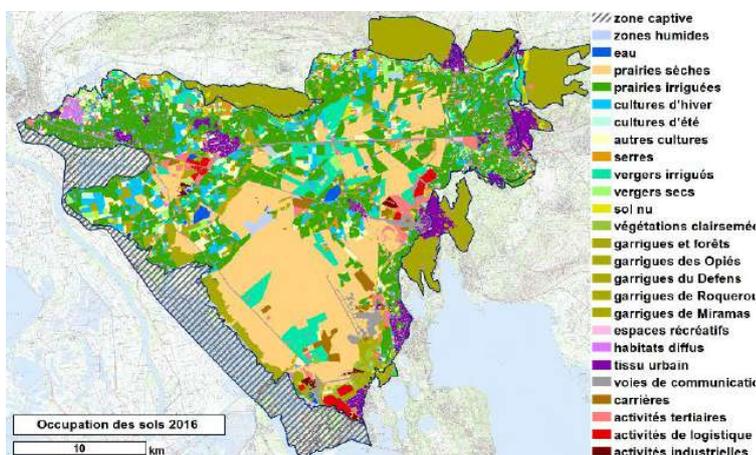
**PRELEVEMENTS 2016**



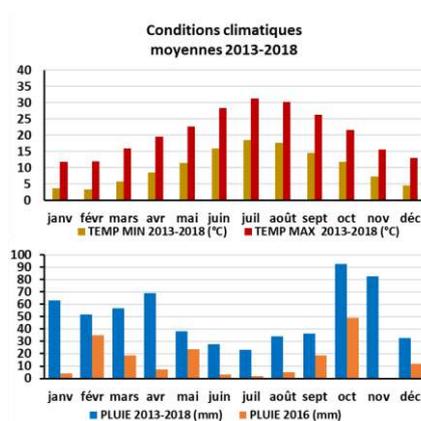
**RECHARGE 2016**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact de la sécheresse sans qu'aucune restriction en soit imposée. Les résultats sont comparés à la simulation de référence 2013-2018 sans sécheresse.

La recharge en 2016 est globalement déficitaire (299 Hm<sup>3</sup> contre 311 Hm<sup>3</sup>) : l'augmentation de l'irrigation liée à la faiblesse des précipitations ne compense pas les pertes de recharge liées à la faible pluie.

Cela donne un résultat contrasté en septembre 2016 avec des secteurs où la piézométrie a tendance à augmenter (jusqu'à +2 m) et une majorité du territoire où celle-ci baisse (-0.5 à -2 m). En février 2017, l'ensemble de la nappe présente un déficit de -0.5 à -2 m).

En septembre 2016, 22% de la surface de la nappe présente une épaisseur inférieure à 2 m. En février 2017, cette très faible épaisseur atteint 31% de la nappe.

Les indicateurs d'état sont globalement en tension « neutre » en septembre 2016 et février 2017. Quelques tensions qualifiées de « faibles » interviennent à l'été 2017 sur les indicateurs « zones humides » et « agricoles », soit un an après l'épisode de sécheresse.

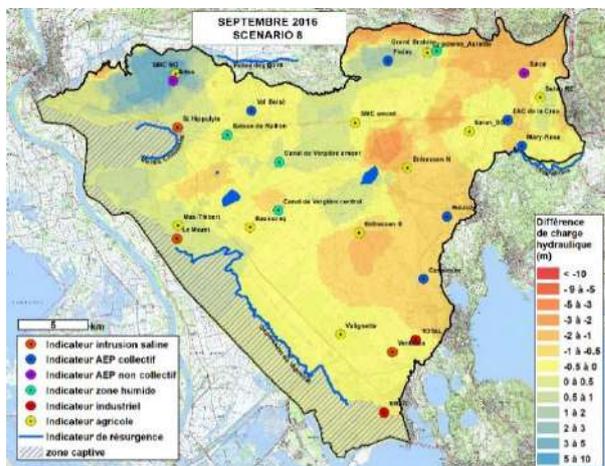
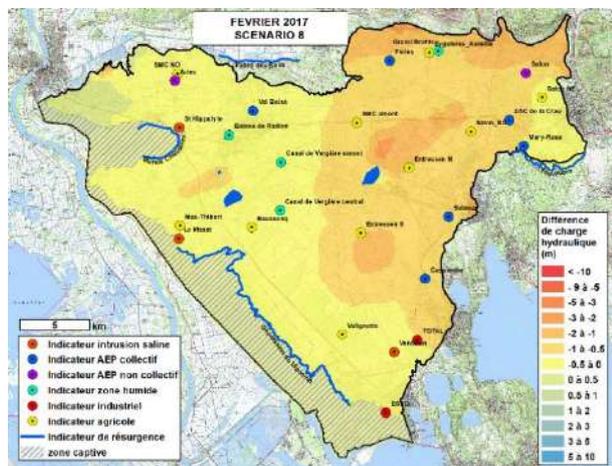
L'état de référence est rattrapé au cours de l'année 2018 pour la majorité des indicateurs, marquant une inertie du système d'environ 1 à 2 ans.

**Globalement, l'impact de pluie très faibles cumulées sur deux ans n'a pas d'incidence majeure sur l'état de la ressource.**

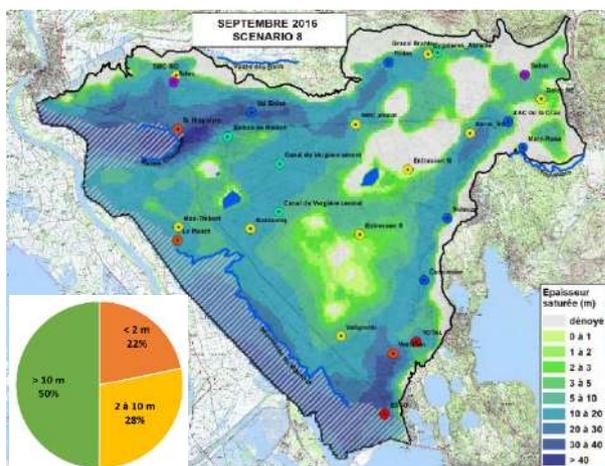
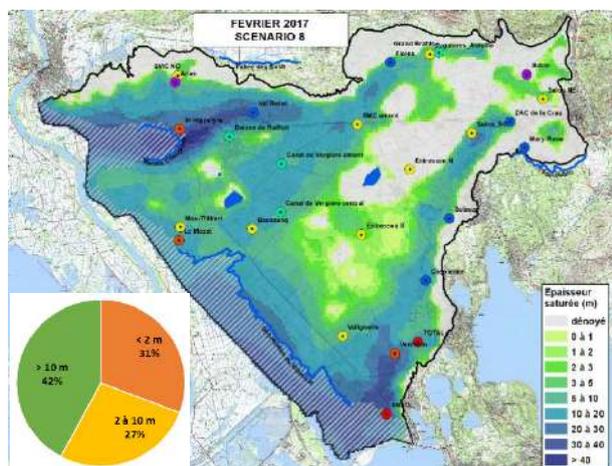
## RESULTATS

### BASSES EAUX - février 2017

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2018

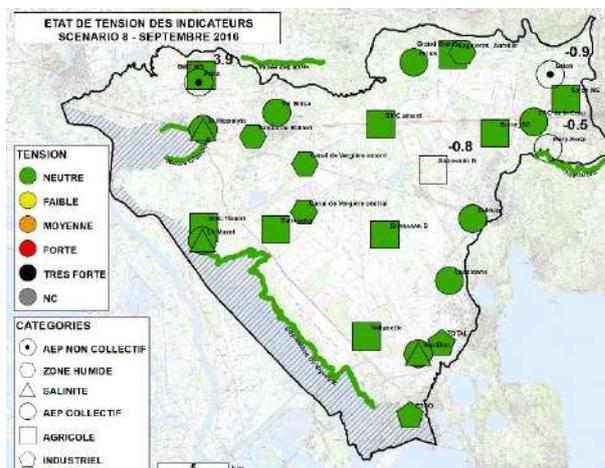
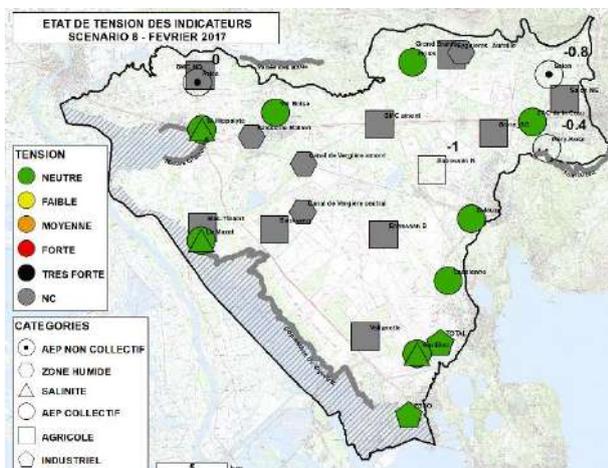


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (état de référence 2013-2018)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### INDICATEURS



Classement individuel des indicateurs en février 2017 et septembre 2016

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAI CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRAT																										

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

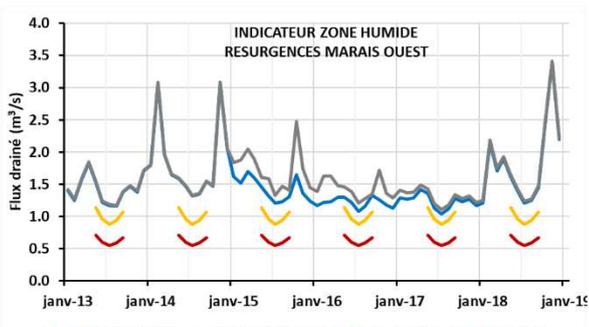
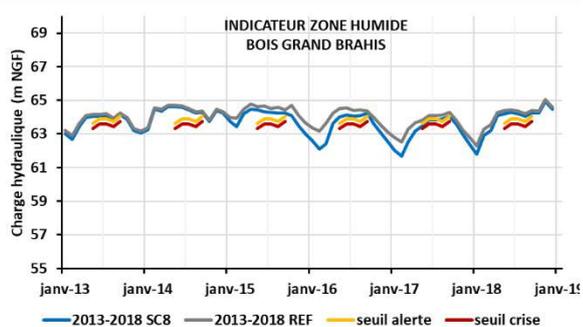
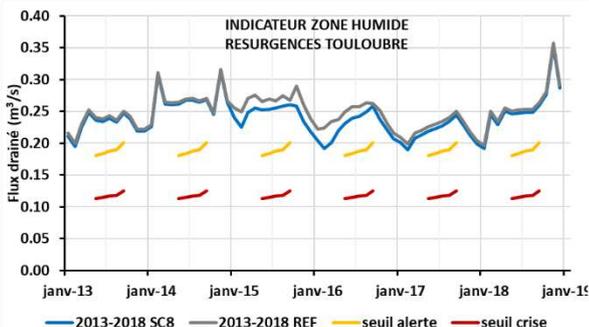
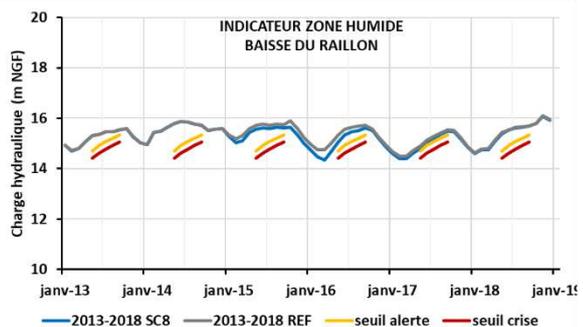
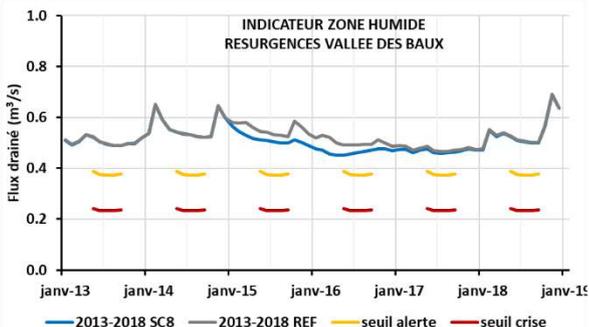
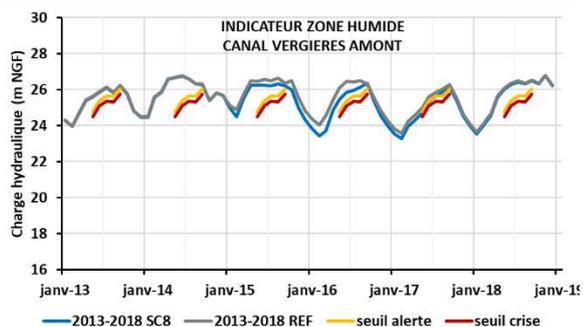
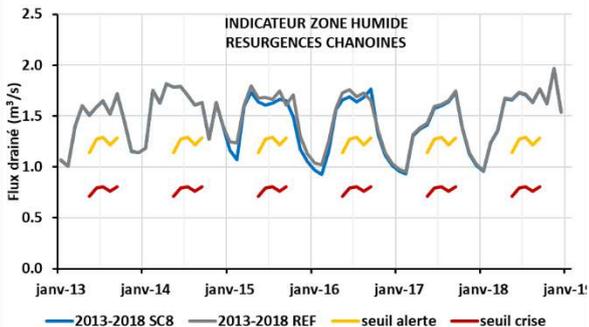
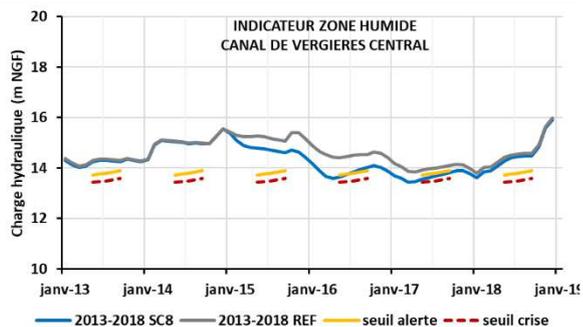
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUES																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

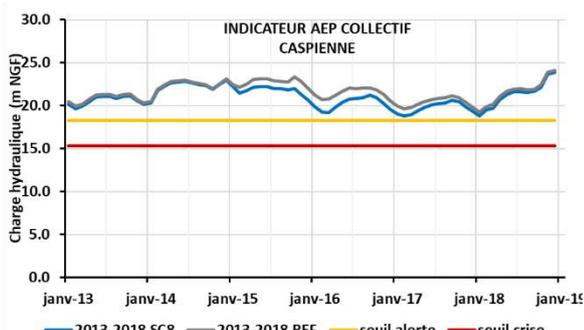
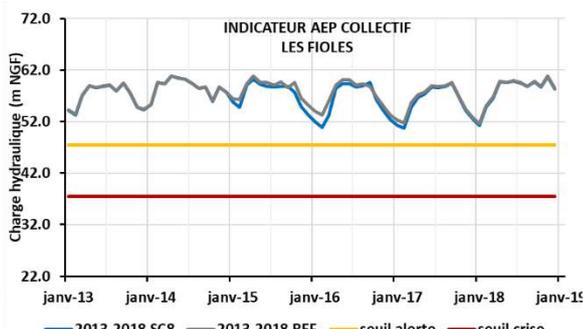
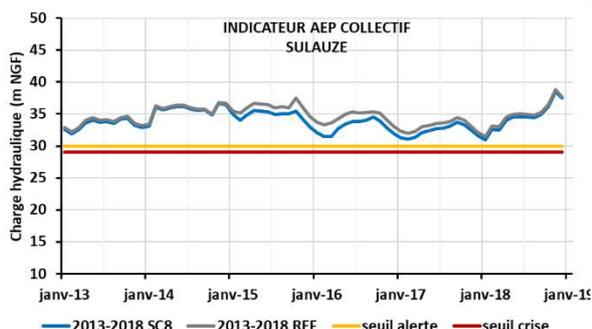
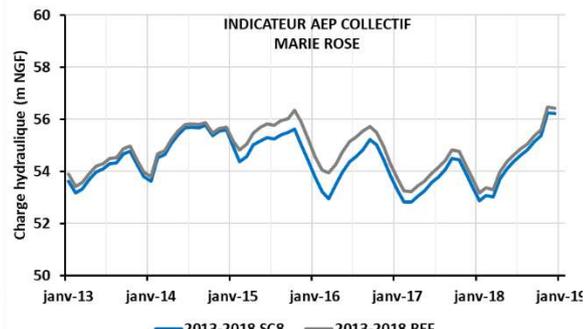
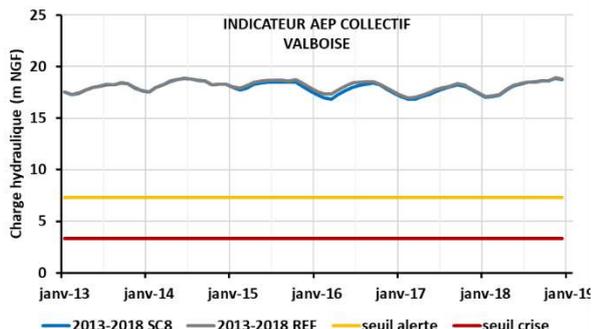
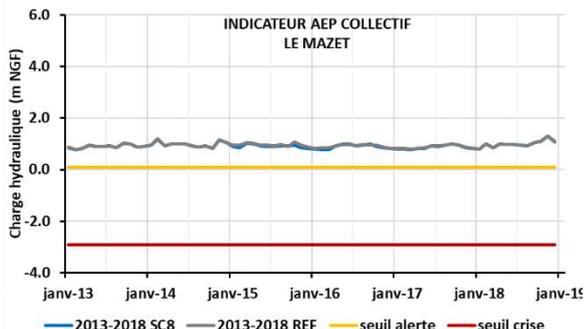
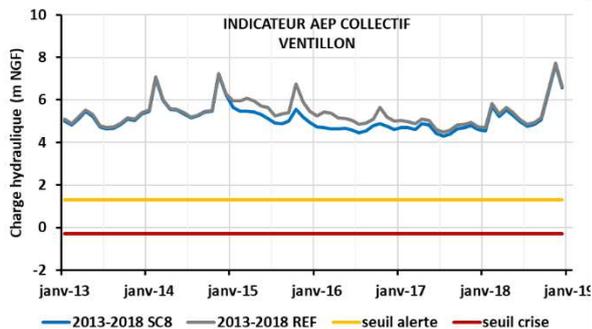
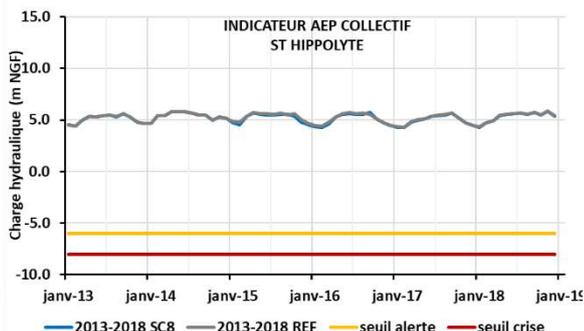
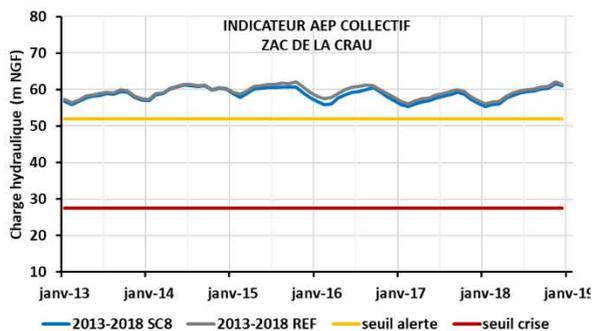
INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
TOTAL																										
ESSO																										

SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------

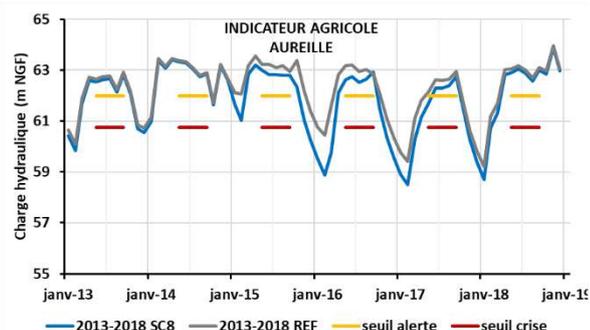
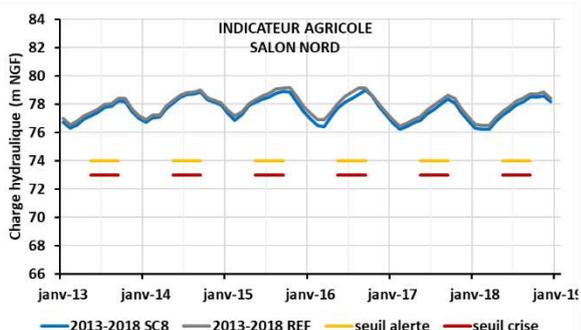
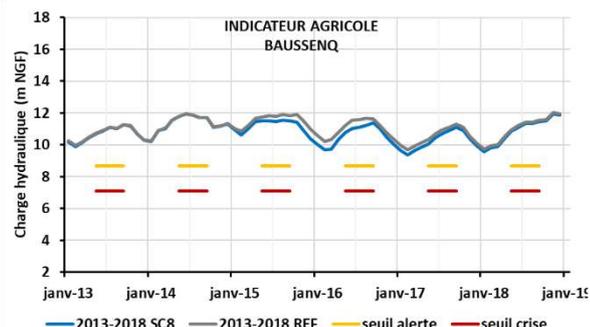
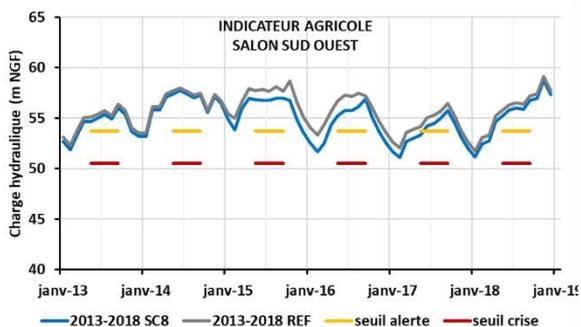
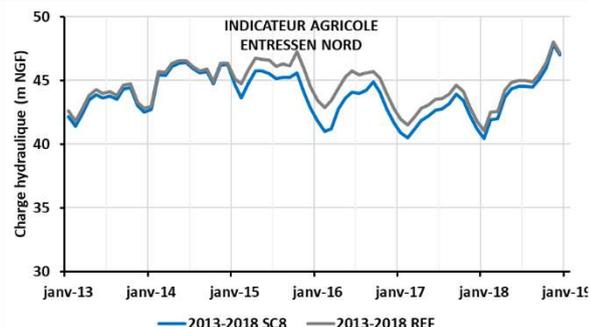
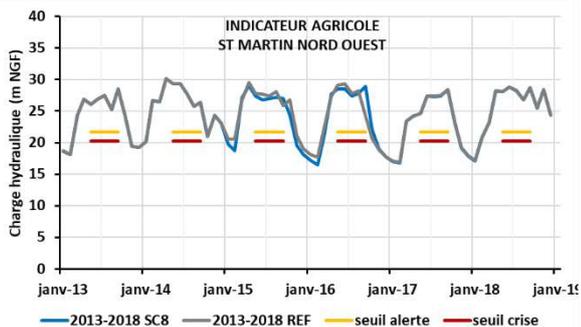
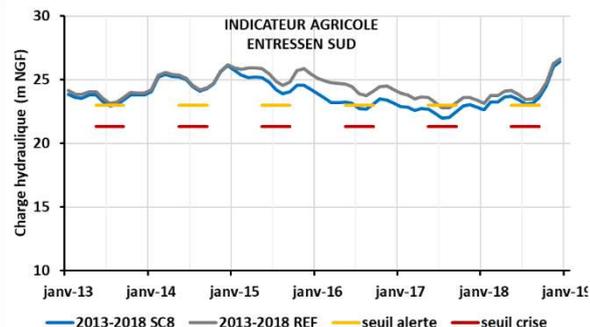
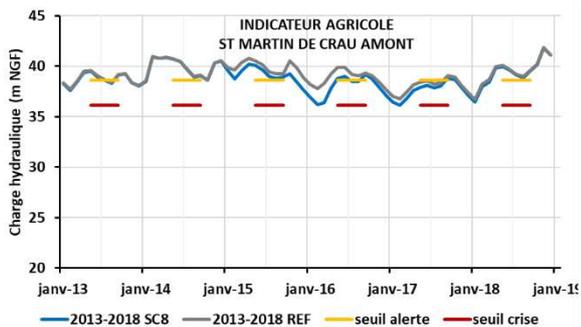
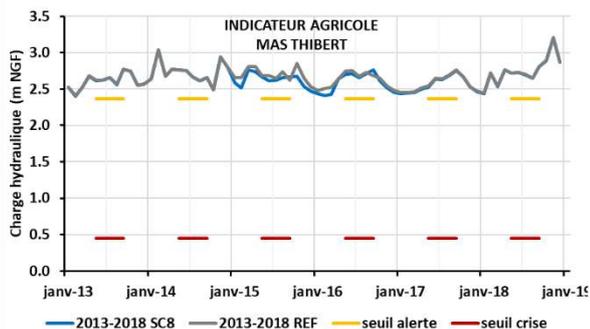
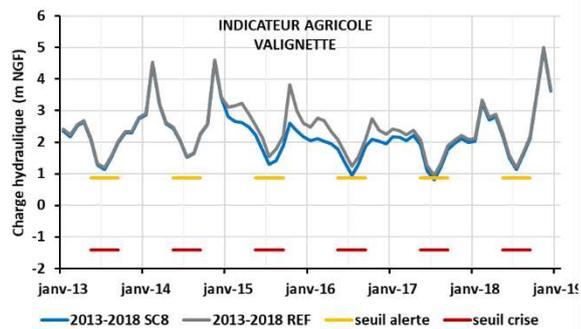
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



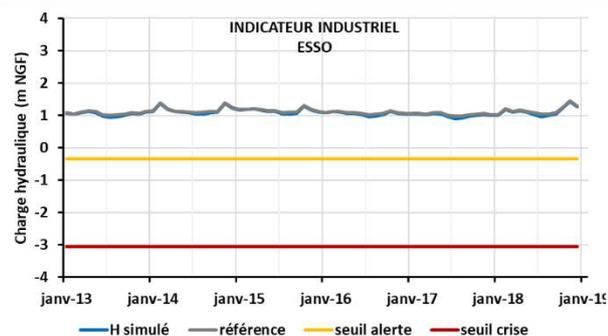
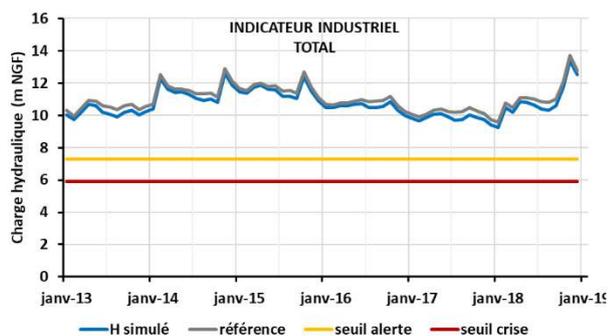
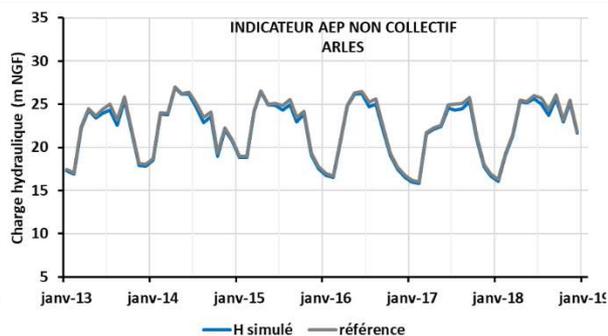
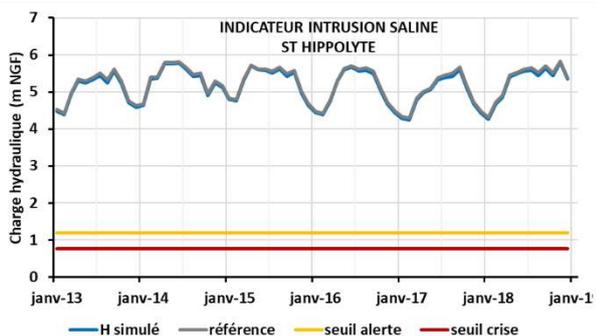
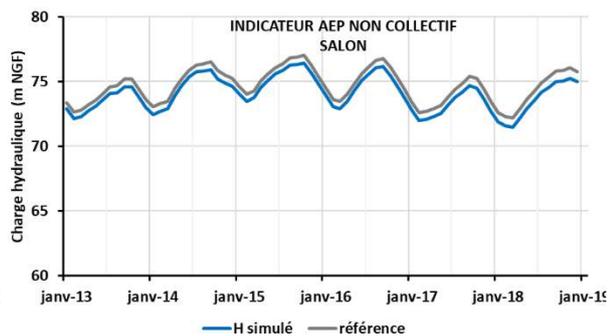
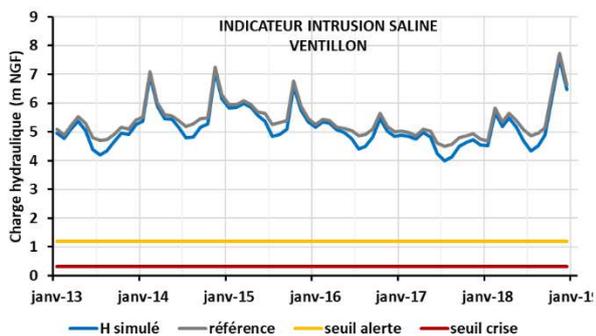
**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF**



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



## SCENARIOS PROSPECTIFS 2013-2018

### SCENARIO 9 – SECHERESSE 2015-2016 : ETAT D'ALERTE ANTICIPEE

#### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Climat 2013-2018 avec un déficit en pluie de 50% en 2015-2016

Occupation des sols

Observation 2016

Conditions de recharge

Dotation en eau -10 % de mars à octobre 2016

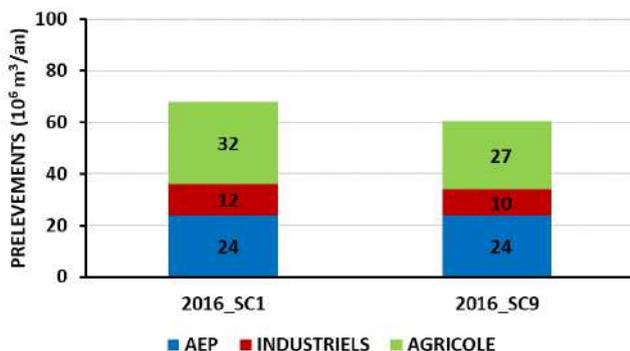
Condition de prélèvements

Prélèvements agricoles et industriels -20% de mars à octobre 2016

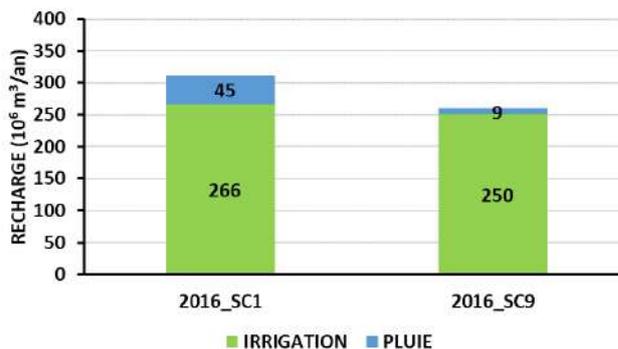
Condition de référence

Scénario 8 (sécheresse 2015-2016 sans mesures de gestion)

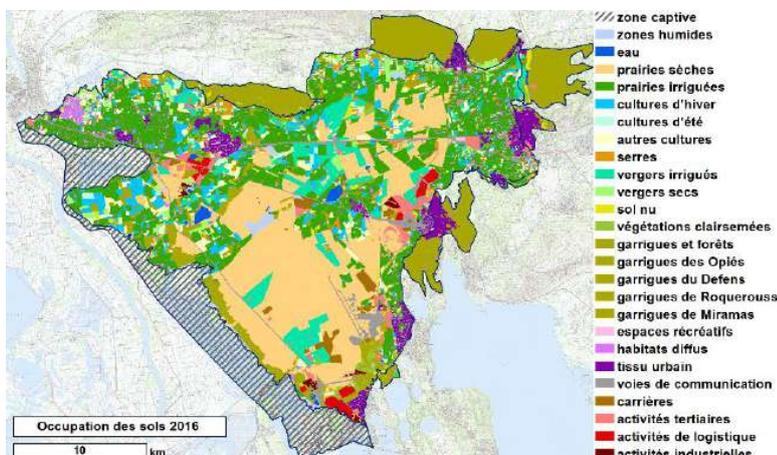
**PRELEVEMENTS 2016**



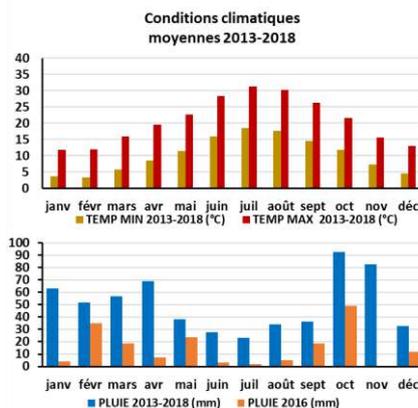
**RECHARGE 2016**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact d'une gestion anticipée de la sécheresse en état d'alerte, avec une restriction de 10% sur les dotations en eau appliquées de mars à octobre 2016 et une restriction de 10% sur les prélèvements (-7 Hm<sup>3</sup> prélevés en 2016). Les résultats sont comparés au scénario 8, avec un épisode de sécheresse sans mesures appliquées.

Le déficit de recharge en 2016 se creuse (259 Hm<sup>3</sup> contre 299 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des volumes disponibles pour l'irrigation.

La piézométrie est en baisse, avec une diminution des niveaux piézométrique atteignant 2 m en septembre 2016 et 1 m en février 2017, dans le secteur irrigué au nord de Miramas.

En septembre 2016, 23% (+1%) de la surface de la nappe présente une épaisseur inférieure à 2 m. En février 2017, cette très faible épaisseur atteint 33% de la nappe (+1%).

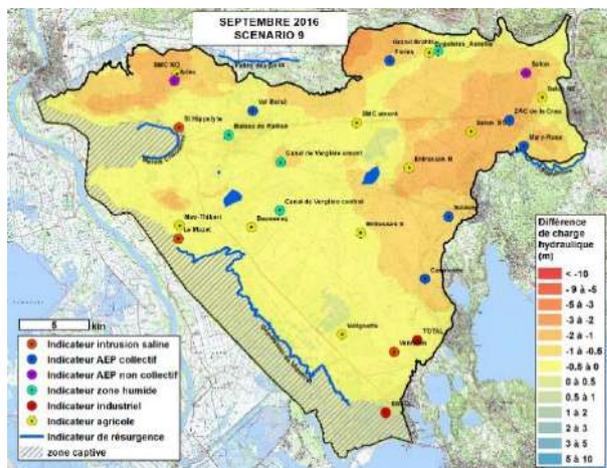
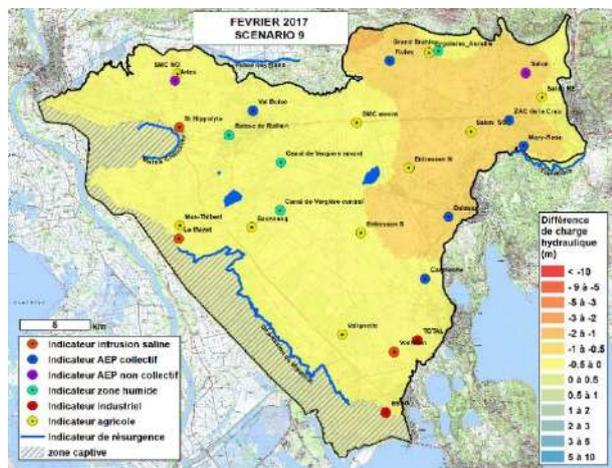
Des tensions faibles apparaissent sur les indicateurs zones humides à l'été 2016, s'accroissant au printemps 2017 : tension « forte » pour « Vergière centrale » et « Grand Brahis ». Des tensions « faibles » apparaissent pour les indicateurs « agricoles » (« St Martin amont », « Entressen sud ») en étés 2016 et 2017.

**Globalement, la gestion anticipée de l'alerte par restrictions faibles appliquées sur toute la saison d'irrigation, a un impact modéré sur les usages et les fonctionnalités écologiques.**

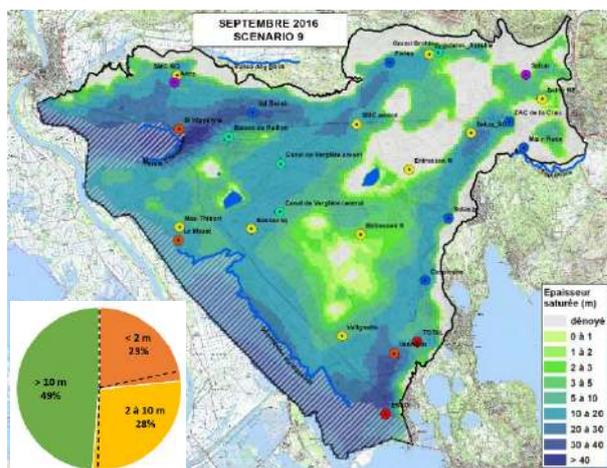
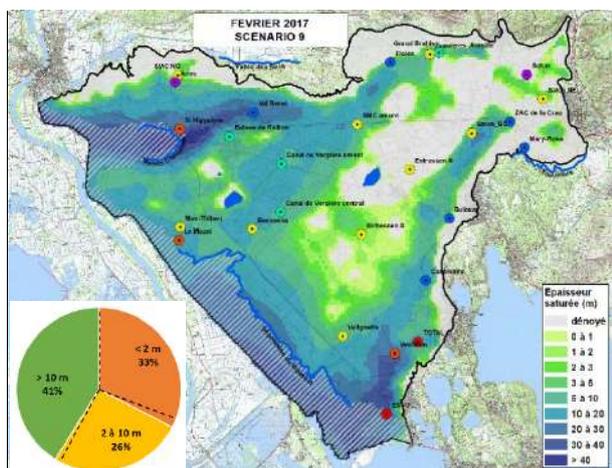
## RESULTATS

### BASSES EAUX - février 2017

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2016

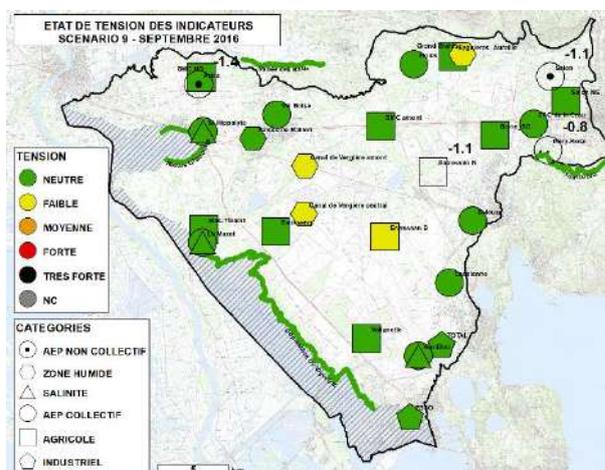
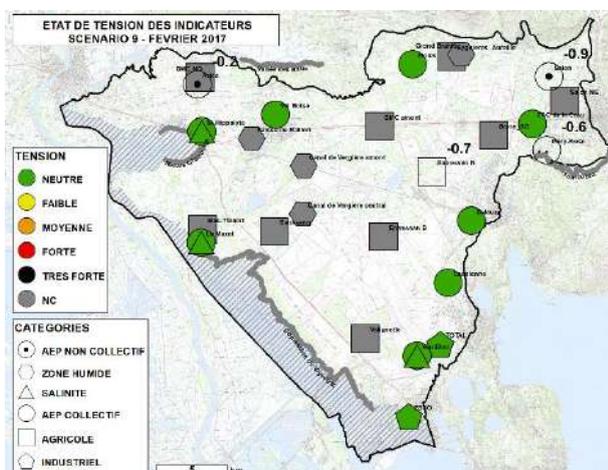


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (scénario 8)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## ETAT DES INDICATEURS



Classement individuel des indicateurs en février 2017 et septembre 2016

### INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAI CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRAT																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

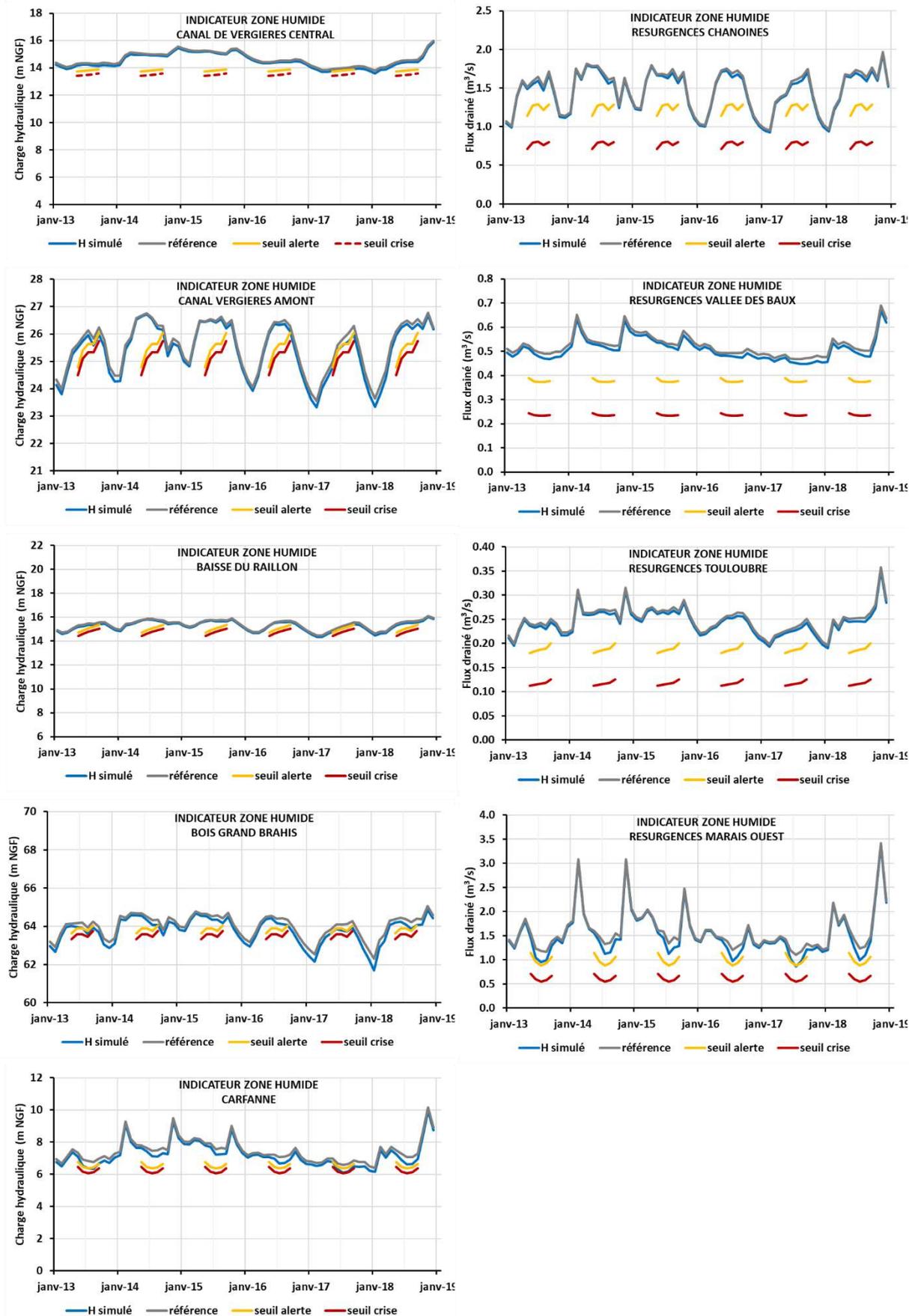
INDICATEURS SALINITE																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS AEP COLLECTIF																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

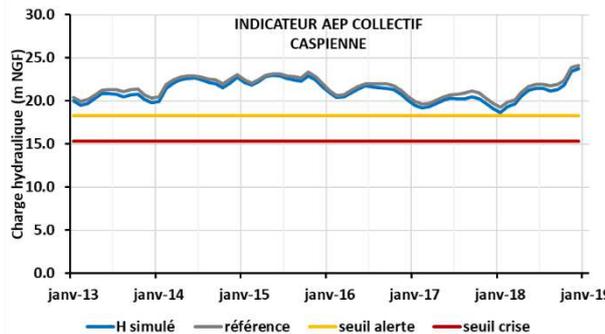
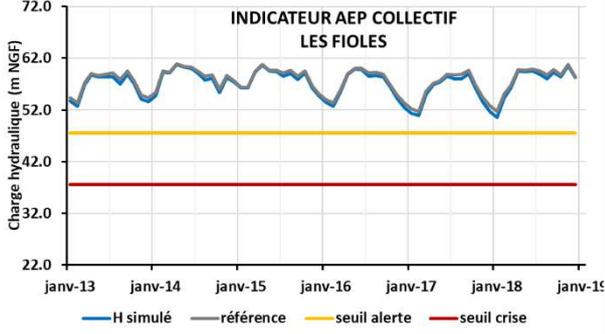
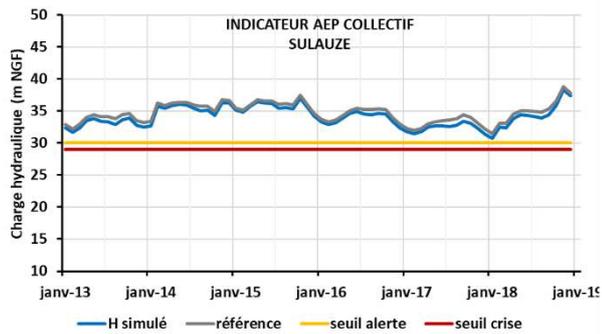
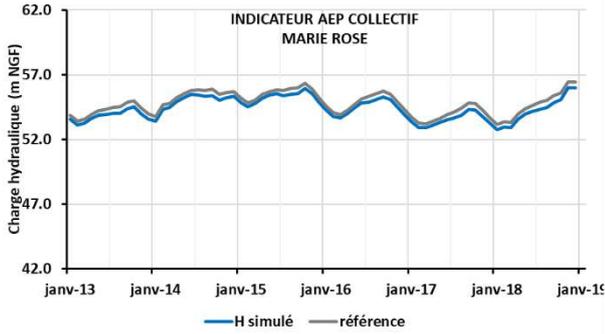
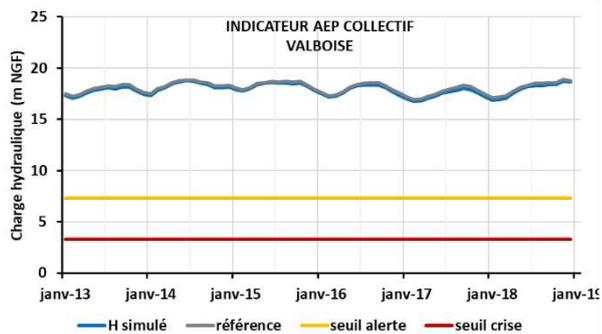
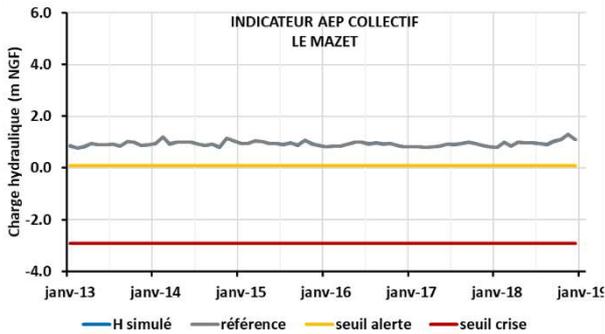
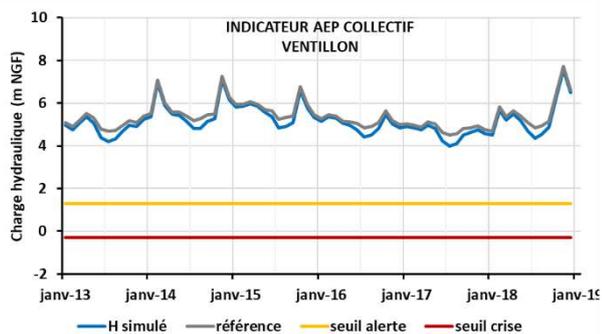
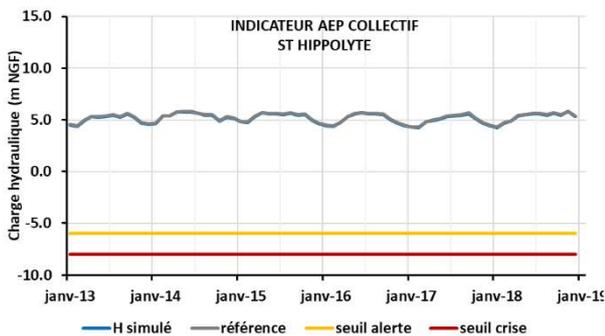
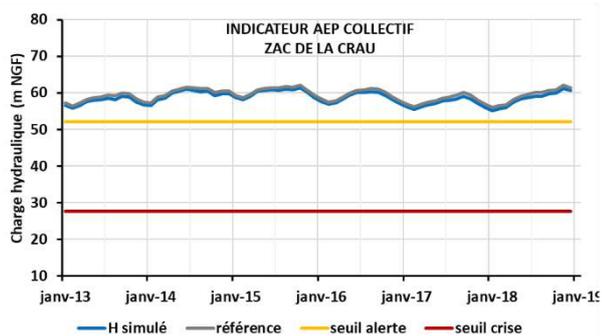
INDICATEURS AGRICOLES																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUES																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS INDUSTRIELS																	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE									
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16		janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

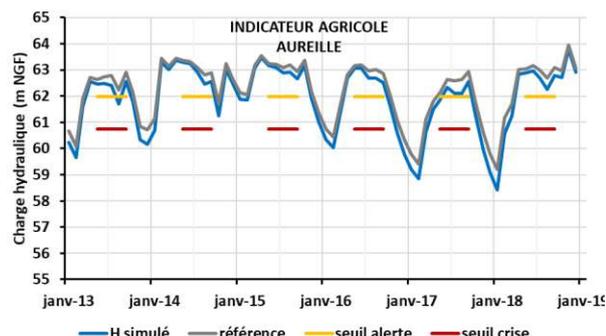
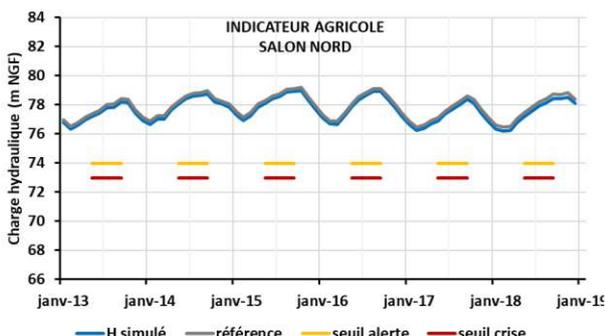
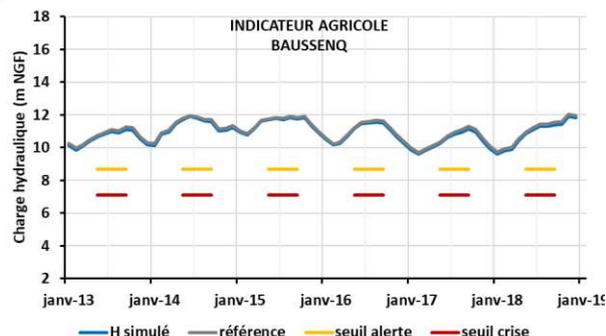
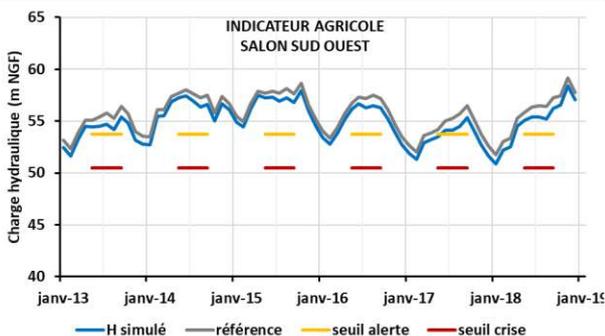
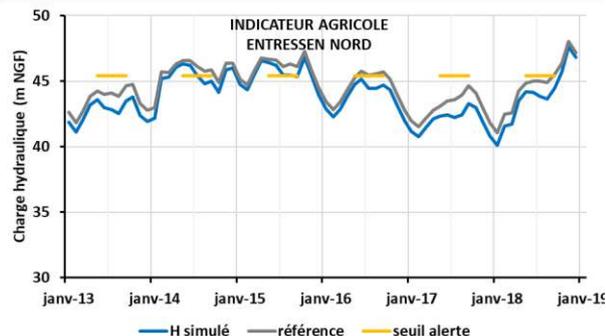
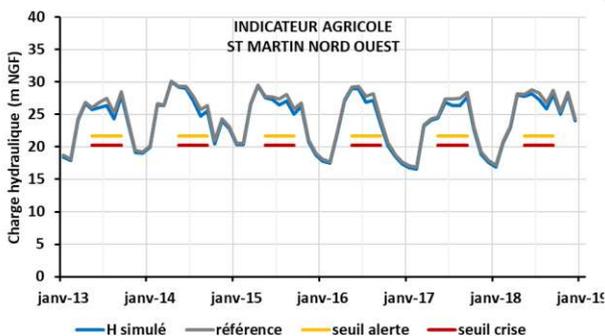
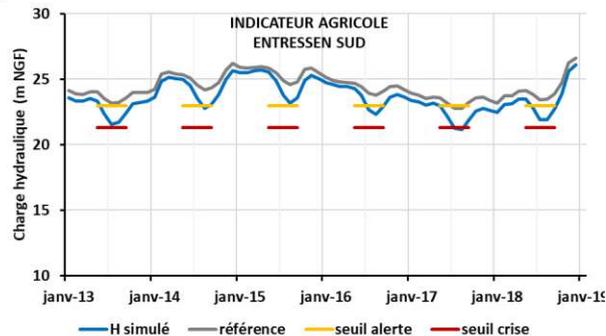
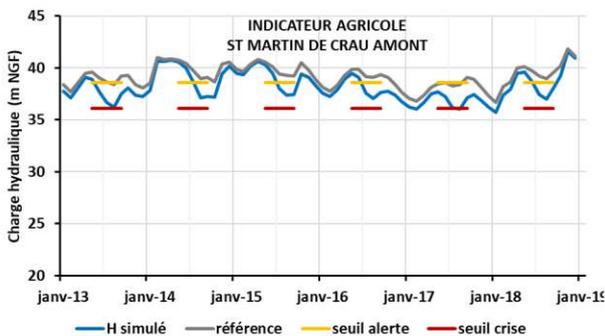
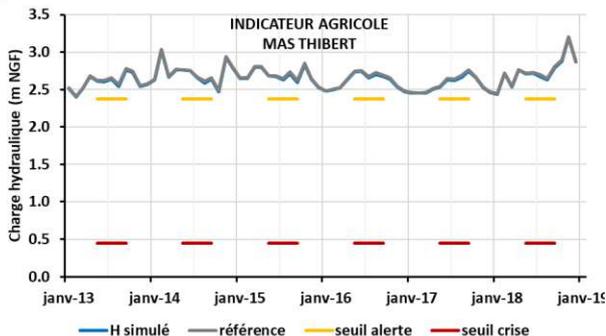
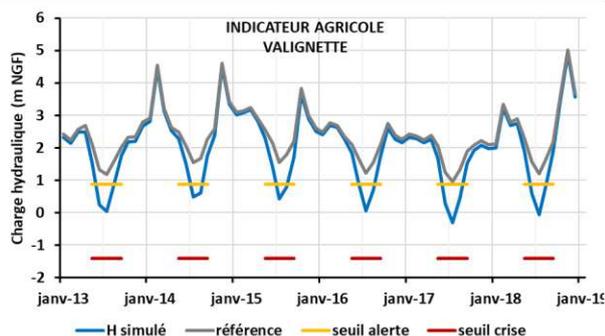
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



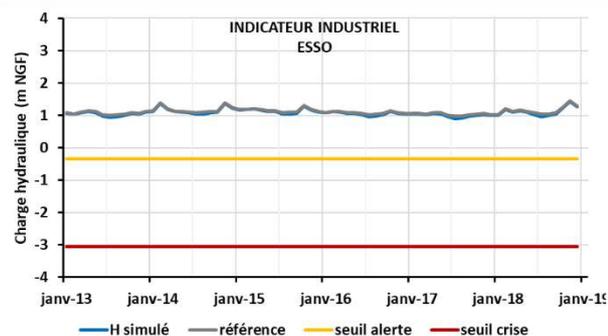
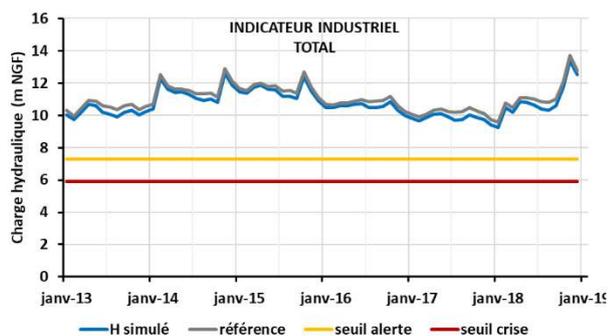
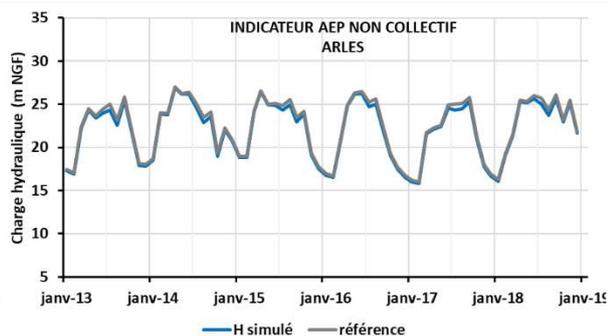
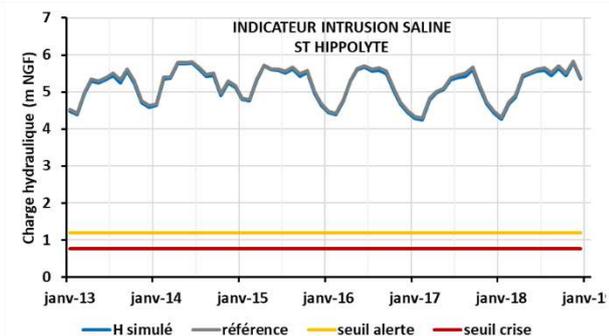
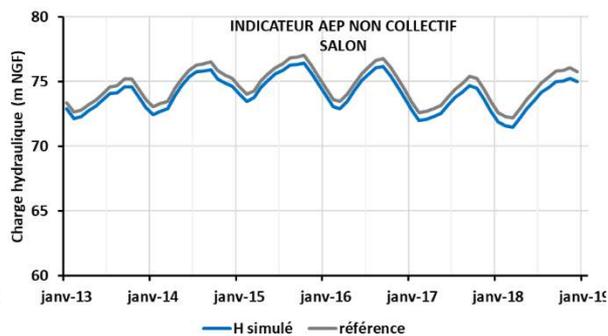
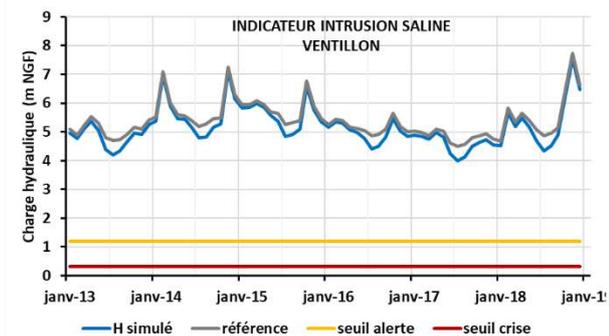
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



# SCENARIOS PROSPECTIFS 2013-2018

## SCENARIO 10 – SECHERESSE 2015-2016 : ETAT D'ALERTE NON ANTICIPEE

### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Climat 2013-2018 avec un déficit en pluie de 50% en 2015-2016

Occupation des sols

Observation 2016

Conditions de recharge

Dotation en eau -20 % à partir de juillet 2016

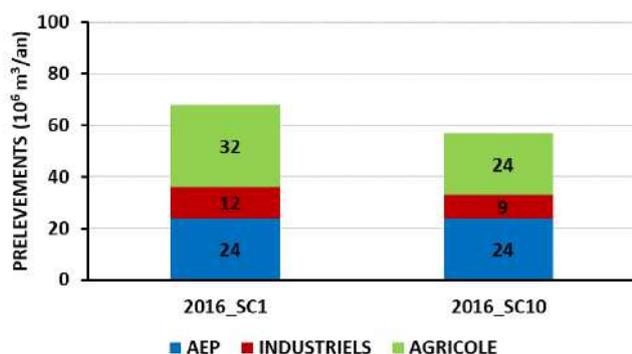
Condition de prélèvements

Prélèvements agricoles et industriels -50% de juillet à décembre 2016

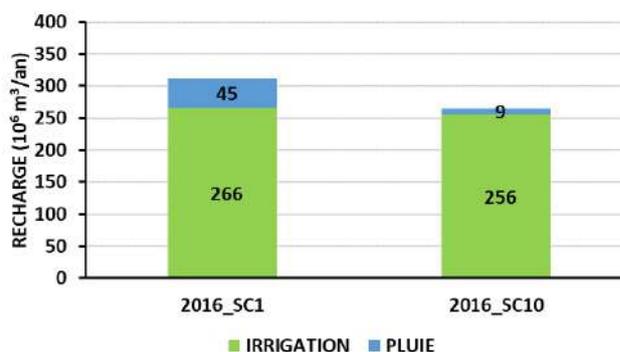
Condition de référence

Scénario 8 (sécheresse 2015-2016 sans mesures de gestion)

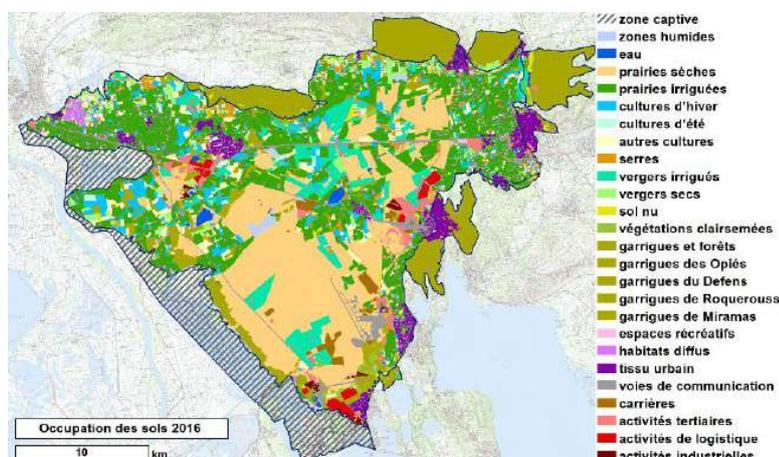
**PRELEVEMENTS 2016**



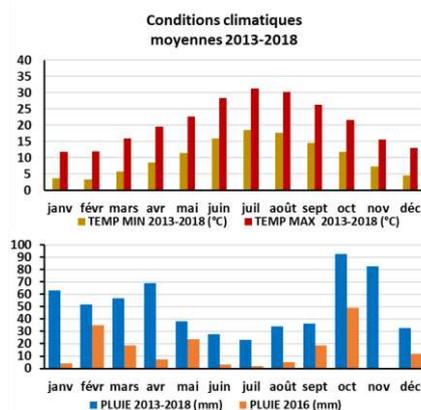
**RECHARGE 2016**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**



#### COMMENTAIRES

Ce scénario explore l'impact d'une gestion non anticipée de la sécheresse en état d'alerte, conduisant à une restriction de 20% sur les dotations en eau et une restriction de 50% sur les prélèvements (-11 Hm<sup>3</sup> prélevés en 2016) appliquées de juillet à octobre 2016. Les résultats sont comparés au scénario 8, avec un épisode de sécheresse sans mesures appliquées.

Le déficit de recharge en 2016 se creuse (265 Hm<sup>3</sup> contre 299 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des volumes disponibles pour l'irrigation.

La piézométrie est en baisse, avec une diminution des niveaux piézométrique atteignant 3 m en septembre 2016, dans le secteur d'Arles et au nord de Miramas, et 1 m en février 2017 au nord-est du territoire. Certains secteurs montrent une légère tendance à l'augmentation en lien avec les restrictions sur les prélèvements (nord d'Entressen, Costières sud).

En septembre 2016, 23% (+1%) de la surface de la nappe présente une épaisseur inférieure à 2 m. En février 2017, cette très faible épaisseur est de 32% de la nappe (stable).

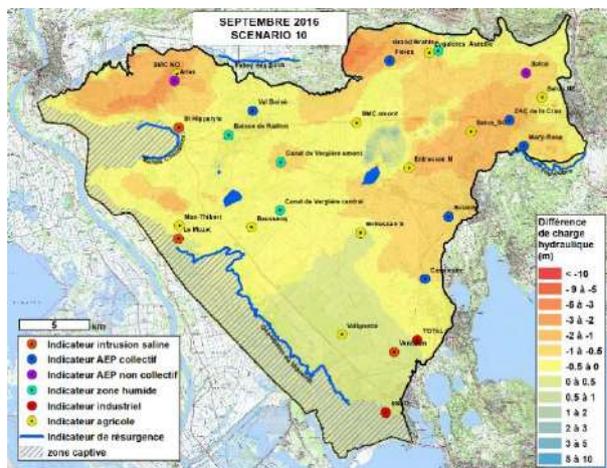
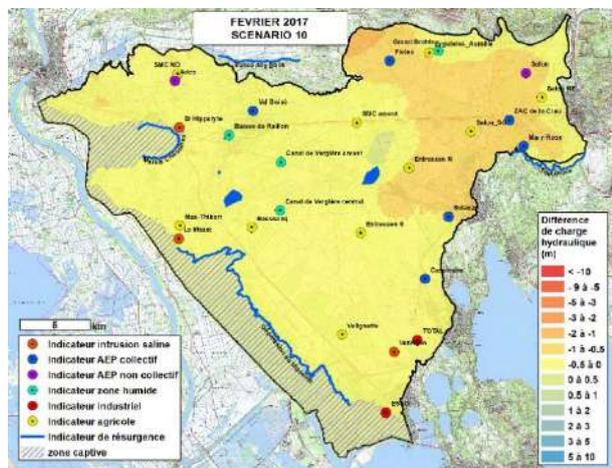
Des tensions faibles (« vergière centrale », Grand brahis) et à fortes (« Vergière amont ») apparaissent sur les indicateurs zones humides à l'été 2016, s'accroissant au printemps 2017 : tension « forte » pour « Vergière centrale » et « Grand Brahis ». Des tensions « faibles » apparaissent pour les indicateurs « agricoles » (« St Martin amont », « Entressen sud ») en étés 2016 et 2017.

**Globalement, la gestion anticipée de l'alerte par restrictions fortes appliquées en milieu de saison d'irrigation, a un impact modéré sur les usages et les fonctionnalités écologiques. Les tensions sur les indicateurs sont légèrement plus accentuées que pour la gestion d'alerte anticipée (scénario 9)**

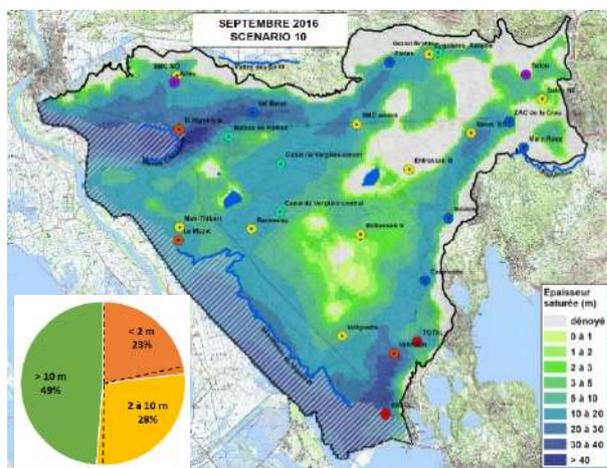
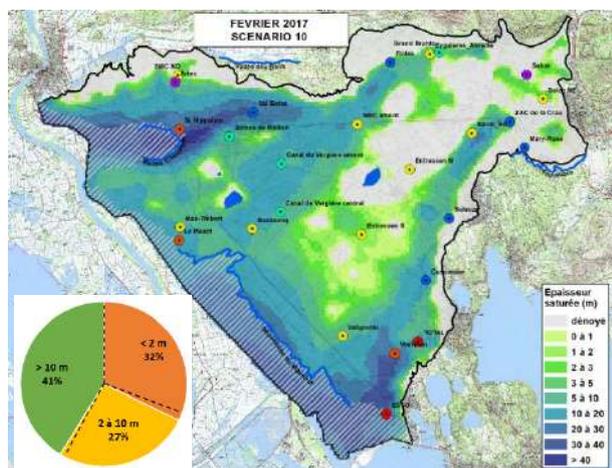
## RESULTATS

### BASSES EAUX - février 2017

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2016

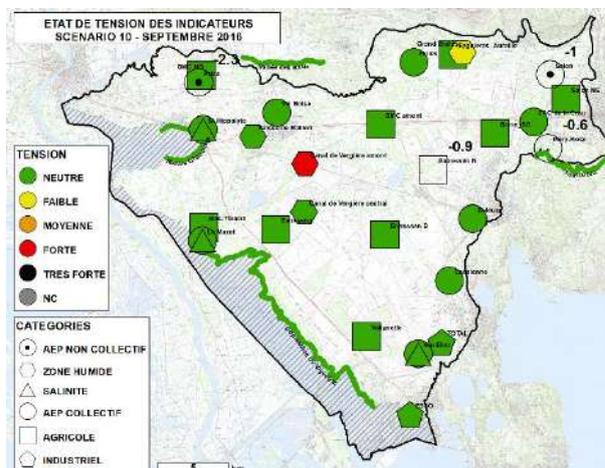
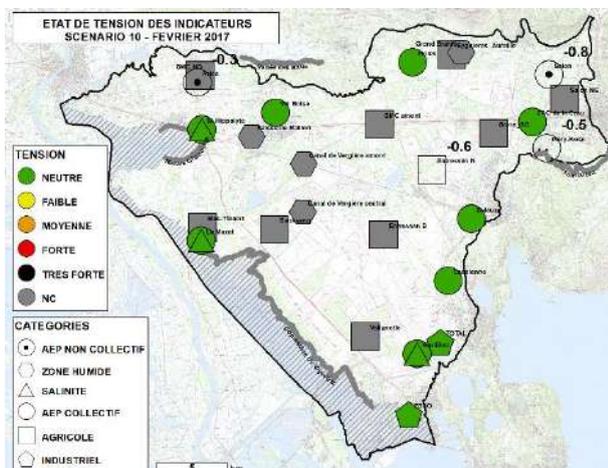


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (scénario 8)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### ETAT DES INDICATEURS



Classement individuel des indicateurs en février 2017 et septembre 2016

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VERGIERE CENTRAL																											
VERGIERE AMONT																											
BAISSE DU RAILLON																											
GRD BRAHIS																											
MARAI CHANOINES																											
VALLE DES BAUX																											
TOULOUBRE																											
DEPRESSION VIGUEIRAT																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

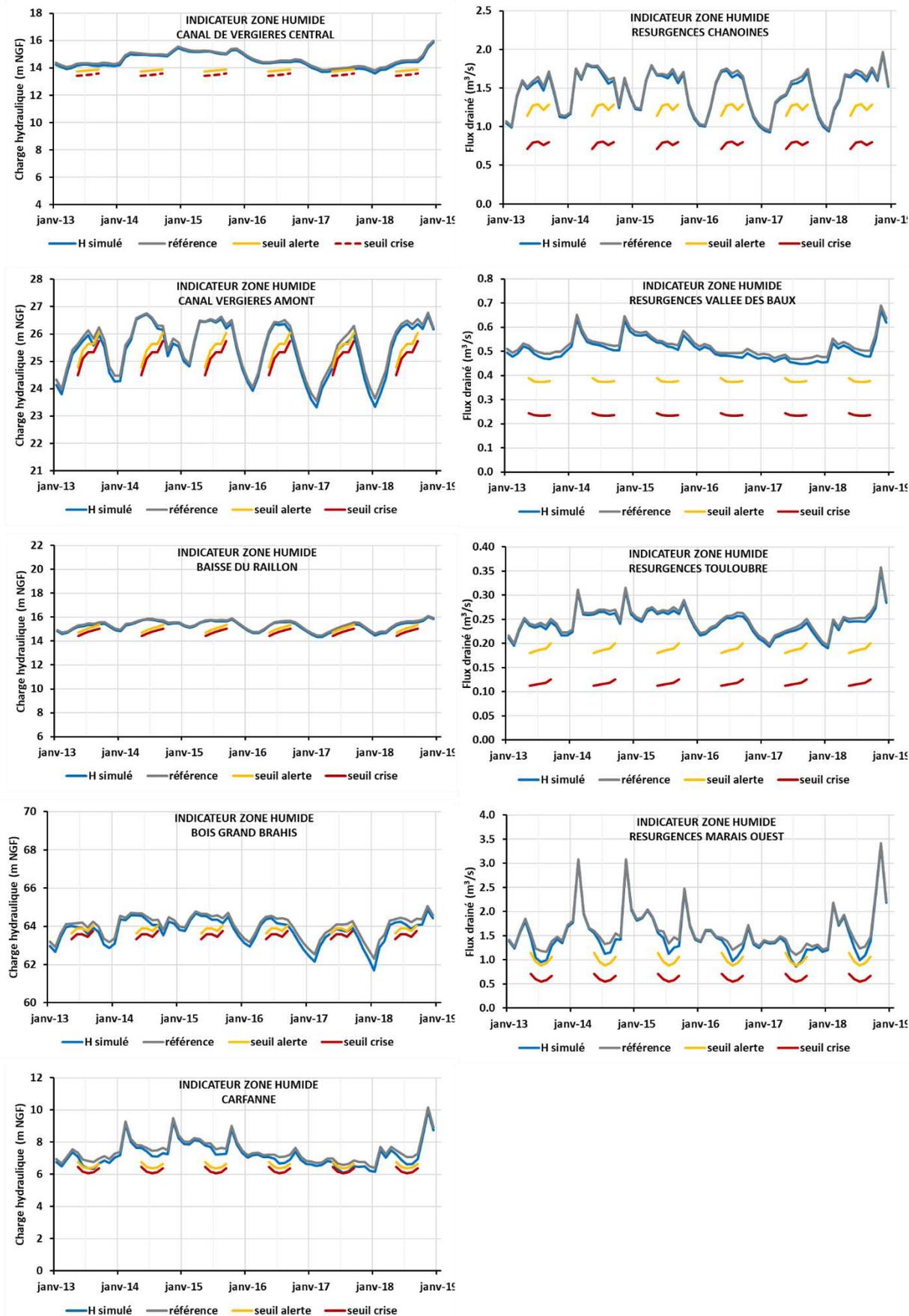
INDICATEURS SALINITE																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VENTILLON																											
ST HIPPOLYTE																											
LE MAZET																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
ZAC DE LA CRAU																											
VENTILLON																											
VALBOISE																											
SULAUZE																											
ST HIPPOLYTE																											
LE MAZET																											
LES FIOLES																											
CASPIENNE																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

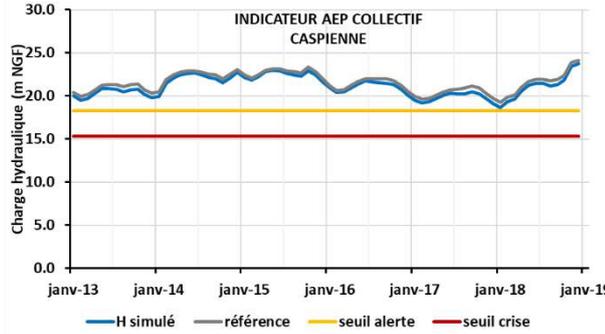
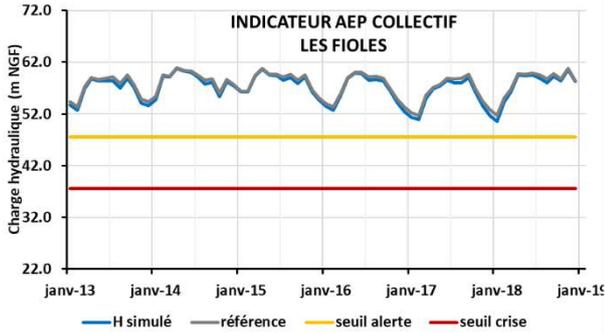
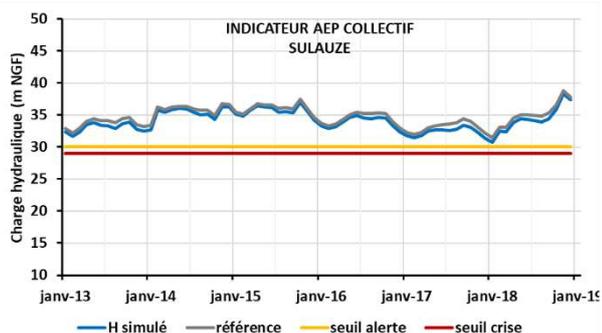
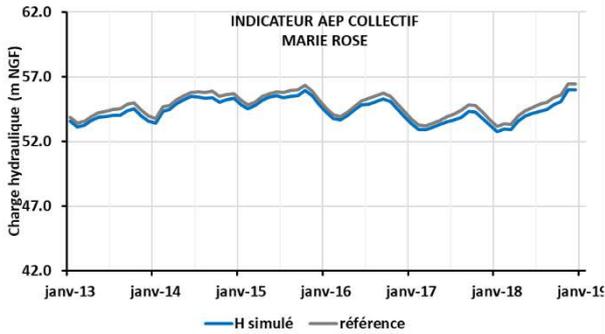
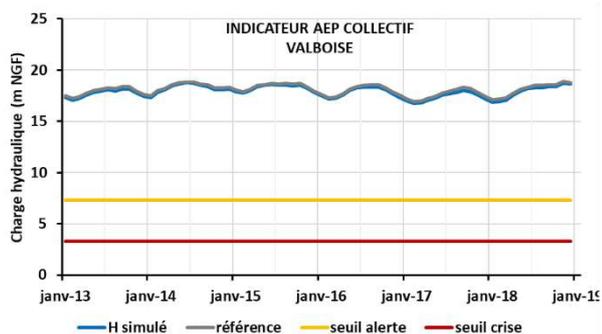
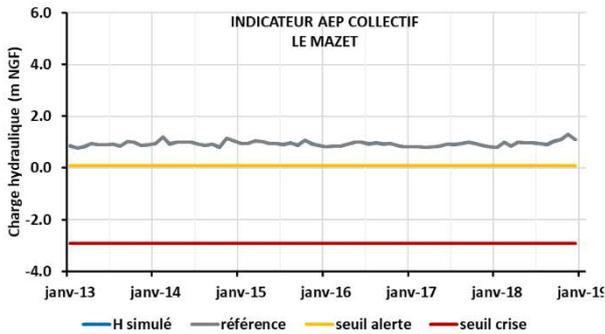
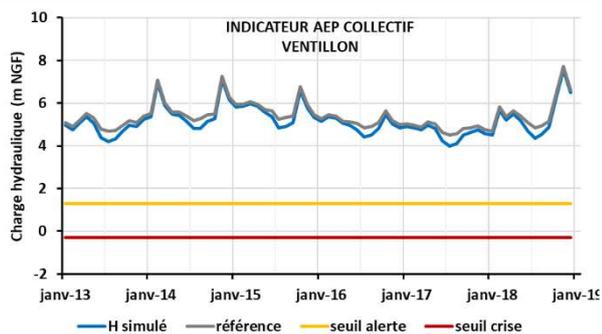
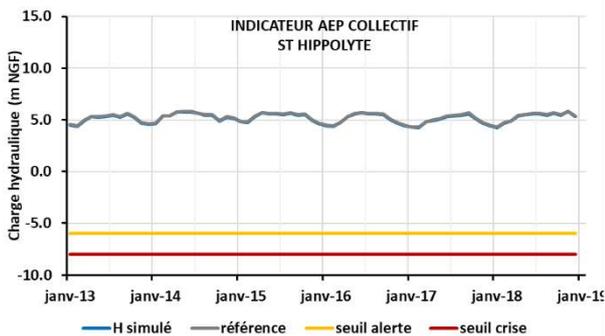
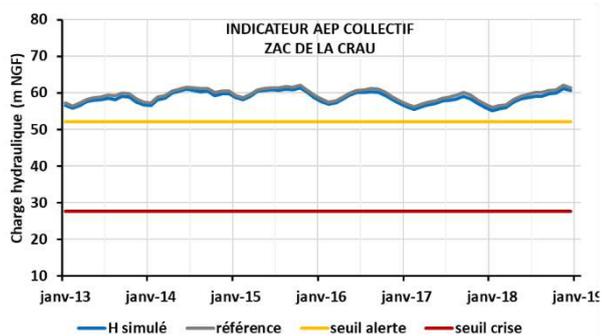
INDICATEURS AGRICOLES																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
VALIGNETTE																											
ST MARTIN AMONT																											
ST MARTIN NORD-OUES																											
SALON SUD-OUEST																											
SALON NORD-EST																											
MAS-THIBERT																											
ENTRESSEN-SUD																											
BAUSSENQ																											
AUREILLE																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																											
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE		
TOTAL																											
ESSO																											
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																											CLASSEMENT SYNTHETIQUE

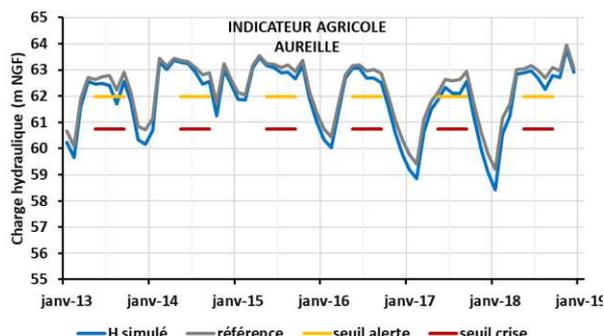
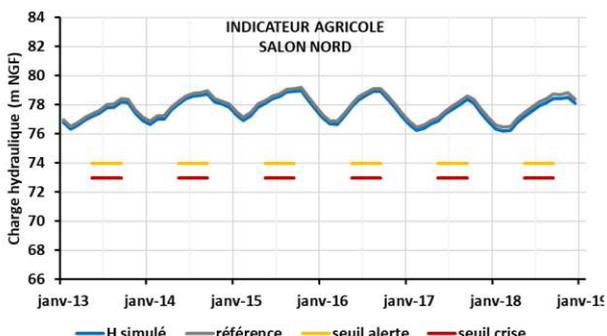
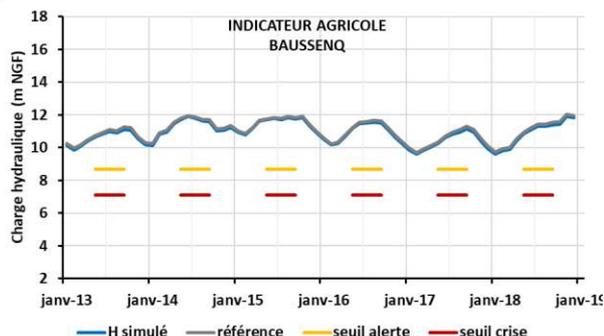
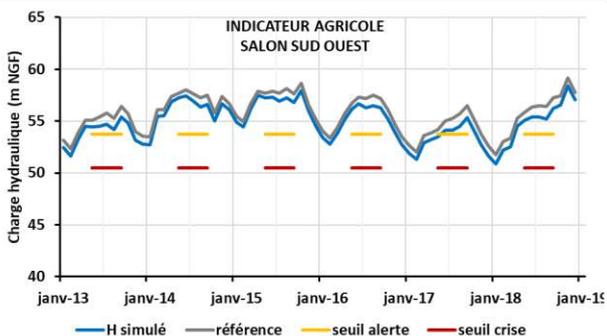
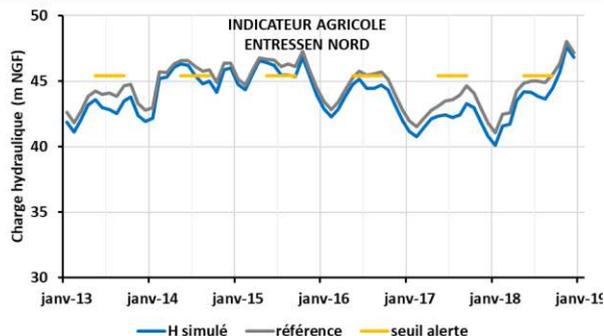
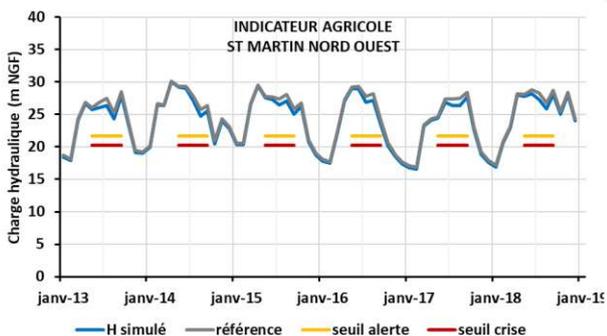
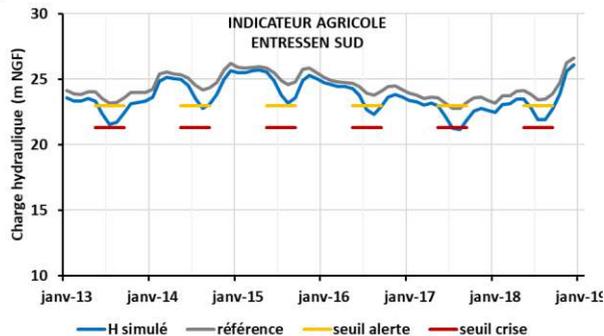
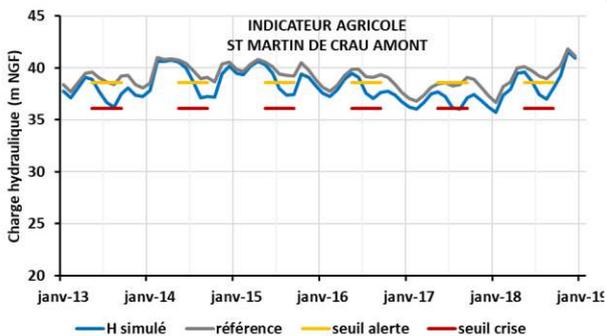
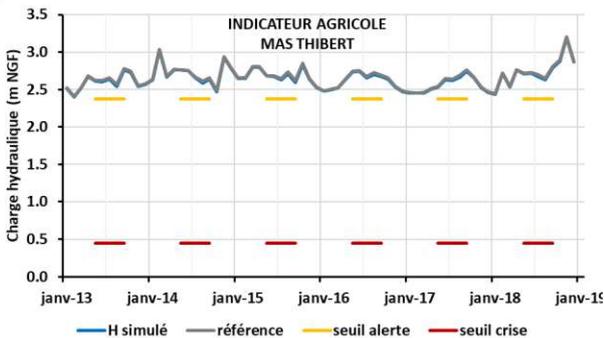
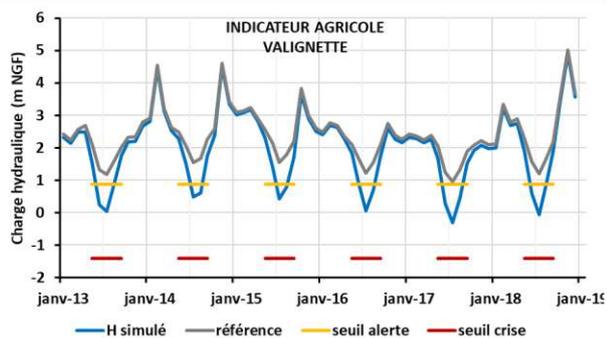
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



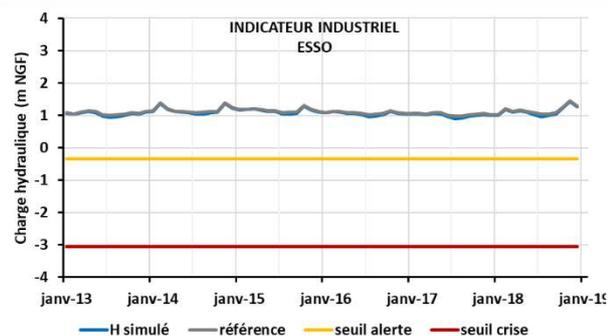
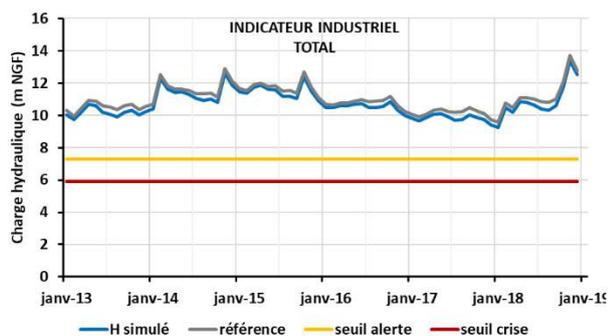
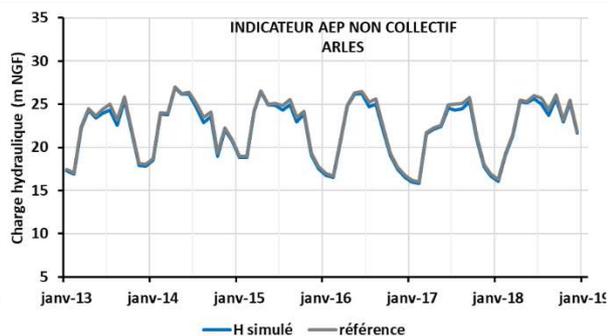
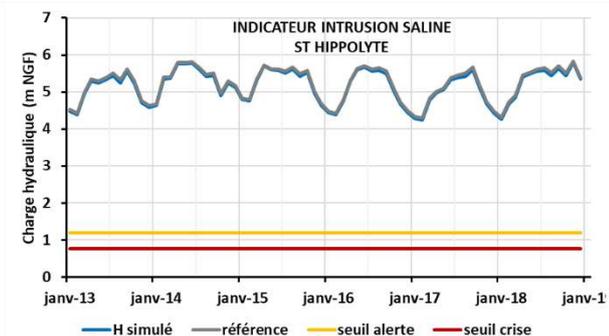
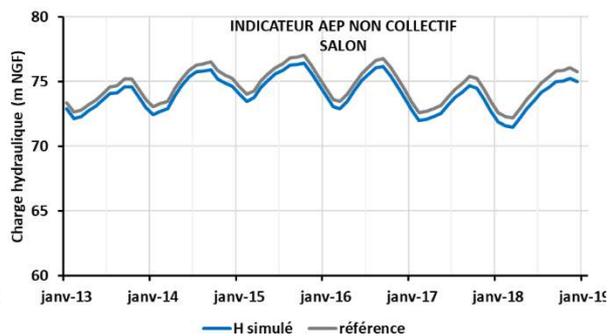
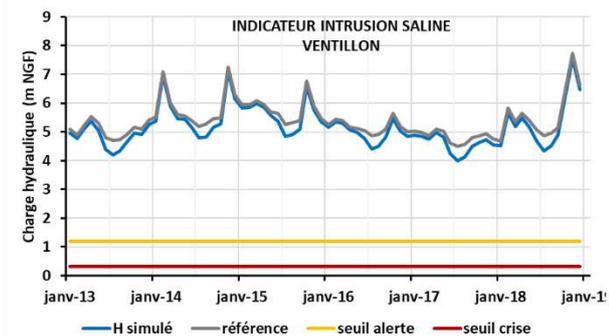
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS



# SCENARIOS PROSPECTIFS 2013-2018

## SCENARIO 11 – SECHERESSE 2015 – 2016 : GESTION DE CRISE ANTICIPEE

### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Climat 2013-2018 avec un déficit en pluie de 50% en 2015-2016

Occupation des sols

Observation 2016

Conditions de recharge

Dotation en eau -30 % de mars à septembre 2016

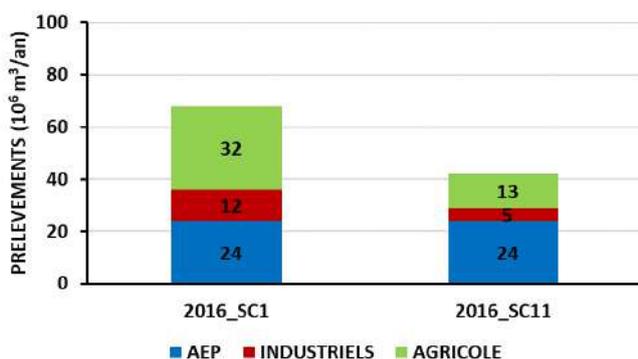
Condition de prélèvements

Prélèvements agricoles et industriels -70% de mars à décembre 2016

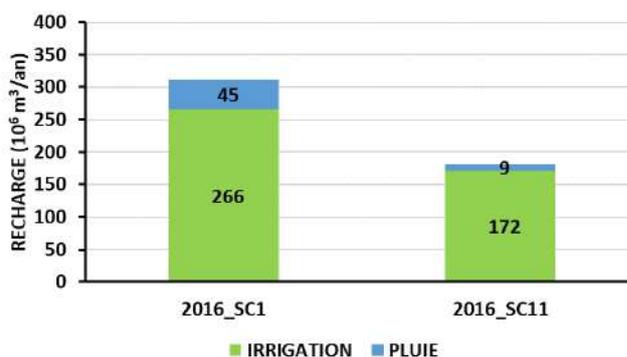
Condition de référence

Scénario 8 (sécheresse 2015-2016 sans mesures de gestion)

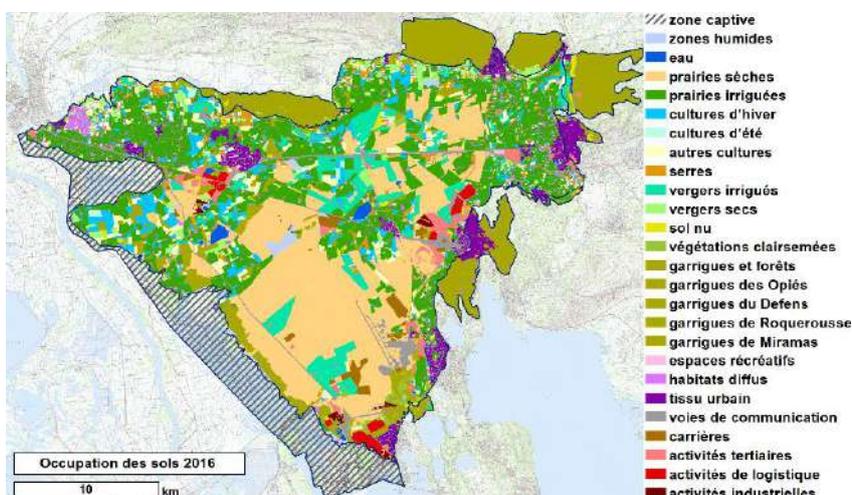
**PRELEVEMENTS 2016**



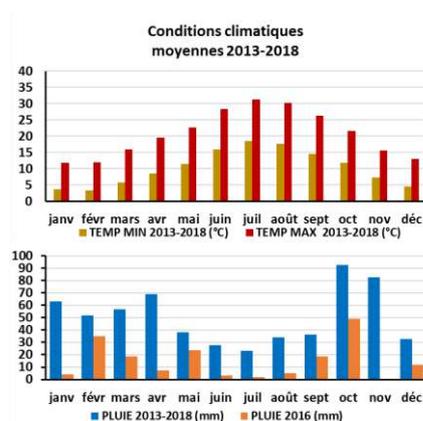
**RECHARGE 2016**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**



#### COMMENTAIRES

Ce scénario explore l'impact d'une gestion non anticipée de la sécheresse en état d'alerte, conduisant à une restriction de 30% sur les dotations en eau et une restriction de 70% sur les prélèvements (-26 Hm<sup>3</sup> prélevés en 2016) appliquées de mars à octobre 2016. Les résultats sont comparés au scénario 8, avec un épisode de sécheresse sans mesures appliquées.

Le déficit de recharge en 2016 se creuse (181 Hm<sup>3</sup> contre 299 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des volumes disponibles pour l'irrigation.

La piézométrie est en baisse, avec une diminution des niveaux piézométrique atteignant 3-4 m en septembre 2016 et 2 m en février 2017, au nord du ligne Istres-Arles. Certains secteurs très localisés montrent une légère tendance à la hausse en lien avec les restrictions sur les prélèvements (nord d'Entressen, Valignette).

En septembre 2016, 28% (+6%) de la surface de la nappe présente une épaisseur inférieure à 2 m. En février 2017, cette très faible épaisseur est de 36% de la nappe (+4%).

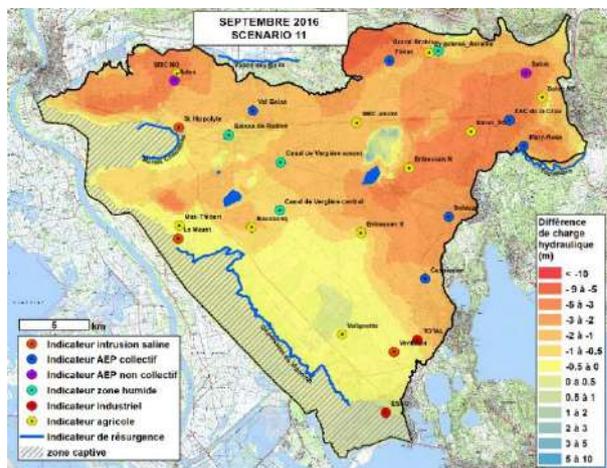
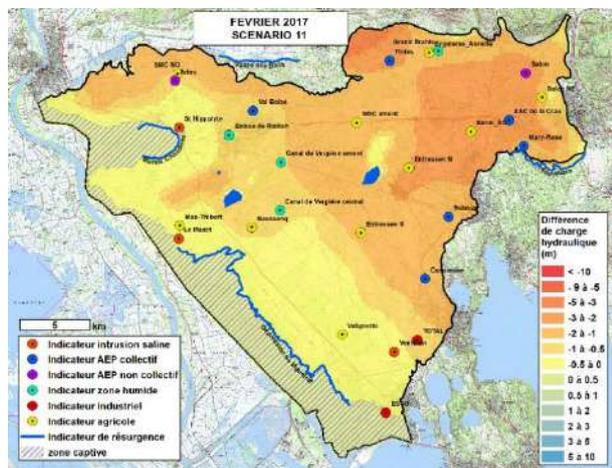
Des tensions fortes apparaissent pour l'ensemble des indicateurs piézométriques « zones humides » pour les 2016 et 2017. Une grande partie des indicateurs agricoles sont classés en tension « faible », avec un état de tension forte pour « Entressen sud » en été 2017. Les points indicateurs « AEP collectifs » se placent en situation de tension faible en hiver 2017 et janvier 2018.

**Globalement, la gestion anticipée d'une situation de crise par restrictions très fortes appliquées tout au long de la saison d'irrigation, a un impact important sur les usages et les fonctionnalités écologiques.**

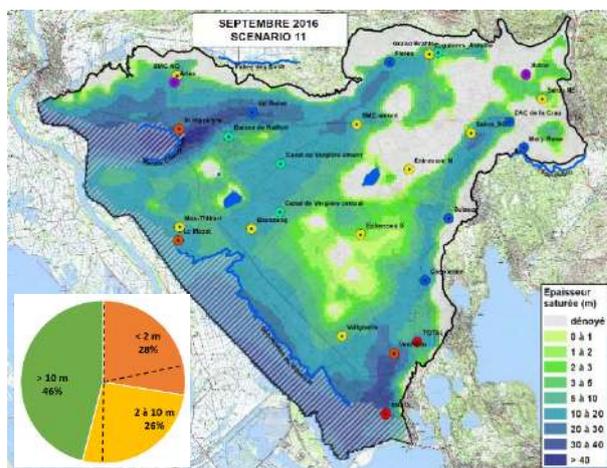
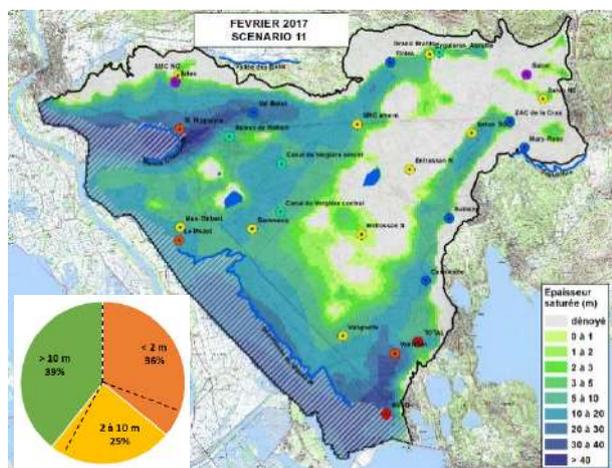
## RESULTATS

### BASSES EAUX - février 2017

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2016

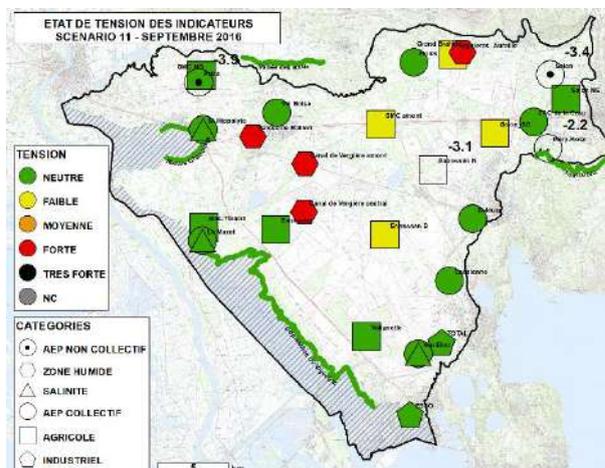
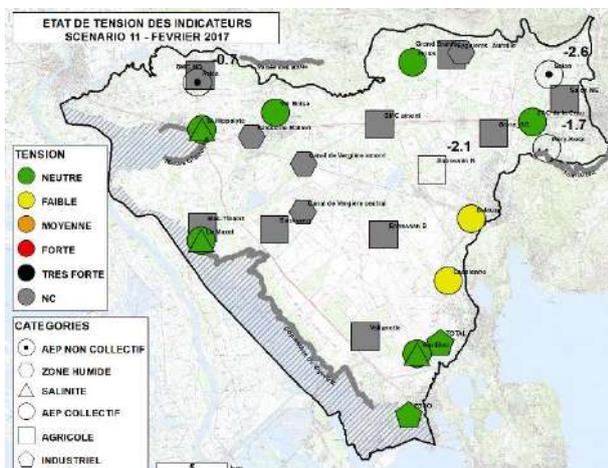


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (scénario 8)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

### ETAT DES INDICATEURS



Classement individuel des indicateurs en février 2017 et septembre 2016

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VERGIERE CENTRAL																												
VERGIERE AMONT																												
BAISSE DU RAILLON																												
GRD BRAHIS																												
MARAIS CHANOINES																												
VALLE DES BAUX																												
TOULOUBRE																												
DEPRESSION VIGUEIRAT																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

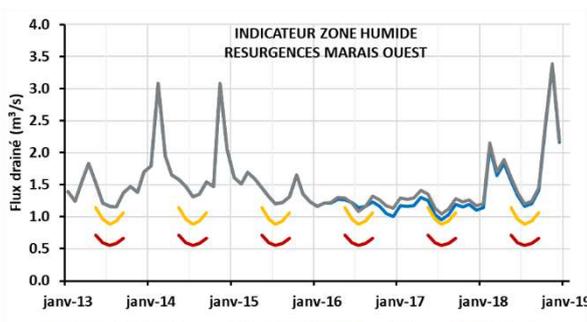
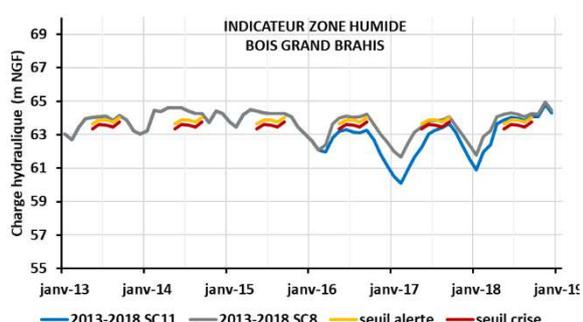
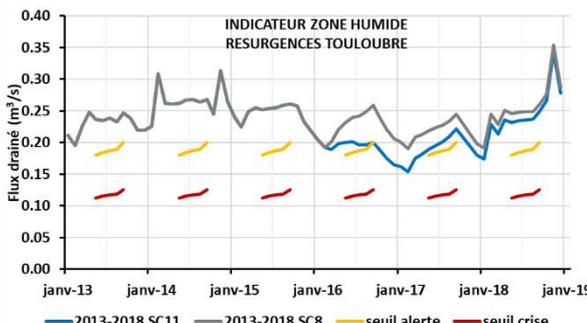
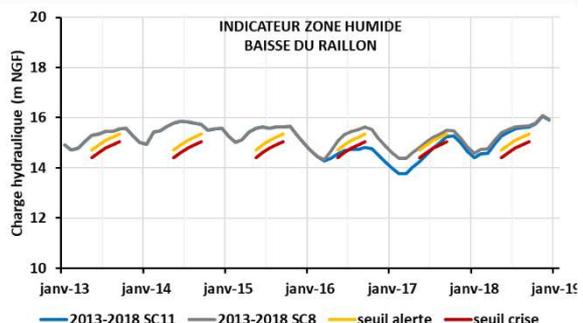
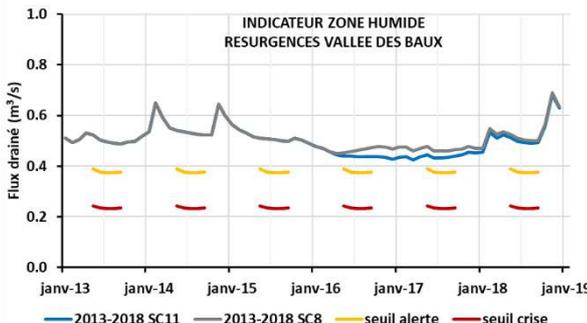
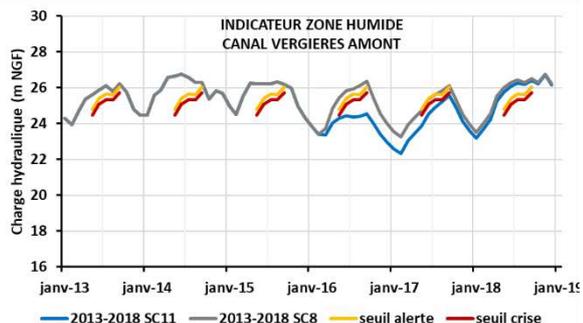
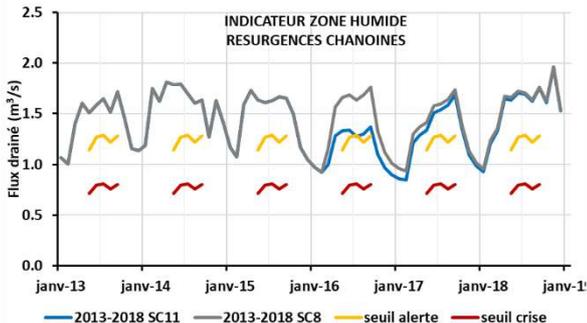
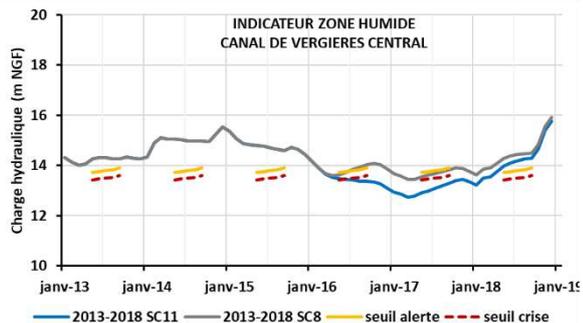
INDICATEURS SALINITE																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VENTILLON																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS AEP COLLECTIF																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
ZAC DE LA CRAU																												
VENTILLON																												
VALBOISE																												
SULAUZE																												
ST HIPPOLYTE																												
LE MAZET																												
LES FIOLES																												
CASPIENNE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

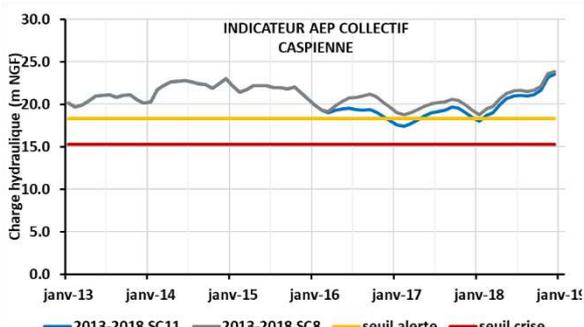
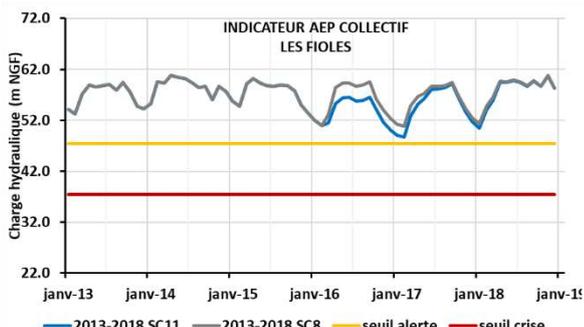
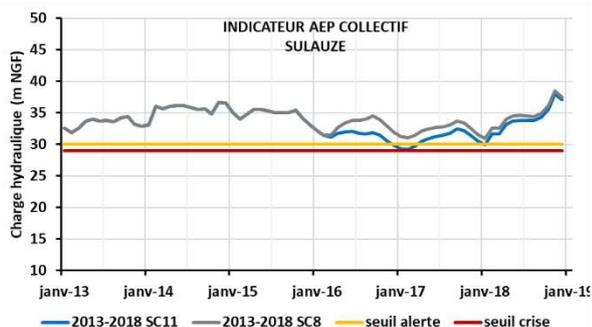
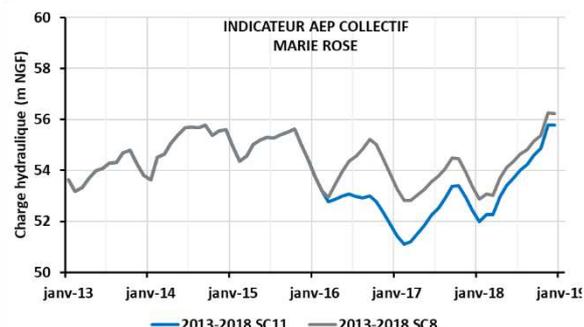
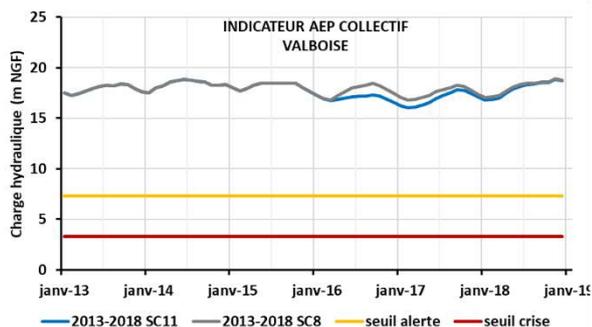
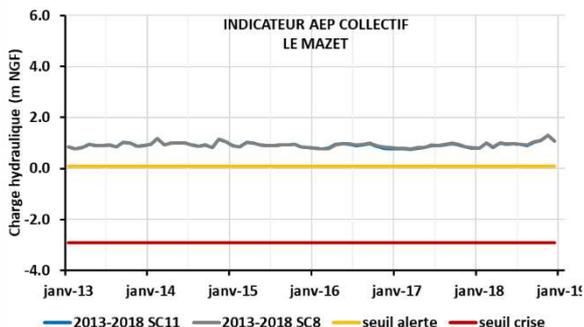
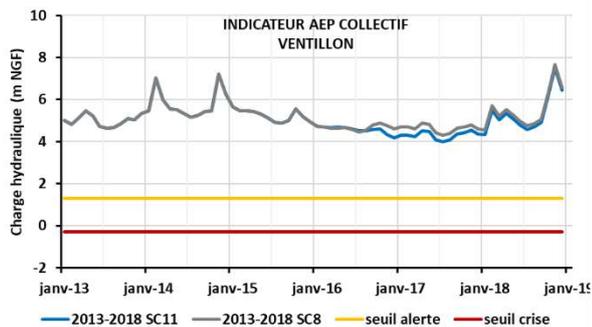
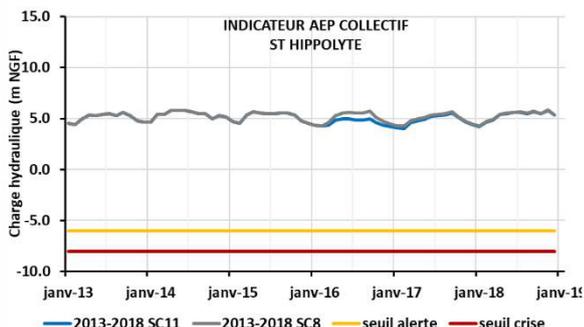
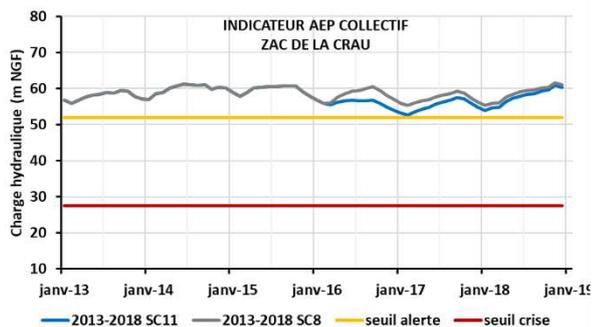
INDICATEURS AGRICOLES																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
VALIGNETTE																												
ST MARTIN AMONT																												
ST MARTIN NORD-OUES																												
SALON SUD-OUEST																												
SALON NORD-EST																												
MAS-THIBERT																												
ENTRESSEN-SUD																												
BAUSSENQ																												
AUREILLE																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

INDICATEURS INDUSTRIELS																												
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE			
TOTAL																												
ESSO																												
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																												CLASSEMENT SYNTHETIQUE

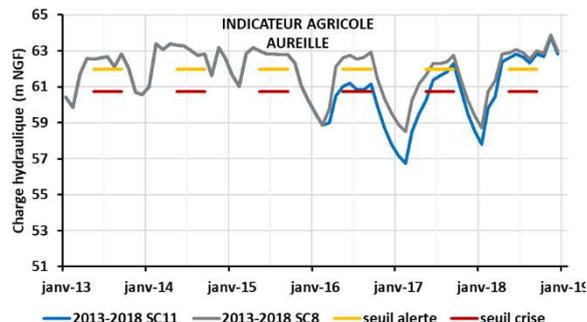
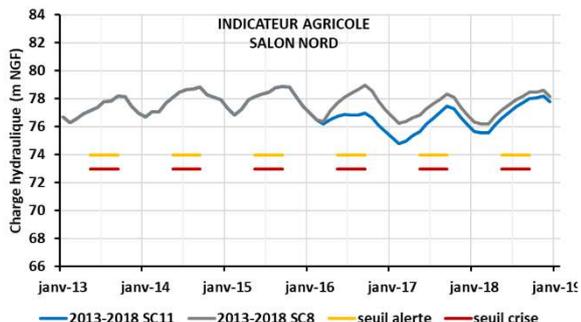
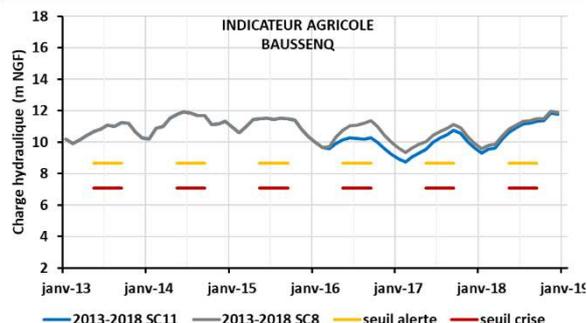
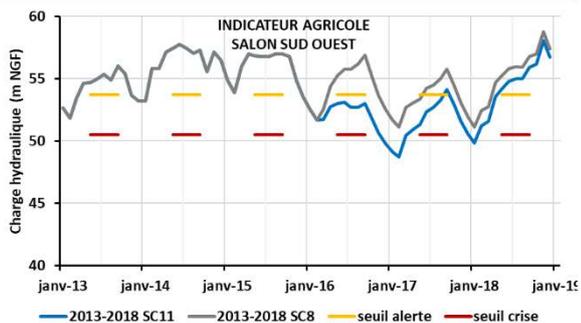
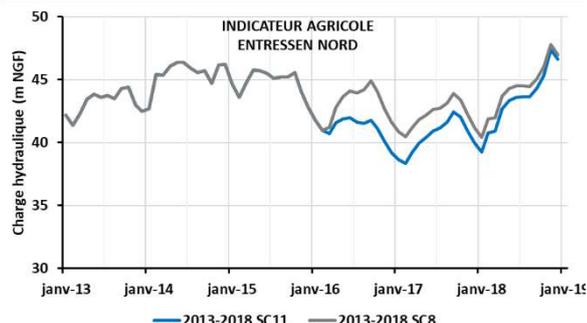
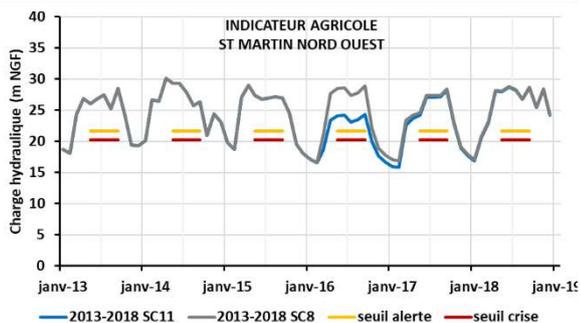
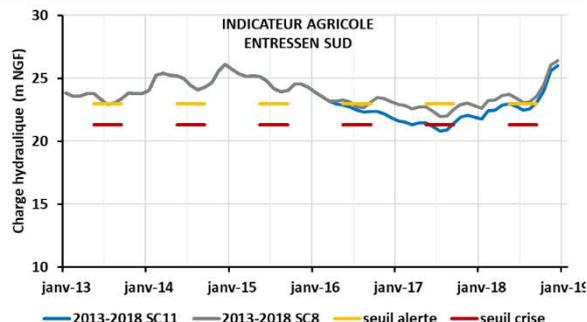
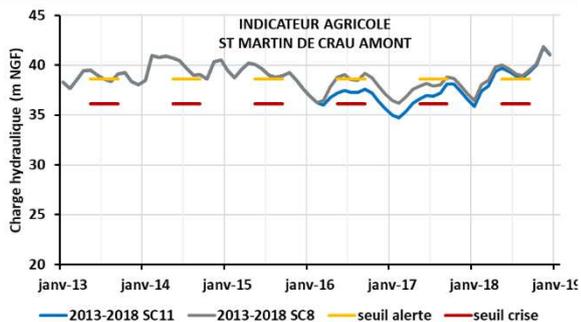
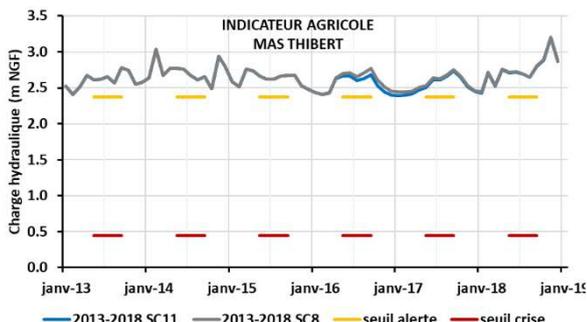
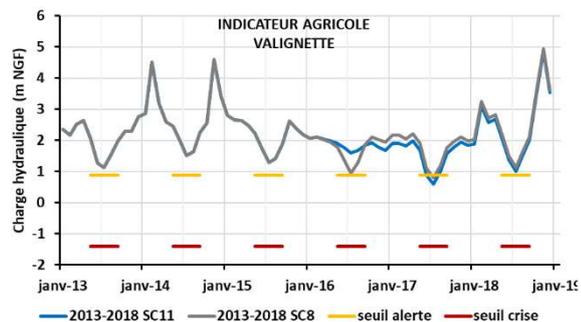
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



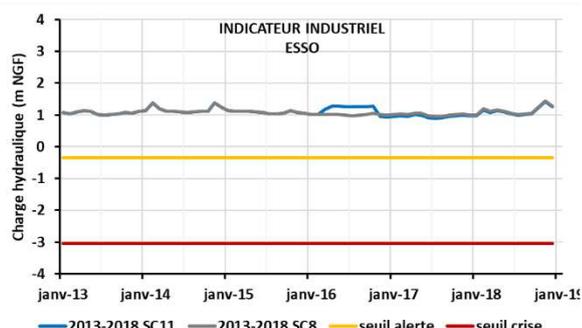
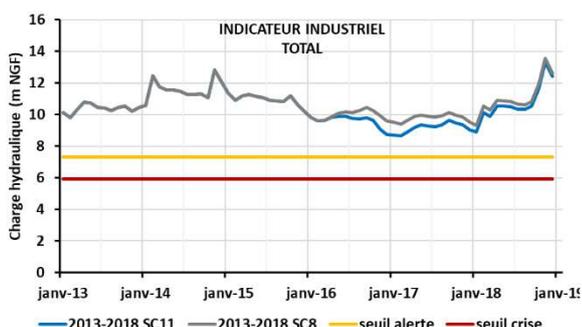
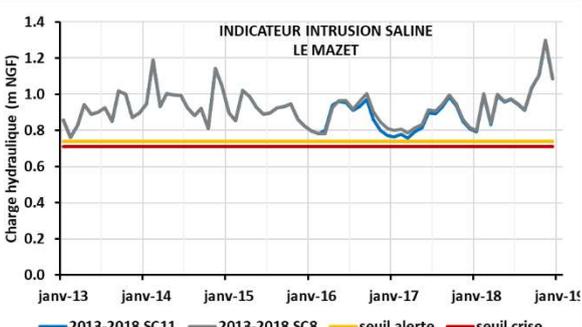
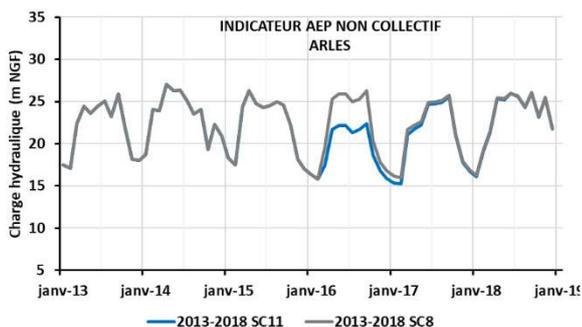
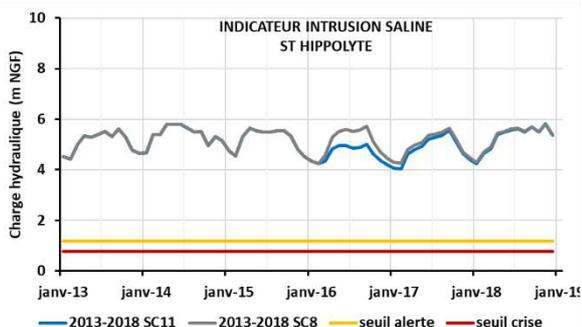
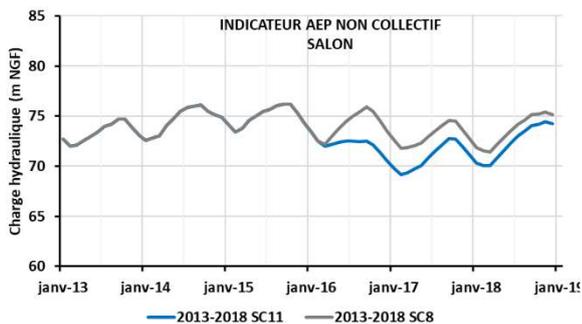
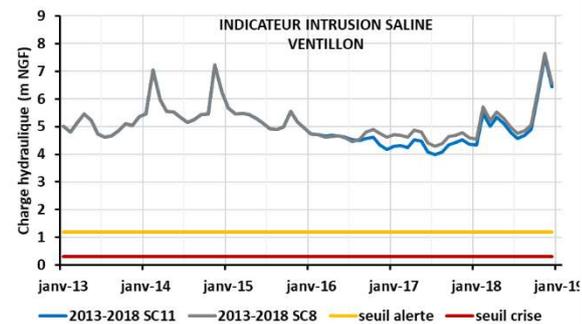
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**



# SCENARIOS PROSPECTIFS 2013-2018

## SCENARIO 12 – SECHERESSE 2015-2016 : GESTION CRISE NON ANTICIPEE

### DONNEES D'ENTREE

#### SYNTHESE

Climat

Climat 2013-2018 avec un déficit en pluie de 50% en 2015-2016

Occupation des sols

Observation 2016

Conditions de recharge

Arrêt de l'irrigation à partir de juillet 2016

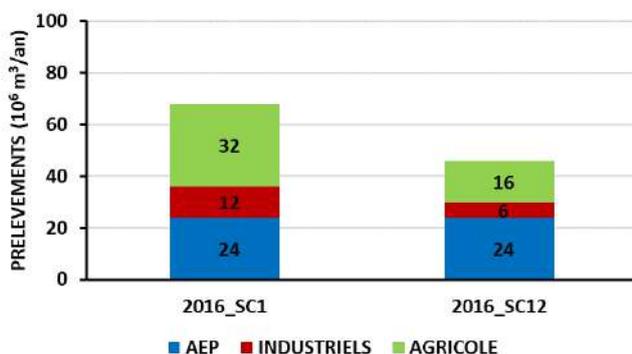
Condition de prélèvements

Interdiction prélèvements agricoles et industriels de juillet à décembre 2016

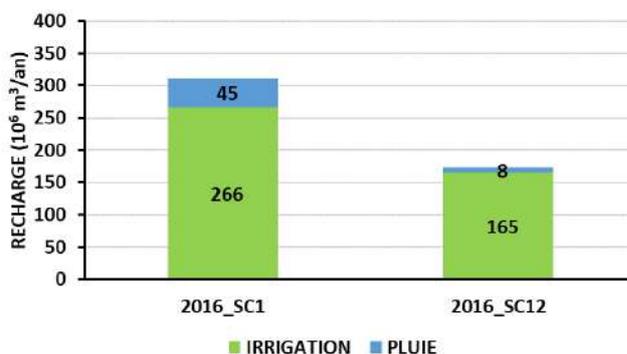
Condition de référence

Scénario 8 (sécheresse 2015-2016 sans mesures de gestion)

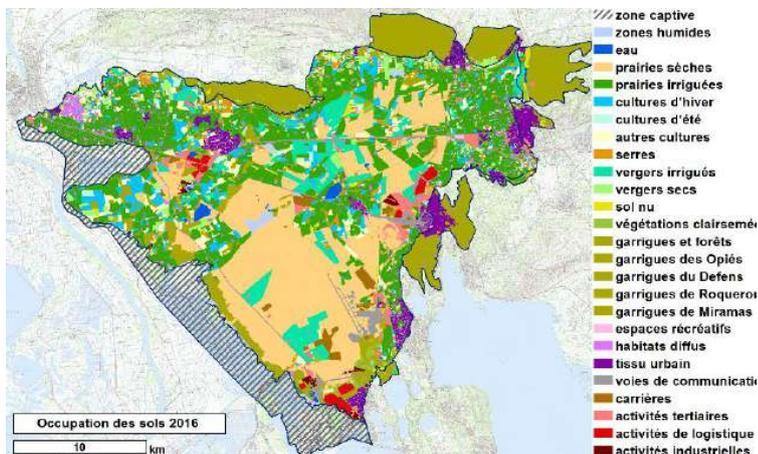
**PRELEVEMENTS 2016**



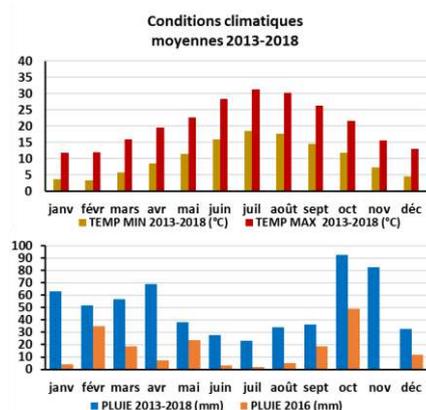
**RECHARGE 2016**



**OCCUPATION DES SOLS**



**CONDITIONS CLIMATIQUES**



#### ANALYSE SYNTHETIQUE

Ce scénario explore l'impact d'une gestion non anticipée de la sécheresse en état de crise, conduisant à une interdiction des prélèvements agricoles et industriels et une mesure d'arrêt de l'irrigation, appliquées de juillet à octobre 2016. Les résultats sont comparés au scénario 8, avec un épisode de sécheresse sans mesures appliquées. Le déficit de recharge en 2016 se creuse (173 Hm<sup>3</sup> contre 299 Hm<sup>3</sup>) avec la baisse des volumes disponibles pour l'irrigation.

La piézométrie est en baisse, avec une diminution des niveaux piézométrique atteignant 3-5 m en septembre 2016 et 3 m en février 2017, au nord du ligne Istres - Mas-Thibert. Certains secteurs très localisés montrent une légère tendance à la hausse en lien avec les restrictions sur les prélèvements (nord d'Entressen, Valignette).

En septembre 2016, 30% (+8%) de la surface de la nappe présente une épaisseur inférieure à 2 m. En février 2017, cette très faible épaisseur est de 37% de la nappe (+5%).

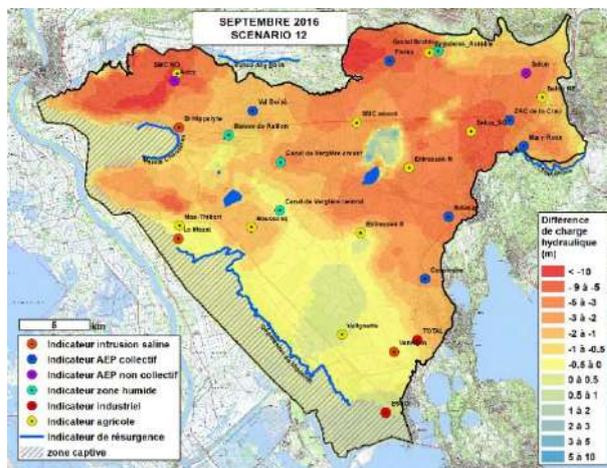
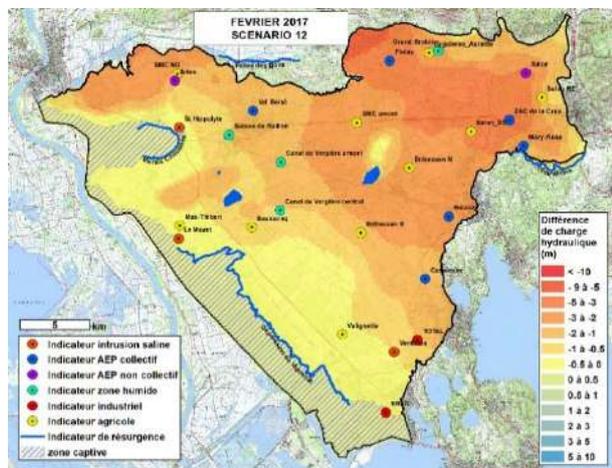
Des tensions fortes apparaissent pour l'ensemble des indicateurs piézométriques « zones humides » dès juillet 2016 et en été 2017. Une grande partie des indicateurs agricoles sont classés en tension « faible », avec un état de tension forte pour « Aureille » et « St Martin nord-ouest » en été 2016 et « Entressen sud » en été 2017. Des points indicateurs « AEP collectifs » se placent en situation de tension faible en hiver 2017 et janvier 2018 (Les Fioles, Caspienne). L'indicateur AEP collectif « Sulauze » est soumis à une tension « forte » en hiver 2017.

**Globalement, la gestion non anticipée de l'alerte par restrictions drastiques appliquées en milieu de saison d'irrigation, a un impact fort sur les usages (AEP collectif, irrigation agricole) et les fonctionnalités écologiques. Les tensions sur les indicateurs sont notablement plus accentuées que pour la gestion d'alerte anticipée (scénario 11).**

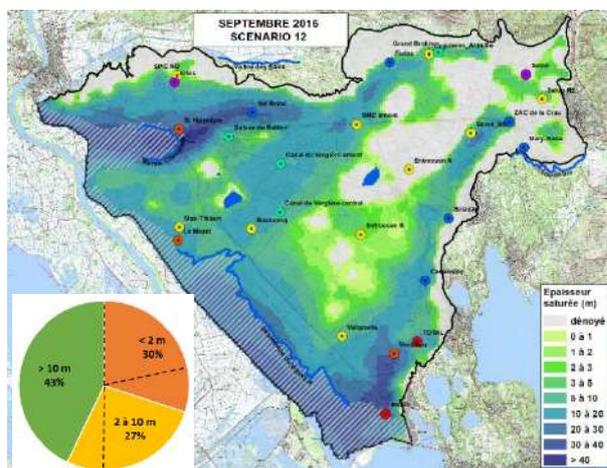
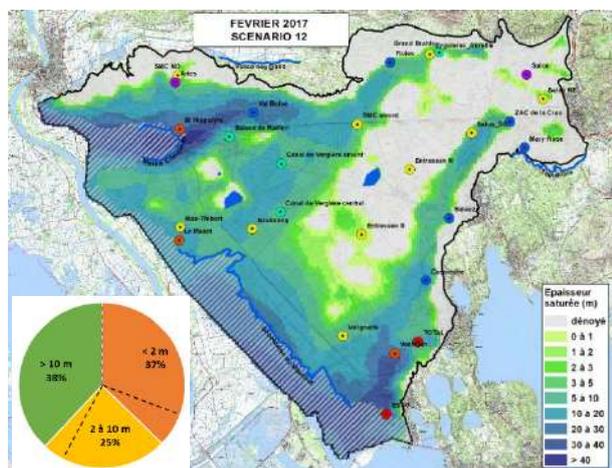
## RESULTATS

### BASSES EAUX - février 2017

### HAUTES EAUX MOYENNES - septembre 2016

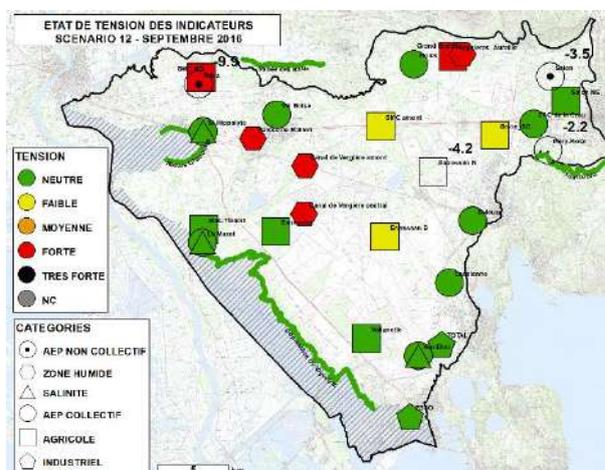
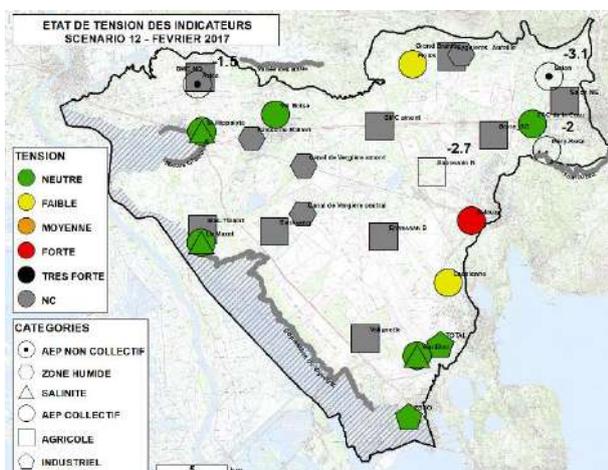


Différence de charge hydraulique par rapport à la simulation de référence (scénario 8)



Répartition spatiale et statistique de l'épaisseur de zone saturée dans les cailloutis en basses et hautes eaux

## INDICATEURS



Classement individuel des indicateurs en février 2017 et septembre 2016

INDICATEURS

CODE DE COULEUR INDICATIF DE LA TENSION SUR LES INDICATEURS				
NEUTRE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	TRES FORTE

INDICATEURS ZONES HUMIDES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VERGIERE CENTRAL																										
VERGIERE AMONT																										
BAISSE DU RAILLON																										
GRD BRAHIS																										
MARAIS CHANOINES																										
VALLE DES BAUX																										
TOULOUBRE																										
DEPRESSION VIGUEIRAT																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

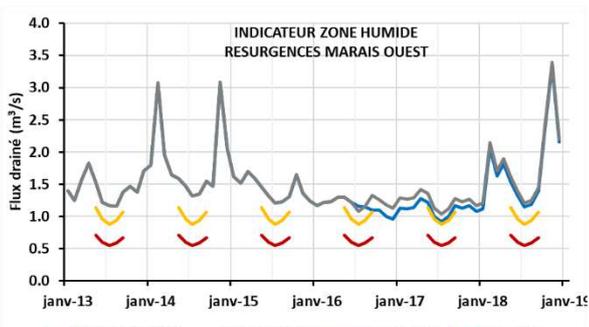
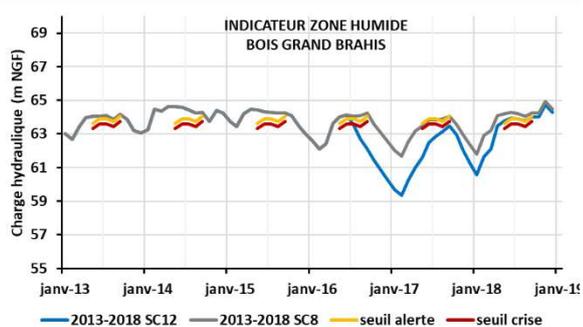
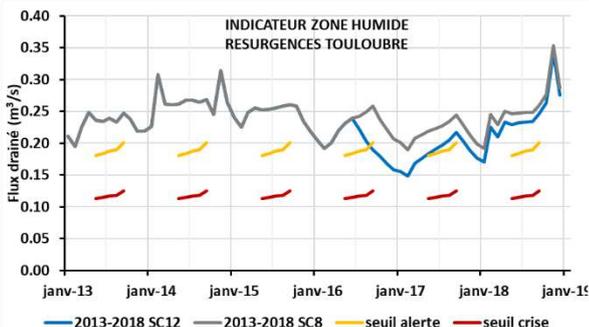
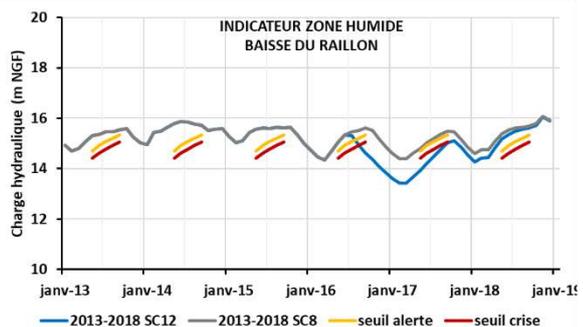
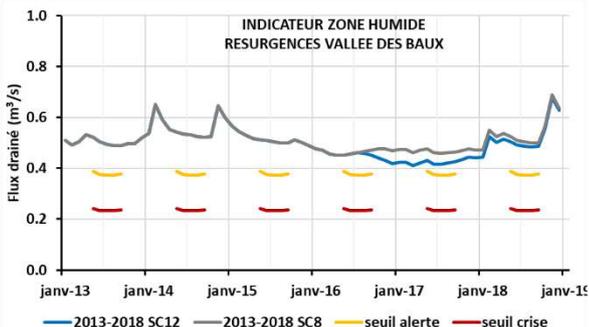
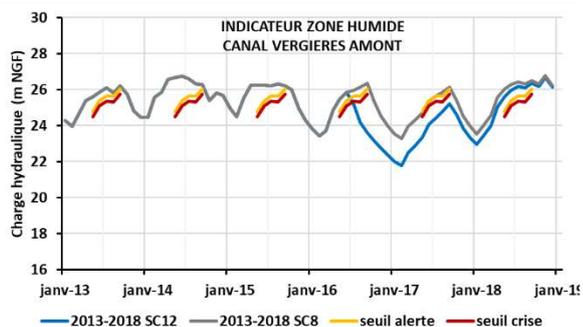
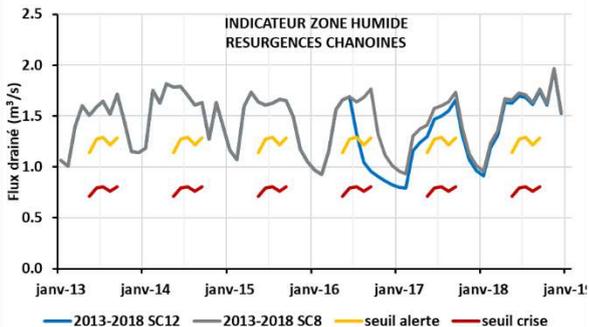
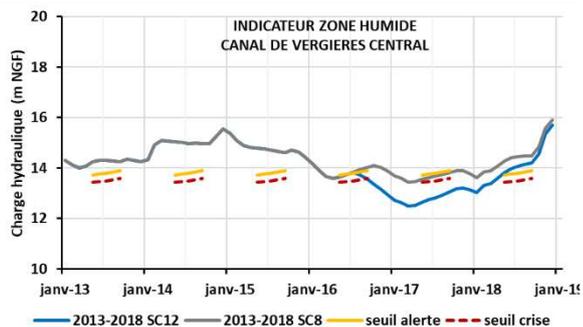
INDICATEURS SALINITE																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VENTILLON																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS AEP COLLECTIF																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
ZAC DE LA CRAU																										
VENTILLON																										
VALBOISE																										
SULAUZE																										
ST HIPPOLYTE																										
LE MAZET																										
LES FIOLES																										
CASPIENNE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

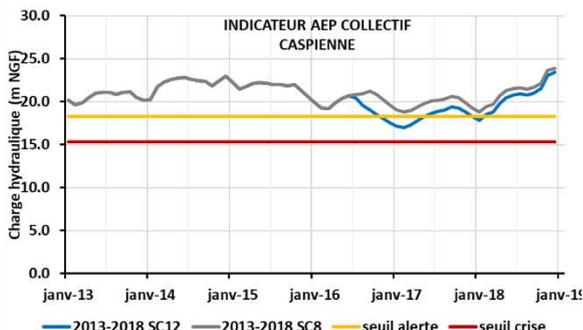
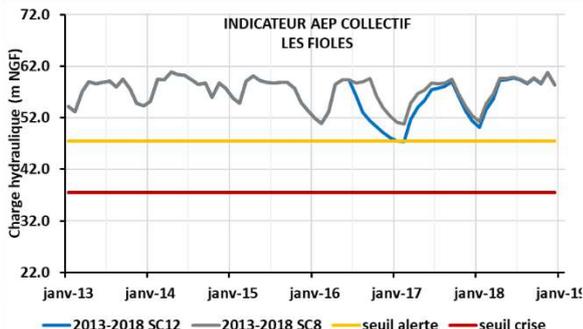
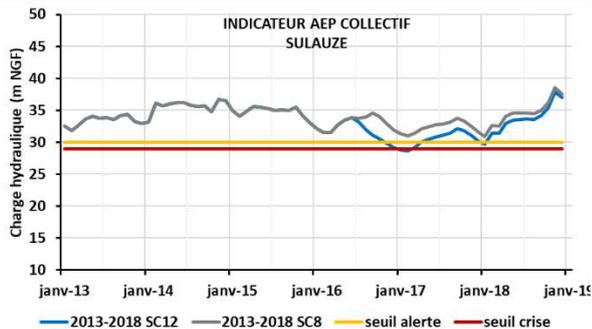
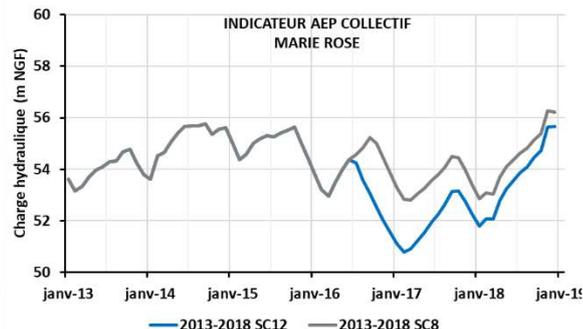
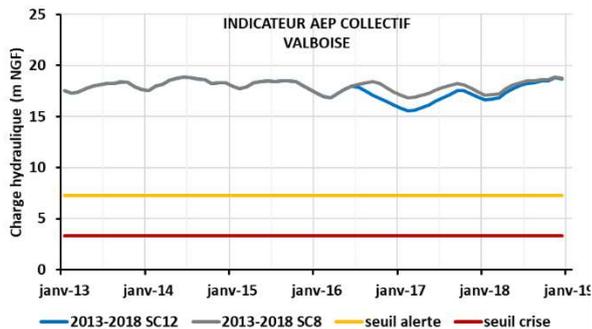
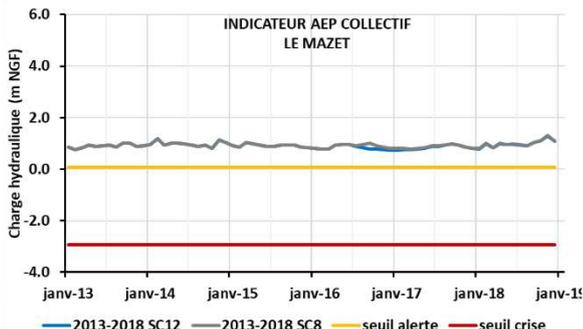
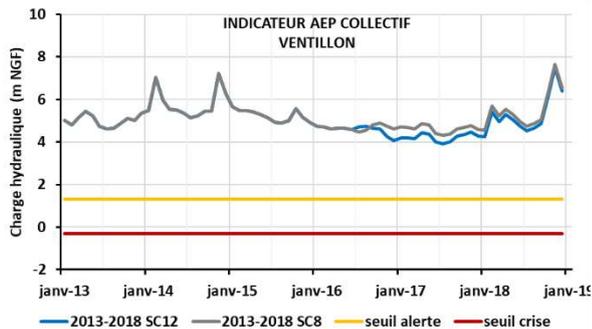
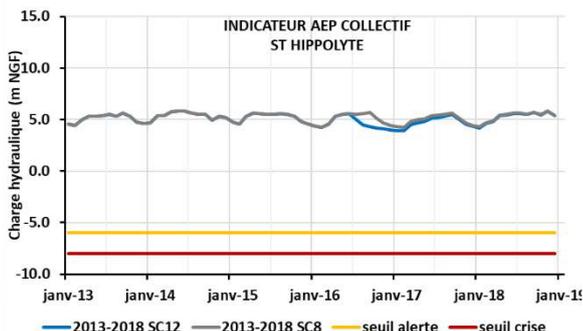
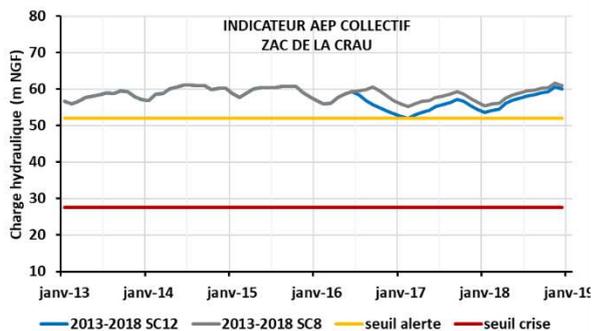
INDICATEURS AGRICOLES																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
VALIGNETTE																										
ST MARTIN AMONT																										
ST MARTIN NORD-OUES																										
SALON SUD-OUEST																										
SALON NORD-EST																										
MAS-THIBERT																										
ENTRESSEN-SUD																										
BAUSSENQ																										
AUREILLE																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

INDICATEURS INDUSTRIELS																										
CLASSEMENT MENSUEL INDIVIDUEL	janv-13	avr-13	juil-13	oct-13	janv-14	avr-14	juil-14	oct-14	janv-15	avr-15	juil-15	oct-15	janv-16	avr-16	juil-16	oct-16	janv-17	avr-17	juil-17	oct-17	janv-18	avr-18	juil-18	oct-18	SYNTHESE INDIVIDUELLE SUR TOUTE LA PERIODE	
TOTAL																										
ESSO																										
SYNTHESE MENSUELLE PAR CATEGORIE																										

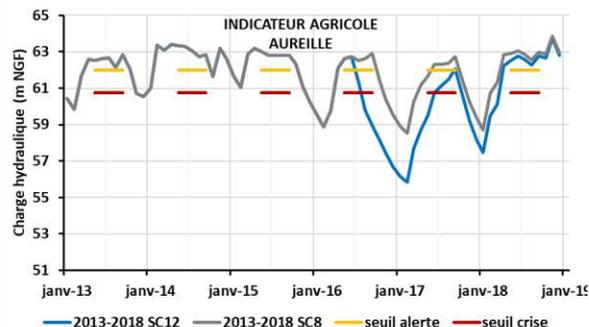
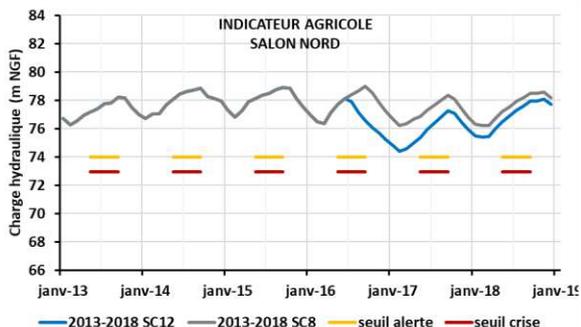
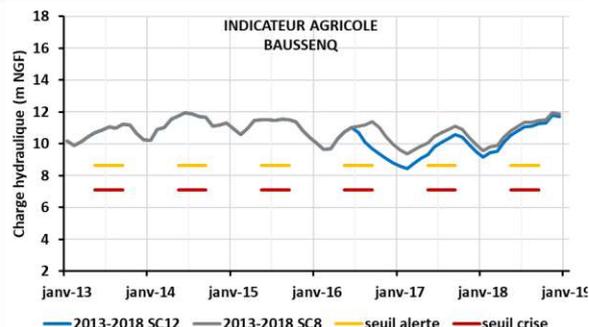
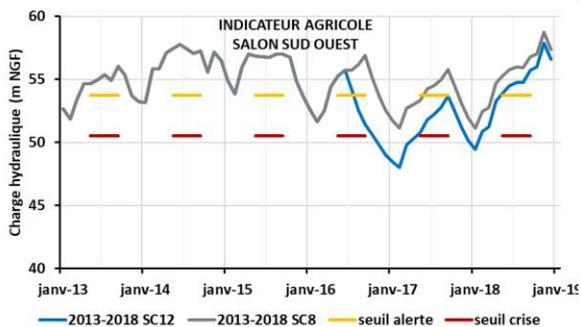
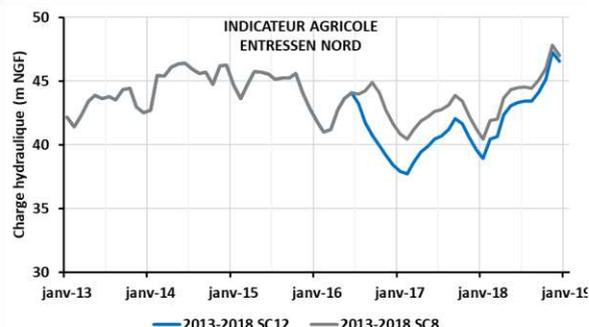
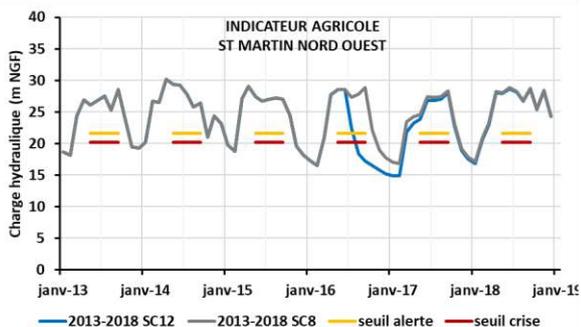
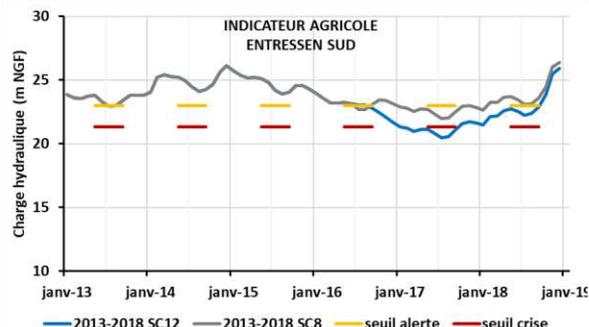
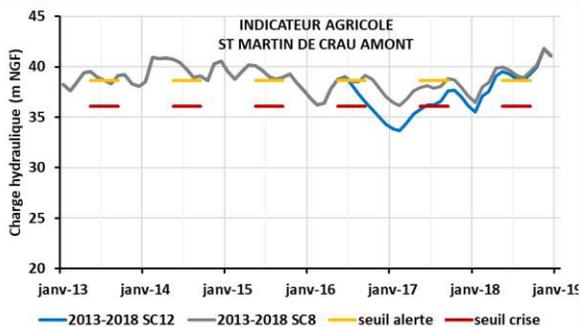
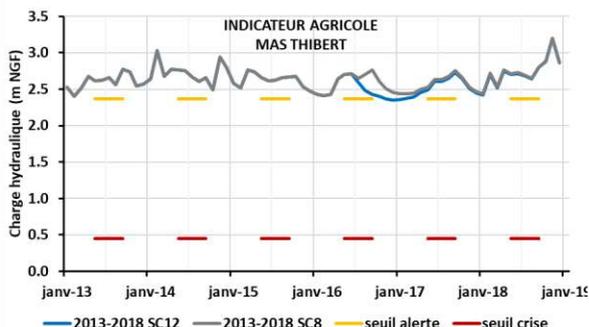
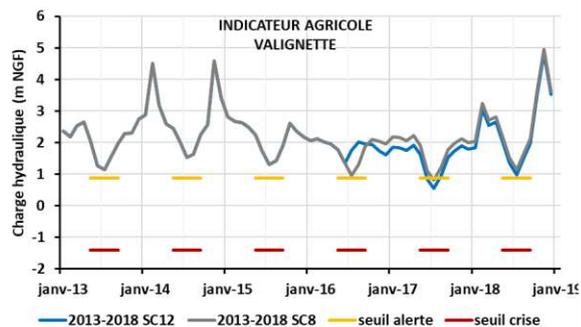
### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS ZONES HUMIDES



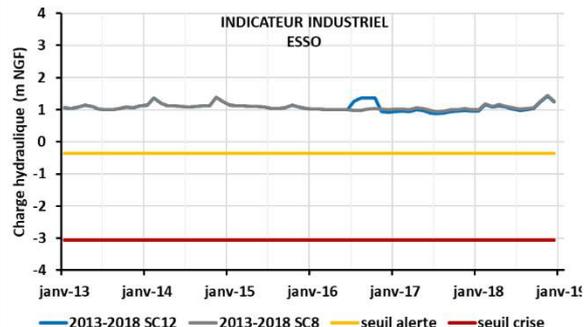
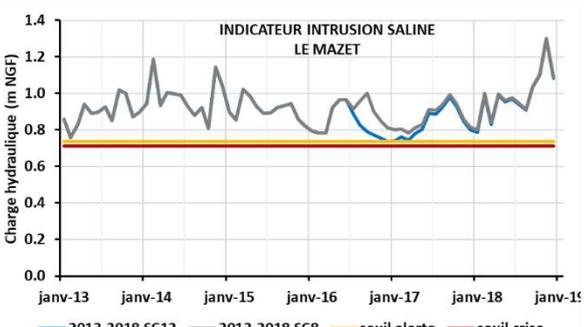
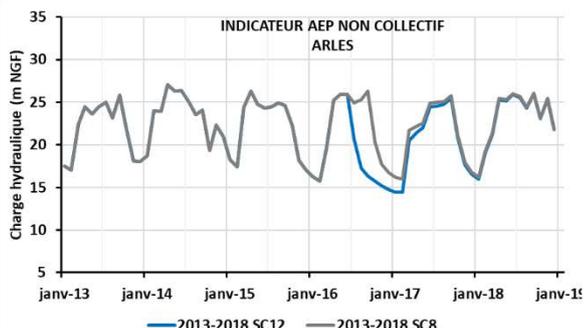
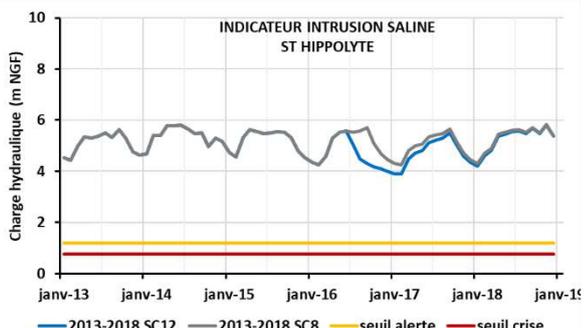
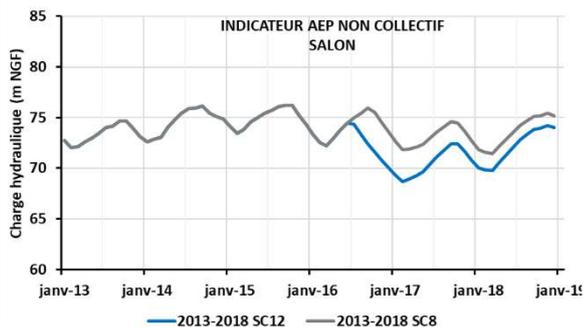
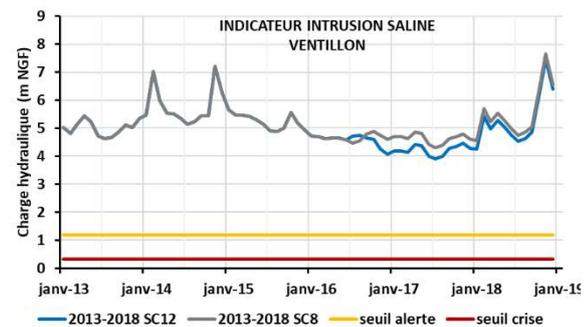
**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AEP COLLECTIF**



### CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS AGRICOLES



**CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES INDICATEURS SALINITE, AEP NON COLLECTIF, INDUSTRIELS**





Etude réalisée par :



Avec l'appui technique de :



Avec l'appui en concertation de :



Partenaires techniques et financiers :



PRÉFET DE LA RÉGION  
PROVENCE-ALPES  
CÔTE D'AZUR



établissement public de l'État

