

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DEBITS DU RHONE EN PERIODE DE « BASSES EAUX »



**PHASE 3 - DETERMINATION DES CONDITIONS LIMITES A
MAINTENIR DANS LE FLEUVE POUR L'AEP ET LE
FONCTIONNEMENT DES CENTRALES NUCLEAIRES**


*Document D - Impact d'une baisse de débit du fleuve sur
les usages préleveurs en nappe alluviale*



Edition finale - Octobre 2014

L'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux comporte les documents listés ci-dessous. Le présent document constitue le rapport surligné en gris.

Synthèse de l'étude	
Synthèse	Etude de la gestion quantitative du fleuve Rhône à l'étiage : Principaux résultats - Synthèse de l'étude en 100 pages précédée d'un résumé de 6 pages
Phase 1 - Caractérisation du territoire du fleuve Rhône et Bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles	
A	Rapport principal de phase 1
B	Rapport thématique sur l'irrigation dans le bassin du Rhône
C	Rapport thématique sur les nappes en interaction avec le Rhône
D	Fiche de synthèse sur les ouvrages hydroélectriques situés sur la partie française du bassin du Rhône
E	Fiche de synthèse sur l'hydrologie du Rhône alpestre et l'influence des ouvrages hydrauliques suisses
F	Résumé de la phase 1
Phase 2 - Etude des étiages historiques ; Reconstitution des débits désinfluencés et Evaluation de l'empreinte des influences anthropiques sur les débits du Rhône	
A	Rapport principal de mission 1 : Etude des étiages historiques
B	Rapport principal de mission 2 : Reconstitution des débits désinfluencés et évaluation des empreintes des influences anthropiques sur les débits
C	Rapport thématique Hydrogéologie : Estimation des impacts des prélèvements en nappes sur le débit du Rhône
D	Rapport thématique Hydrométrie : Etude critique des débits mesurés aux stations d'étude
E	Résumé de la phase 2
Phase 3 - Détermination des conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité	
A	Rapport principal de phase 3
B	Résumé de la phase 3
C	Impact d'une baisse des débits d'étiage sur la salinisation des hydrosystèmes souterrains en Camargue
D	Impact d'une baisse de débit du fleuve sur les usages préleveurs en nappe alluviale
Phase 4 - Détermination des conditions limites de débits pour les espèces	
A	Rapport principal de phase 4
B	Résumé de la phase 4
Phase 5 - Synthèse des débits limites pouvant être définis dans le Rhône et Approche des volumes prélevables	
A	Rapport principal de phase 5
B	Résumé de la phase 5
Phase 6 - Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios prospectifs	
A	Rapport principal de phase 6
B	Résumé de la phase 6

	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
	Sous-traitants HYDROFIS (aspects hydrogéologiques)

Date de création du document	Avril 2013
Contact	Sébastien Chazot sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	Phase 3 – Document D : Impact d'une baisse de débit du fleuve sur les usages préleveurs en nappe alluviale
Référence du document :	800420_Ph3_D_Impact_Débits_sur_Champs_Captant
Indice :	VFb

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
janvier 2014	1.0		Pascal Fénart (HYDROFIS)	Sébastien Chazot
Octobre 2014	VFb		Pascal Fénart (HYDROFIS)	Sébastien Chazot

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DÉBITS DU RHÔNE EN PÉRIODE DE « BASSES EAUX »

Phase 3 – Document D : Impact d'une baisse de débit du fleuve sur les usages préleveurs en nappe alluviale

PRÉAMBULE.....	1
1. QUELLE EST LA VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE DE LA NAPPE AUX ÉTIAGES DU FLEUVE ?	5
1.1 Quels sont les secteurs de la nappe alluviale sensibles aux variations de débit du fleuve ?	5
1.1.1 Méthodologie	5
1.1.2 Cartographie des secteurs vulnérables	8
1.2 Quelle distribution spatiale des épaisseurs de nappe ?	10
1.2.1 Méthodologie	10
1.2.2 Cartographie des épaisseurs mouillées	14
2. QUELLES OBSERVATIONS PEUT ON FAIRE ENTRE LE DÉBIT DU FLEUVE ET LA PRODUCTIVITÉ DE LA NAPPE ?	17
2.1 Observe-t-on une corrélation entre débit et piézométrie ?	17
2.1.1 Données piézométriques disponibles	17
2.1.2 Existe-il une corrélation entre le débit du Rhône et la piézométrie de la nappe alluviale ?	23
2.1.3 Existe-t-il une relation entre les étiages remarquables du Rhône et la piézométrie de sa nappe alluviale ?	26
2.2 Existe-t-il des variations de productivité des champs captants AEP ?	34
2.2.1 Enquête par voie postale	35
2.2.2 Zoom sur les principaux champs captant	38
3. AVIS SUR L'IMPACT DES BAISES DE DÉBIT DU RHÔNE SUR LA PRODUCTIVITÉ DE LA NAPPE	43
3.1 Où sont les secteurs pour lesquels la piézométrie va varier avec les variations de débit du fleuve ?	44
3.2 Où sont localisés les secteurs structurellement vulnérables ?	46
3.3 Où sont les prélèvements AEP importants ?	49
4. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES	50

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Schéma type des ouvrages d'aménagement du Rhône (photothèque CNR).....	2
Figure 2 : Sectorisation proposée en fonction des ouvrages CNR - exemple du secteur de la plaine de Chautagne.....	6
Figure 3 : Exemple de niveaux d'eau du Rhône en crue pour la détermination de l'influence amont des ouvrages de retenue.....	7
Figure 4 : Cartographie des secteurs vulnérables aux variations de débit du fleuve.....	8
Figure 5 : Emprise totale des points d'épaisseurs mouillées.	11
Figure 6 : Emprise totale de la carte des épaisseurs mouillées.....	12
Figure 7 : Exploitation des données BSS pour déterminer l'épaisseur mouillée entre Mornas et Avignon.....	13
Figure 8 : Isopaques des alluvions à la confluence Rhône-Durance (HORIZONS, in Tirat et al., 2006).....	13
Figure 9 : Exemple de surcreusement alluvial (Truc, 2000 ; in Tirat et al., 2006).....	14
Figure 10 : Cartographie des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône.	15
Figure 11 : Piézomètres retenus.....	18
Figure 12 : Exemple de piézomètre situé hors contour alluvial.....	19
Figure 13 : profondeur temporelle des vingt stations retenues.	20
Figure 14 : Rappel de la sectorisation de la nappe alluviale du Rhône en fonction des aménagements.....	22
Figure 15 : Couples des points hydrométriques et piézométriques.....	23
Figure 16 : Exemple de la valeur du QMNA5 à la station de Lagnieu.	24
Figure 17 : Croisements des données hydrométriques et piézométriques.....	25
Figure 18 : Rappel de l'identification des années sèches pour le Rhône (BRLi).	27
Figure 19 : Exemple de la chronique piézométrique à St-Vulbas.	28
Figure 20 : Exemple de la chronique piézométrique à Villeurbanne.....	29
Figure 21 : Exemple de la chronique piézométrique à Tarascon.....	30
Figure 22 : Champs captants AEP dans la nappe alluviale du Rhône.....	34
Figure 23 : Localisation des champs captants ayant répondu au questionnaire.	36
Figure 24 : Résultats de l'enquête.....	37
Figure 25 : Champ captant de Crépieu-Charmy (d'après Tirat et al.,2006).	38
Figure 26 : Coupe au droit du champ captant de Comps (d'après Tirat et al.,2006).	40
Figure 27 : Simulation des rabattements de la nappe au droit du champ captant de Comps (d'après BRGM, 1993 ; in Tirat et al.,2006).....	41
Figure 28 : Cartographie des secteurs vulnérables aux variations de débit du fleuve.....	44
Figure 29 : Facteurs explicatifs potentiels des variations piézométriques.	45
Figure 30 : Cartographie des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône.	47
Figure 31 : Cartographie croisée vulnérabilité, épaisseur mouillée et volume prélevé annuel pour le bas Rhône.	48

PRÉAMBULE

CONTEXTE ET OBJECTIFS

L'Agence de l'Eau RMC a confié à BRLingénierie, associé à Hydrofisis et Hepia (sous-traitants), la réalisation de l'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux.

Le Rhône est souvent considéré comme une ressource pléthorique et susceptible de satisfaire de nombreux usages (prélèvements pour l'eau potable, l'industrie ou l'irrigation, production hydroélectrique, refroidissement de centrales nucléaires, navigation, ...). **On peut cependant s'interroger sur l'évolution de sa capacité à satisfaire, à terme, en périodes d'étiage, tous ces usages, conjointement avec une garantie du bon état des milieux aquatiques associés**, compte tenu de plusieurs paramètres, en particulier :

- ▶ des perspectives d'évolution des usages prélevant dans le fleuve ou sa nappe ;
- ▶ des perspectives de modification de son régime hydrologique et de la température de ses eaux sous l'influence du changement climatique ;
- ▶ une émergence de divers projets de substitution ou de développement de ressource pour amener de l'eau du fleuve (eau superficielle ou nappe) vers des bassins voisins ne disposant pas des ressources suffisantes pour satisfaire leurs besoins (AEP, agricole, industriel) ;
- ▶ l'apparition de périodes de tensions, en particulier lors d'épisodes caniculaires et/ou d'étiage prononcé. Certaines années récentes se sont illustrées par des températures d'eau élevées (en particulier 2003 et 2006), qui ont conduit EDF à diminuer la production des CNPE.

Ces différents points soulignent l'importance de la question clé posée par le cahier des charges de l'étude : **quelle est la capacité du fleuve Rhône à répondre à l'ensemble des usages actuels et à venir tout en assurant le fonctionnement des milieux aquatiques ?** Plus précisément, l'étude doit apporter des réponses aux questions suivantes :

- ▶ Est-il pertinent de considérer le Rhône comme une ressource pléthorique ?
- ▶ Quelles sont les composantes du débit du Rhône (contributions des glaciers, du manteau neigeux, du Lac Léman, des affluents, de la pluviométrie...) et les différents leviers influençant les débits d'étiage ?
- ▶ Quels sont les impacts des variations de débits et de température sur les différents usages ?
- ▶ Quels seuils de débit ne faut-il pas dépasser sur le fleuve pour ne compromettre ni la vie biologique, ni les usages prioritaires (eau potable/sécurité civile) ?

L'étude est découpée en six phases chronologiques :

La phase 1 caractérise le territoire de l'étude et dresse un bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles, à l'échelle du bassin versant, sur les eaux superficielles et les eaux souterraines : gestion du lac Léman, barrages, transferts hydroélectriques, prélèvements pour l'irrigation, l'eau potable, l'industrie et le refroidissement des centrales nucléaires.

La phase 2 reconstitue, au droit des 6 stations hydrométriques de référence, les débits non influencés par les prélèvements et évalue l'empreinte des influences anthropiques sur ces débits.

La phase 3 examine les conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité.

La phase 4 s'interroge sur les conditions limites de débit à maintenir pour les poissons.

Les phases 5 et 6 font la synthèse des débits limites pouvant être définis à ce stade dans le Rhône et évaluent les effets possibles d'une augmentation des prélèvements sur les étiages du Rhône.

L'objectif de ce rapport est de proposer une première analyse à l'échelle de la nappe alluviale du Rhône, sur la vulnérabilité des usages préleveurs à de potentiels baisses remarquables du débit du fleuve.

Figure 1 : Schéma type des ouvrages d'aménagement du Rhône (photothèque CNR).



Precisons d'emblée une limite forte à cette étude, qui a pour objectif d'aider à la définition de débits objectifs sur le Rhône aménagé. La définition des débits réservés à l'aval des retenues, avant dérivation vers des usines hydroélectriques ne fait pas partie de l'étude. Il est donc convenu que ces débits réservés restent la règle sur les Vieux Rhône et que ces portions du Rhône, pourtant en forte relation avec la nappe alluviale, échappent de facto au périmètre de cette étude.

Le rédacteur principal de l'étude est l'expert hydrogéologue Pascal Fénart de la société HYDROFIS. Audrey Pothin a réalisé les analyses des chroniques piézométriques, ainsi que la cartographie des épaisseurs mouillées sous SIG ; Mathilde Chauveau a rédigé le compte-rendu de l'entretien avec les responsables du Grand Lyon.

MÉTHODOLOGIE

C'est une problématique complexe car il est difficile de raisonner sur une relation causale entre les niveaux piézométriques et les débits du cours d'eau. En effet, les échanges entre une nappe alluviale et un cours d'eau sont guidés par le gradient piézométrique qui résulte de la différence altimétrique entre la ligne d'eau et le niveau piézométrique. Or, la relation entre le débit et la ligne d'eau est complexe car elle dépend de la géométrie locale du lit du fleuve.

De plus, le secteur d'étude est bien trop étendu pour prétendre pouvoir fournir une analyse de détail des influence du débit du Rhône sur la productivité de sa nappe alluviale.

Nous proposons une approche combinant plusieurs niveaux d'analyse :

(1) En exploitant le travail de sectorisation réalisé en phase 1 de l'étude, nous proposons une cartographie des secteurs de nappe sensibles aux éventuelles variations de débit du Rhône, en particulier durant les étiages sévères. En effet, une partie importante de la nappe alluviale présente des niveaux piézométrique contrôlés aux limites de l'appareil alluvial, soit par des ouvrages de la CNR avec des cotes imposées, soit par la piézométrie des formations annexes.

(2) Puis, nous proposons une analyse spatialisée croisée entre piézométrie et mur de l'aquifère afin de fournir une carte estimative de l'épaisseur de la zone noyée. Notons cependant que le degré de recouvrement de cette carte est directement dépendant des informations disponibles ; de même, il est entendu que cette cartographie est seulement indicative car elle est basée nécessairement sur le recollement de cartes piézométriques réalisées à des périodes temporelles différentes (biais majeur). Malgré ces limites intrinsèques, cette cartographie permet de mettre en évidence les zones de fortes réserves et celles pour lesquelles la moindre variation du niveau piézométrique pourra se révéler « impactante ».

(3) A partir des données récoltées sur ADES et sur la BANQUE HYDRO, nous avons effectué une analyse générale sur les relations possibles entre les débits mesurés et la piézométrie de la nappe alluviale, et ce pour les grands tronçons délimités entre deux stations hydrométriques. Cette analyse est basée sur les éléments suivants :

- Une recherche des données disponibles sur les débits d'étiages ou sur les niveaux piézométriques de basses eaux en nappe.
- Une analyse de ces données en les re-contextualisant : étude du contexte local du secteur avec identification d'éventuelles interrelations avec les aquifères encaissants, des pompages AEP ou agricoles importants, etc.
- Une analyse de corrélation sur les secteurs a priori peu ou pas influencés entre les débits mesurés dans le Rhône et les minima piézométriques synchrones.

(4) Pour finir, nous avons choisi de faire un zoom sur la problématique des prélèvements pour l'alimentation en eau potable. C'est en effet un usage prioritaire qui représente près de 50% des prélèvements.

Pour commencer, nous avons réalisé une collecte d'informations spécifiques par courrier auprès des 84 Maîtres d'Ouvrage en charge des points de production AEP implantés en nappe alluviale. Des entretiens téléphoniques ont été réalisés si nécessaire. L'étude d'ANTEA sur l'identification et la protection des ressources en eau souterraine majeures pour l'AEP (mise en libre accès sur les serveurs de l'Agence) liste 84 champs captant implantés dans la nappe alluviale du Rhône pour un volume prélevé annuel moyen de 180 Mm³.

Un focus particulier a été fait sur les champs captants de Comps (Métropole de Nîmes) et de Crépieux-Charmy (Grand Lyon), qui se caractérisent par des volumes prélevés très importants.

1. QUELLE EST LA VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE DE LA NAPPE AUX ÉTIAGES DU FLEUVE ?

1.1 QUELS SONT LES SECTEURS DE LA NAPPE ALLUVIALE SENSIBLES AUX VARIATIONS DE DÉBIT DU FLEUVE ?

1.1.1 Méthodologie

Le système Rhône a fait l'objet de multiples aménagements. La mise en place de retenues sur le fleuve implique un impact sur la piézométrie de la nappe alluviale dans la proximité de ces aménagements.

En effet, si une station échantillonne la variation du niveau de la nappe alluviale dans un secteur où le Rhône est endigué (à proximité d'un canal d'aménagé ou d'un Rhône « unique » en amont direct d'un barrage par exemple), nous pouvons nous attendre à une absence de variation piézométrique en fonction de la variation du débit du Rhône. En effet, le débit est régulé au niveau de ces sections, même à l'étiage. Inversement, nous pouvons supposer que les variations piézométriques associées aux variations du débit du Rhône sont plus fortes au niveau des sections de Rhône non endigué : le débit n'y est pas régulé (et donc influencé par les étiages) et le colmatage de fond et des berges est moins important.

Cette sectorisation fait d'emblée apparaître une limite forte à cette étude, qui a pour objectif d'aider à la définition de débits objectifs sur le Rhône aménagé. La définition des débits à l'aval des retenues relève du Code de l'Environnement et suit les règles de définition des débits réservés. Or, les sections peu ou pas influencées du fleuve correspondent majoritairement à des Vieux Rhône situés à l'aval de ce retenues.

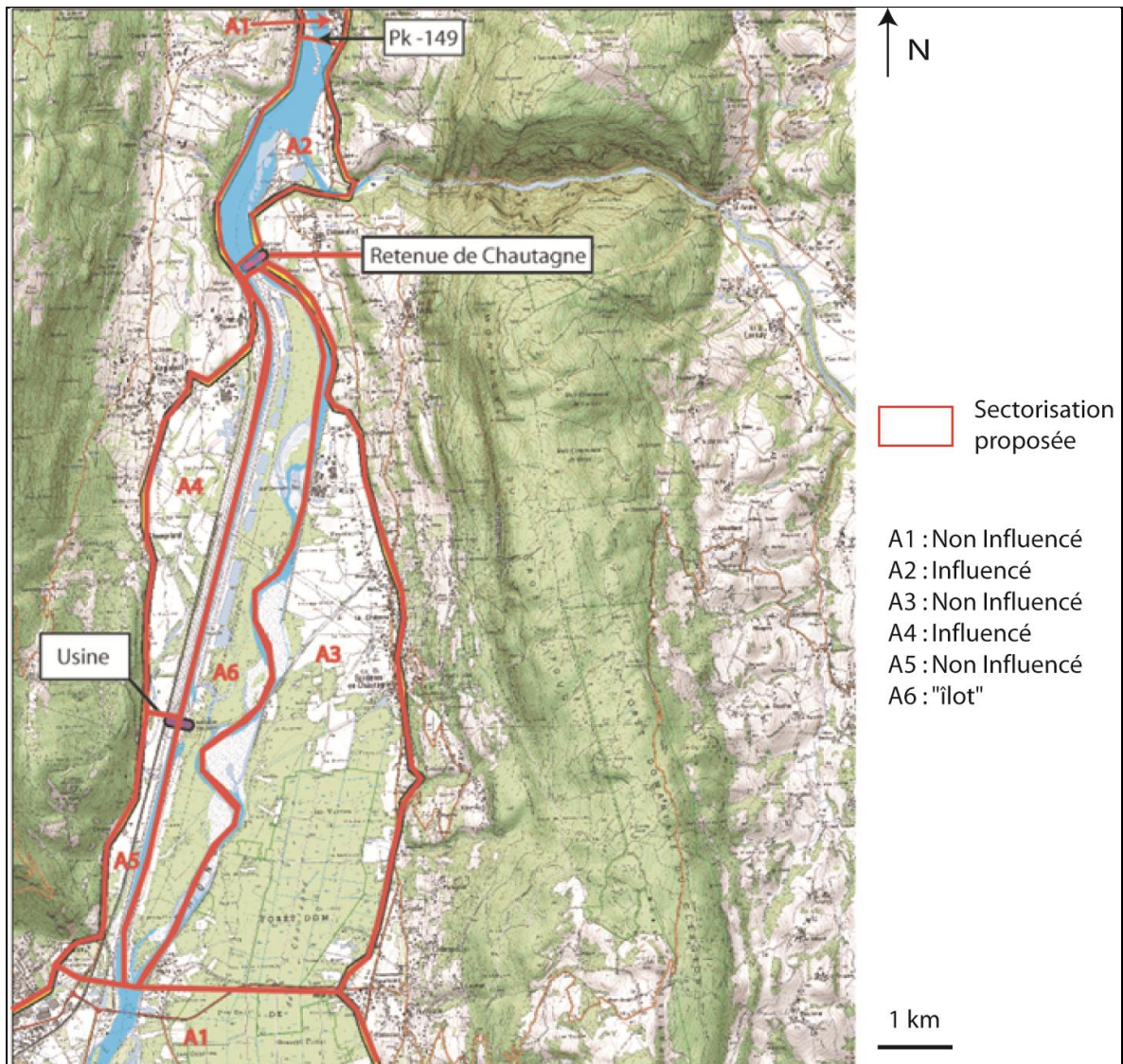
Une sectorisation avait été proposée en phase 2 de l'étude. Ses principes en sont ici rappelés.

La nappe alluviale a été "découpée" en six types selon la typologie suivante :

- ▶ A1 : secteur alluvial supposé peu ou pas influencé par les aménagements.
- ▶ A2 : nappe en rive droite ou gauche du Vieux Rhône à l'amont direct de la retenue.
- ▶ A3 : nappe en rive droite ou gauche du Vieux Rhône à l'aval de la retenue et en connexion avec le Vieux Rhône.
- ▶ A4 : nappe en association potentielle avec le canal d'aménagé et ses contre-canaux.
- ▶ A5 : nappe en association potentielle avec le canal de fuite.
- ▶ A6 : partie centrale du système de dérivation/Vieux Rhône que nous pouvons définir comme « terre-plein » ou « îlot » (système mixte potentiellement influencé par les canaux de dérivation et de fuite, mais aussi par les Vieux Rhône).

Une différence existe entre le canal d'aménagé et de fuite : le plus souvent, le canal d'aménagé, en position haute car endigué, alimente la nappe alluviale alors que le canal de fuite draine celle-ci. De la même façon, le colmatage des berges et du fond des canaux d'aménagé est très important alors que les Vieux-Rhône sont régulièrement « nettoyés » des dépôts de fines par les crues. De la même façon, les forts gradients hydrauliques entre les canaux d'aménagé et les nappes alluviales induisent une pénétration des fines dans les réservoirs ; les Vieux-Rhône et les canaux de fuite étant généralement alimentés par les nappes, ce phénomène n'est pas observé à leur proximité.

Figure 2 : Sectorisation proposée en fonction des ouvrages CNR - exemple du secteur de la plaine de Chautagne.



La délimitation entre les secteurs A1 et A2 se base sur les données de niveau d'eau du Rhône, définies en crue de type GENERALE1 (crue de récurrence quinquennale). Ainsi, lorsque à l'amont d'une retenue, un gradient plus faible voire une pente inexistante, est observé (cf. tableau ci-dessous), cette section du fleuve est alors considérée comme appartenant à la famille A2 (amont immédiat d'une retenue).

La sectorisation a ainsi été réalisée sur tout le long du Rhône.

Figure 3 : Exemple de niveaux d'eau du Rhône en crue pour la détermination de l'influence amont des ouvrages de retenue.

Ouvrages	PK	Niv. Eau (Alti. NGF en m)
Seyssel Retenue	-152	260.5
	-151	254
	-150	253
	-149	252.4
	-148	252.3
	-147	252.1
Chautagne Retenue	-146	247.4
	-145	246.2
	-144	245.4
	-143	244.7
	-142	243.3
	-141	241.1
Chautagne Usine	-140	240.7
	-139	239.6
	-138	240
	-137	238
	-136	237.2
	-135	236.6
	-134	235.9

Dans cette approche, il s'agit d'identifier les secteurs de nappe susceptibles d'être influencés par des variations de débit du fleuve, notamment en période estivale. Nous proposons donc la sectorisation suivante.

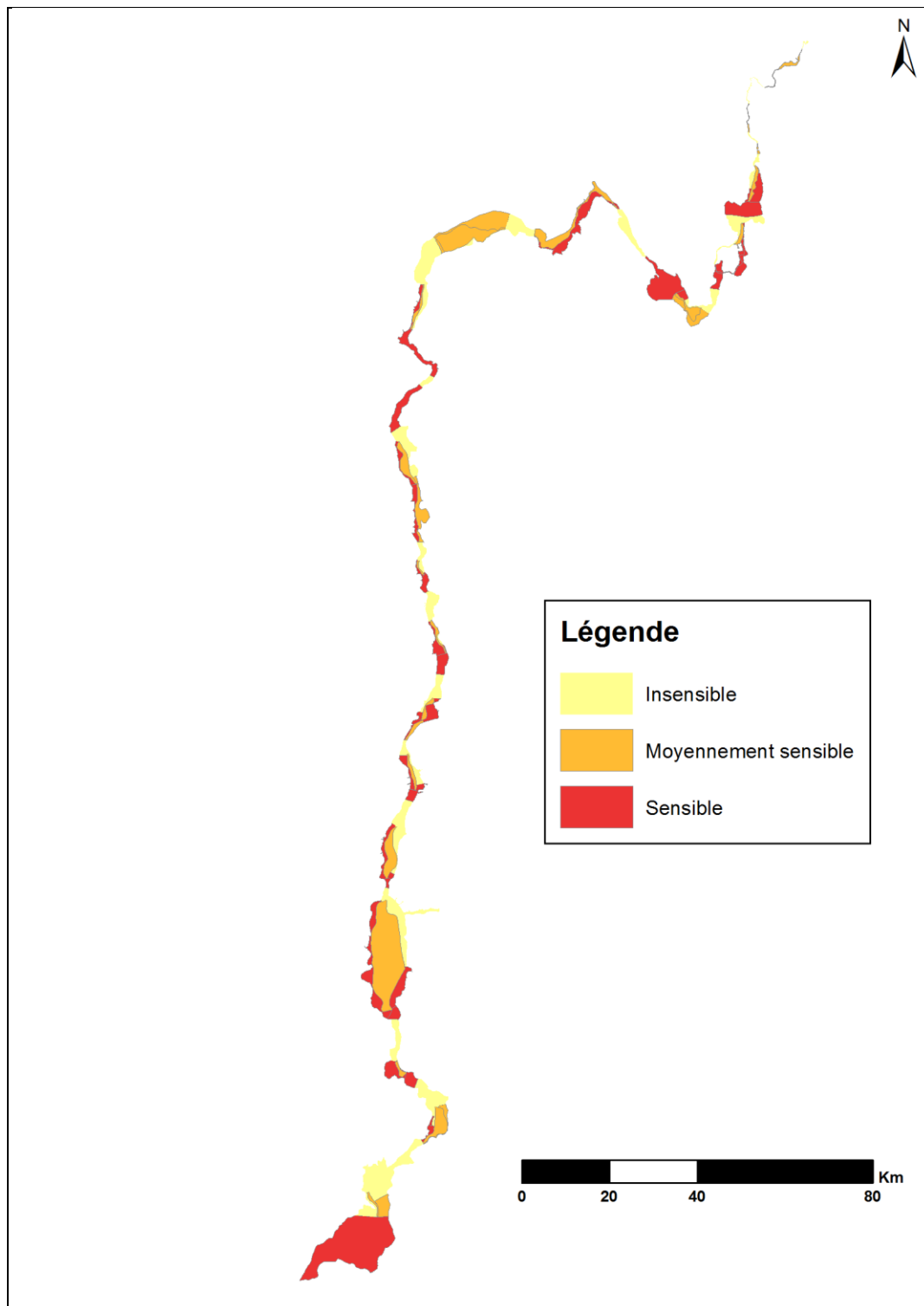
- ▶ A1 : Secteur avec une limite à charge variable ; forte sensibilité aux variations de débit du fleuve.
- ▶ A2 : Secteur avec une limite à charge constante ; insensibilité aux variations de débit du fleuve.
- ▶ A3 : Secteur avec une limite à charge variable et une limite à charge constante ; sensibilité moyenne car tamponnée.
- ▶ A4 : Secteur avec une limite à charge constante ; insensibilité aux variations de débit du fleuve.
- ▶ A5 : Secteur avec une limite à charge pseudo-constante ; insensibilité aux variations de débit du fleuve.
- ▶ A6 : Secteur avec une limite à charge variable et une limite à charge constante ; sensibilité tamponnée.

Pour perfectionner l'analyse, nous avons aussi tenu compte des alimentations latérales susceptibles de "fixer", de tamponner les niveaux piézométriques localement. Ainsi, pour les secteurs de forte sensibilité aux variations de débit du fleuve, si latéralement on observe une nappe puissante (cas des nappes alluviales et fluvio-glaciaires), nous avons requalifié le secteur en sensibilité moyenne.

1.1.2 Cartographie des secteurs vulnérables

La carte ci-dessous permet de visualiser les secteurs sous influence des aménagements du Rhône et donc sensibles ou non aux variations de débit du fleuve.

Figure 4 : Cartographie des secteurs vulnérables aux variations de débit du fleuve.



En termes de surface, on observe la répartition suivante :

- ▶ 365 km² de nappe en secteurs dits insensibles au débit du fleuve (soit environ 30%).
- ▶ 379 km² de nappe potentiellement influencés par les variations de débit du Rhône (soit environ 30%); rappelons qu'il s'agit de portions de nappe alluviale en contact avec un Rhône dit libre mais aussi avec un autre hydro système (nappes latérales ou canaux de dérivation) susceptible de tamponner l'impact des variations des lignes d'eau dans le fleuve.
- ▶ 485 km² de nappes a priori sensibles au débit du fleuve (soit environ 40%). Rappelons toutefois que dans une proportion non négligeable, ces portions de nappe se situent directement à l'aval d'un ouvrage de retenue dont le débit laissé au cours d'eau non dérivé correspond au débit réservé (hors champ de l'étude). Il existe quelques secteurs de petites superficies, dépendants du débit d'étiage "global" du Rhône : il s'agit soit des portions de nappe connectés au canal de fuite après usine, sur les sections de Rhône dérivé, soit des secteurs à l'aval de barrages usines ou de la jonction entre Rhône court-circuité et Rhône dérivé, qui restent sensibles aux variations de débit du fleuve. Citons pour les plus importantes (S>10 km²) :
 - Aval de l'aménagement de Chautagne (environ 30 km²).
 - Aval de l'aménagement de Brégnier Cordon (environ 40 km²).
 - Aval de l'aménagement de Saultz-Brénat (environ 30 km²).
 - Aval de l'aménagement de Pierre néité (environ 20 km²).
 - Aval du barrage usine de Vaugris (environ 20 km²).
 - Aval de l'aménagement de Bollène (environ 20 km²).
 - Aval de Beaucaire (environ 160 km²).

Au final, les portions de nappe sensibles aux variations globales, naturelles, du fleuve Rhône (hors sections dont le débit d'étiage correspond au débit réservé d'un ouvrage), cumulent environ 320 km² (soit environ 25% de la superficie totale de la nappe alluviale) mais avec un secteur important en superficie : la plaine à l'aval de Beaucaire et à l'amont d'Arles (environ 160 km², soit environ 12,5% de la superficie de la nappe alluviale de la nappe).

1.2 QUELLE DISTRIBUTION SPATIALE DES ÉPAISSEURS DE NAPPE ?

1.2.1 Méthodologie

L'objectif de l'approche développée ici est de proposer une cartographie de l'épaisseur mouillée des alluvions du Rhône. Cette grandeur dépend directement de deux éléments : l'épaisseur des alluvions graveleuses et la côte piézométrique.

Tiral et al. (2006) proposent une première description de ces paramètres pour la nappe alluviale de Lyon à la Camargue :

- ▶ Naturellement très variable, l'épaisseur des formations alluviales excède rarement 30 mètres. Il n'y a pas de corrélation entre l'extension en surface d'un appareil alluvial et l'épaisseur maximale des alluvions. Dans le système Rhône, on peut qualifier d'épaisseurs faibles, les épaisseurs comprises entre cinq et dix mètres. Les secteurs réputés pour leur faible épaisseur sont les suivants : plaine de Pierrelatte, l'aval immédiat de la confluence avec l'Isère, la plaine de Montélimar.
- ▶ Globalement, l'amplitude des variations du niveau du fleuve est de 5 à 6 m entre l'étiage (- 2 m par rapport au niveau moyen) et la crue de fréquence annuelle (+4 m par rapport à ce même repère). Dans la nappe, les fluctuations sont plutôt de l'ordre de 3 à 4 m entre hautes et basses eaux. Elles se transmettent sur de grandes superficies avec un temps de réaction qui augmente et une amplitude qui diminue avec la distance au fleuve.

L'objectif de l'approche proposée ici est de proposer une quantification explicite de ces épaisseurs mouillées.

1.2.1.1 Méthode

Nous proposons une analyse spatialisée croisée entre piézométrie et mur de l'aquifère alluvial afin de fournir une carte estimative de l'épaisseur de la zone noyée.

Afin de déterminer une cartographie des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône, les données piézométriques de la nappe alluviale transmises en début d'étude par l'Agence de l'eau sont utilisées et couplées aux données du mur des alluvions. Ce sont des données géoréférencés provenant du référentiel hydrogéologique à échelle régionale du BRGM : la BD Lisa.

Les points d'intersection entre hydrohypeses et isolignes de même hauteur du mur géologique correspondent à une valeur d'épaisseur mouillée ponctuelle. Le croisement de ces données dont l'unité est le mètre NGF constitue la seule source d'informations utilisée pour effectuer ce type de travail, à l'échelle de la vallée.

Une interpolation linéaire de ces points reportés sur SIG (krigeage sur le logiciel Surfer 8) permet ensuite de mettre en évidence les différentes zones d'épaisseurs noyées.

1.2.1.2 Données disponibles

L'emprise des données utilisées et la carte obtenue apparaissent sur les figures suivantes.

Figure 5 : Emprise totale des points d'épaisseurs mouillées.

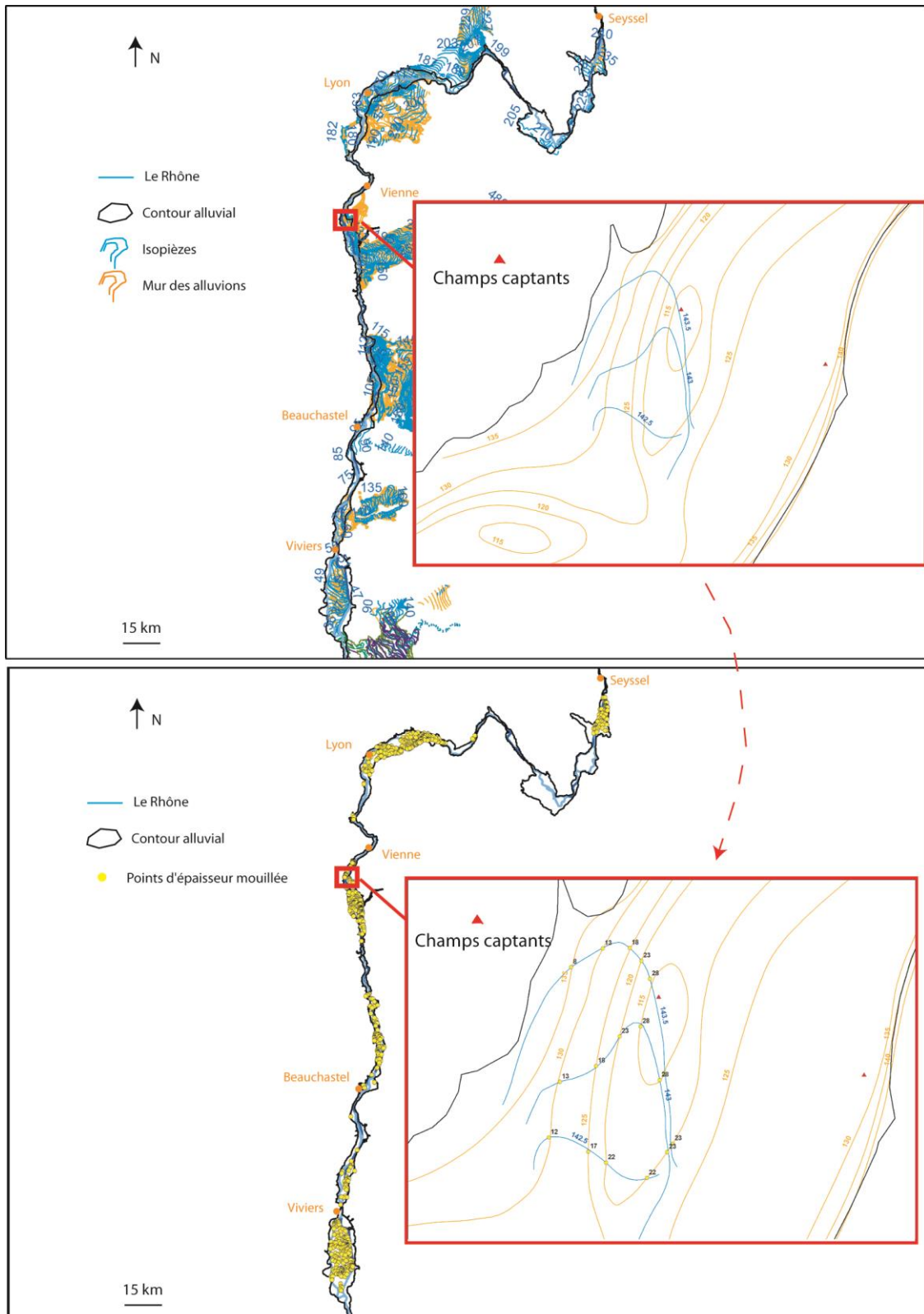
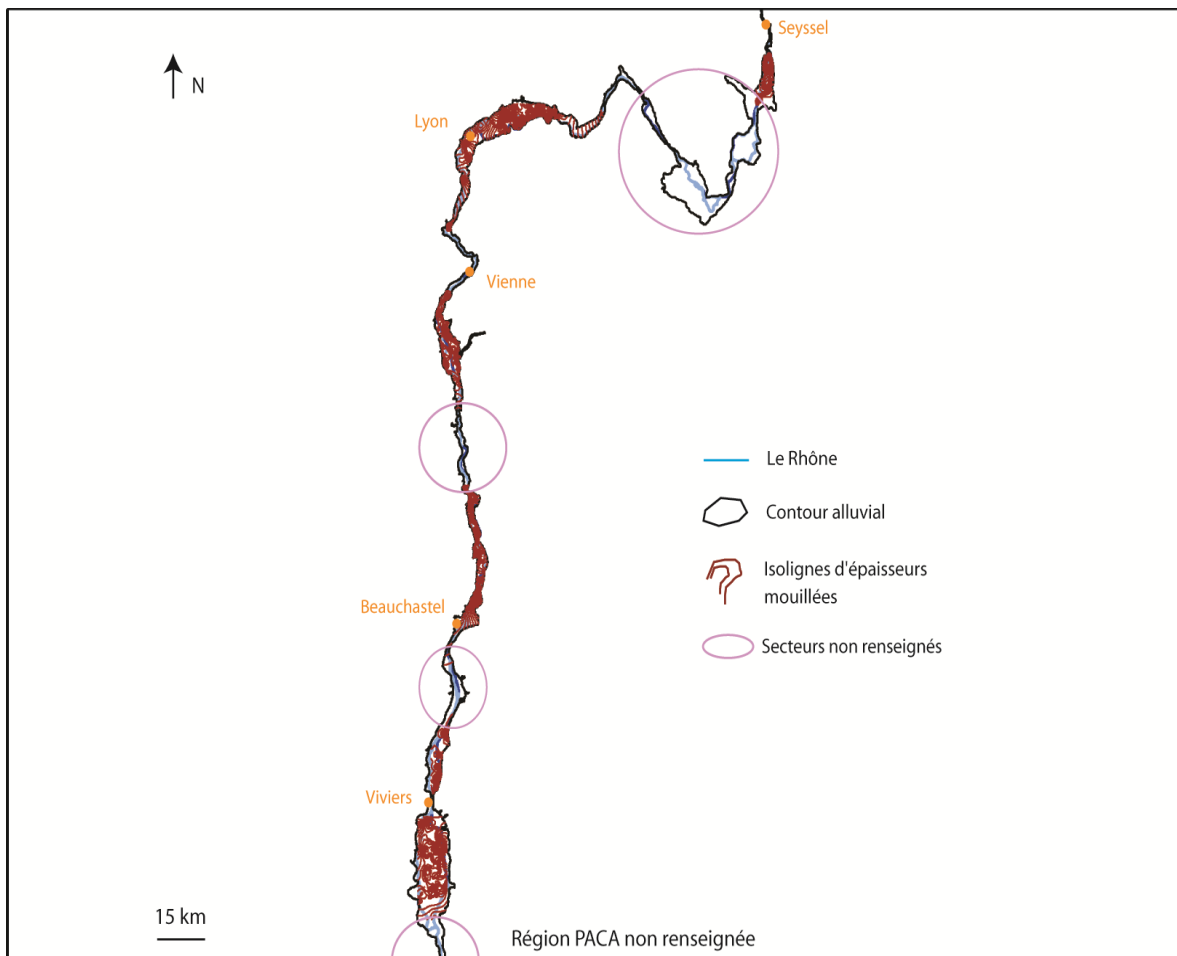


Figure 6 : Emprise totale de la carte des épaisseurs mouillées



Nous observons que six secteurs sont renseignés :

1. De Seyssel et Anglefort à Chanaz ;
2. De St-Vulbas à Givors ;
3. De Condrieu à Andancette ;
4. De Tain l'Hermitage à Livron-sur-Drôme ;
5. De Meysse à Viviers ;
6. De Viviers à Pont St-Espirit.

La partie du Bas Rhône correspondant à la région PACA a été renseignée grâce au travail effectué spécifiquement dans le cadre d'un projet tuteuré d'étudiants. Ce dernier a notamment fait l'objet d'un report des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône : un tableau a été créé avec pour chaque forage consulté sur Infoterre et sa commune associée, l'épaisseur mouillée.

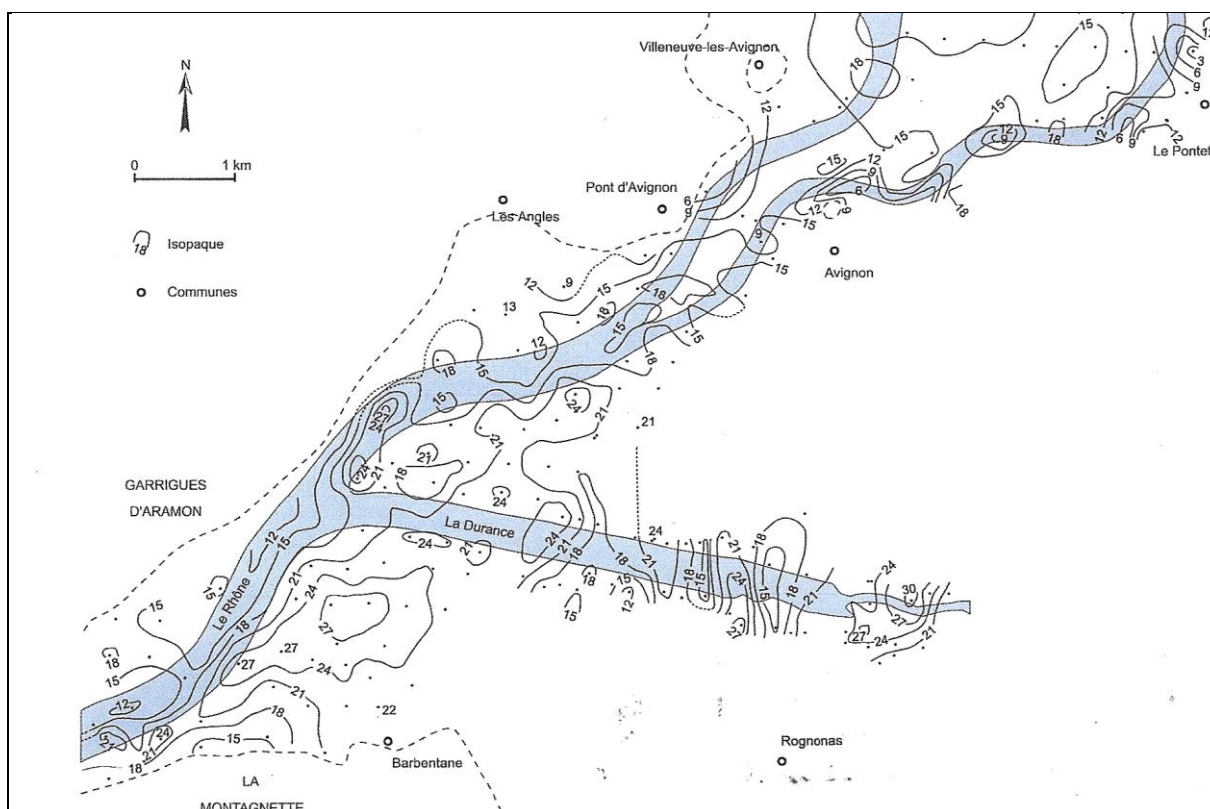
Ce tableau a été repris et une moyenne de l'épaisseur mouillée calculée par commune, afin de sectoriser la région PACA non renseignée. Voici ci-contre l'exemple de la commune de Mornas, avec une épaisseur mouillée choisie de 5,5 m. Il est donc supposé que l'étendue géographique de chaque commune de ce secteur correspond à une valeur unique moyennée d'épaisseur mouillée d'alluvions.

Figure 7 : Exploitation des données BSS pour déterminer l'épaisseur mouillée entre Mornas et Avignon.

Ville	X	Y	Piezométrie	Profondeur Substratum	Profondeur aquifère	Profondeur Limon	Epaisseur mouillée	Epaisseur alluvions	Epaisseur limon	Reference	Nature Substratum	MOYENNE EP. MOUILLEE
MORNAS (84083)	790338	1914386	3,9	13,2	3,2		9,3	10	3,2	09141X003	Argile bleue	
MORNAS (84083)	790960	1914017		20,3	4,4	1,4		15,9	3	09141X00	Argile bleue	
MORNAS (84083)	790219	1913645	3,95	15,1	3,8	1,1	11,15	11,3	2,7	09141X003	Argile Bleue	
MORNAS (84083)	791452	1912706			4,4	1,3		4,4	3,1	09145X000	Argile Bleue	
MORNAS (84083)	791404	1911575		15,4	4,2	1,1		11,2	3,1	09145X000	Argile Bleue	
MORNAS (84083)	791984	1911495	4		3	1,5	4	3	1,5	09145X005	Argile Bleue	5,5

Les ordres de grandeur obtenus sont cohérents avec une cartographie proposée par Tirat et al. (2006).

Figure 8 : Isoques des alluvions à la confluence Rhône-Durance (HORIZONS, in Tirat et al., 2006).



Notons cependant que nous ne disposons pas d'approche globale de la puissance de la nappe pour le secteur de nappe alluviale compris entre Beaucaire et Arles. Or, il s'agit d'une portion de nappe étendue (environ 150 km²), et qui est en interrelation forte avec le Rhône et donc potentiellement sensible au baisse de débit du fleuve. Il en est de même pour le secteur à l'aval des aménagements de Brégnier Cordon (environ 40 km² de superficie).

1.2.2 Cartographie des épaisseurs mouillées

1.2.2.1 Principaux résultats

Après observations par secteurs de ces isolignes d'épaisseurs et des données en PACA, une carte des épaisseurs mouillées de la nappe alluviale du Rhône est proposée. Elle met en évidence des zones à plus grand risque de baisse importante du niveau piézométrique : il est supposé que la moindre variation du niveau piézométrie pourrait s'y révéler « impactante ».

Une synthèse des ordres de grandeur d'épaisseur est reportée sur la carte ci-dessous.

Les secteurs de faibles réserves, supposés ayant une épaisseur mouillée de 1 à 5 m, sont principalement situés dans le secteur de St-Vulbas (en amont de la confluence avec l'Ain), Clona-sur-Varèze et de façon plus étendue sur le secteur de Rochemaure. Ce dernier est associé à plusieurs champs captants AEP.

1.2.2.2 Limites et imprécisions des résultats :

Insistons sur le fait que la représentation de ces données est significative d'une échelle de représentation (1 : 50 000). Cette cartographie cumule de nombreuses sources d'imprécisions :

- ▶ Elle est tributaire de la densité de données sur la géologie (contact substratum/alluvions), qui peut être faible dans certains secteurs.
- ▶ Elle intègre des données piézométriques non synchrones, qui sont susceptibles de variations significatives inter et intra annuelles.
- ▶ Elle est basée sur le croisement d'informations dont on suppose des distributions spatiales linéaires.
- ▶ Le passe d'un nuage de points à des iso épaisseurs est basé sur l'emploi d'un logiciel d'interpolation linéaire, dont la qualité du rendu est directement dépendant du nombre de points qui a servi au tracé.

Cette cartographie ne peut donc donner qu'une vision très grossière des épaisseurs mouillées, indicative d'une échelle de représentation.

Dans le détail, il faut s'attendre à trouver des zones de plus forte complexité, quant à la géométrie du corps sédimentaire. Il est évident qu'une telle approche ne peut prétendre mettre en évidence des chenaux de surcreusement tels qu'ils ont pu être identifiés dans certaines zones de l'appareil alluvial (cf. coupes ci-dessous).

Figure 9 : Exemple de surcreusement alluvial (Truc, 2000 ; in Tirat et al., 2006)

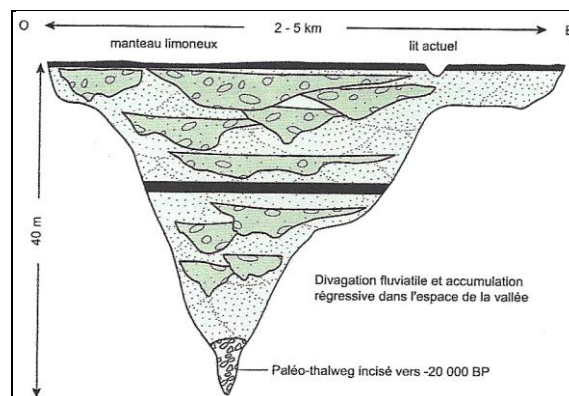
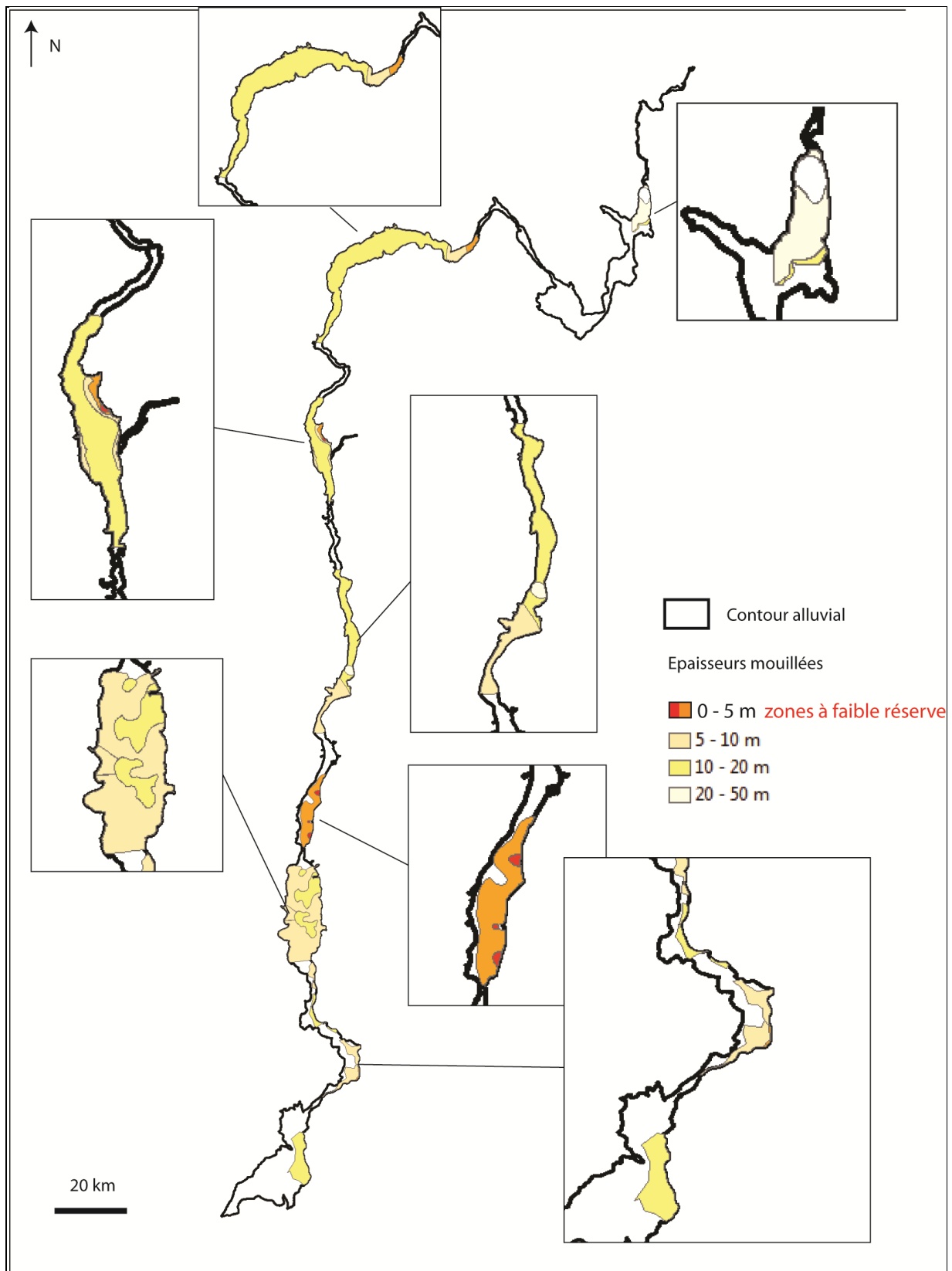


Figure 10 : Cartographie des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône.



2. QUELLES OBSERVATIONS PEUT ON FAIRE ENTRE LE DÉBIT DU FLEUVE ET LA PRODUCTIVITÉ DE LA NAPPE ?

2.1 OBSERVE-T-ON UNE CORRÉLATION ENTRE DÉBIT ET PIÉZOMÉTRIE ?

2.1.1 Données piézométriques disponibles

2.1.1.1 Sélection des données piézométriques

Une recherche des stations piézométriques a été effectuée sur le site de la base de données ADES (www.ades.eaufrance.fr). Nous avons retenu :

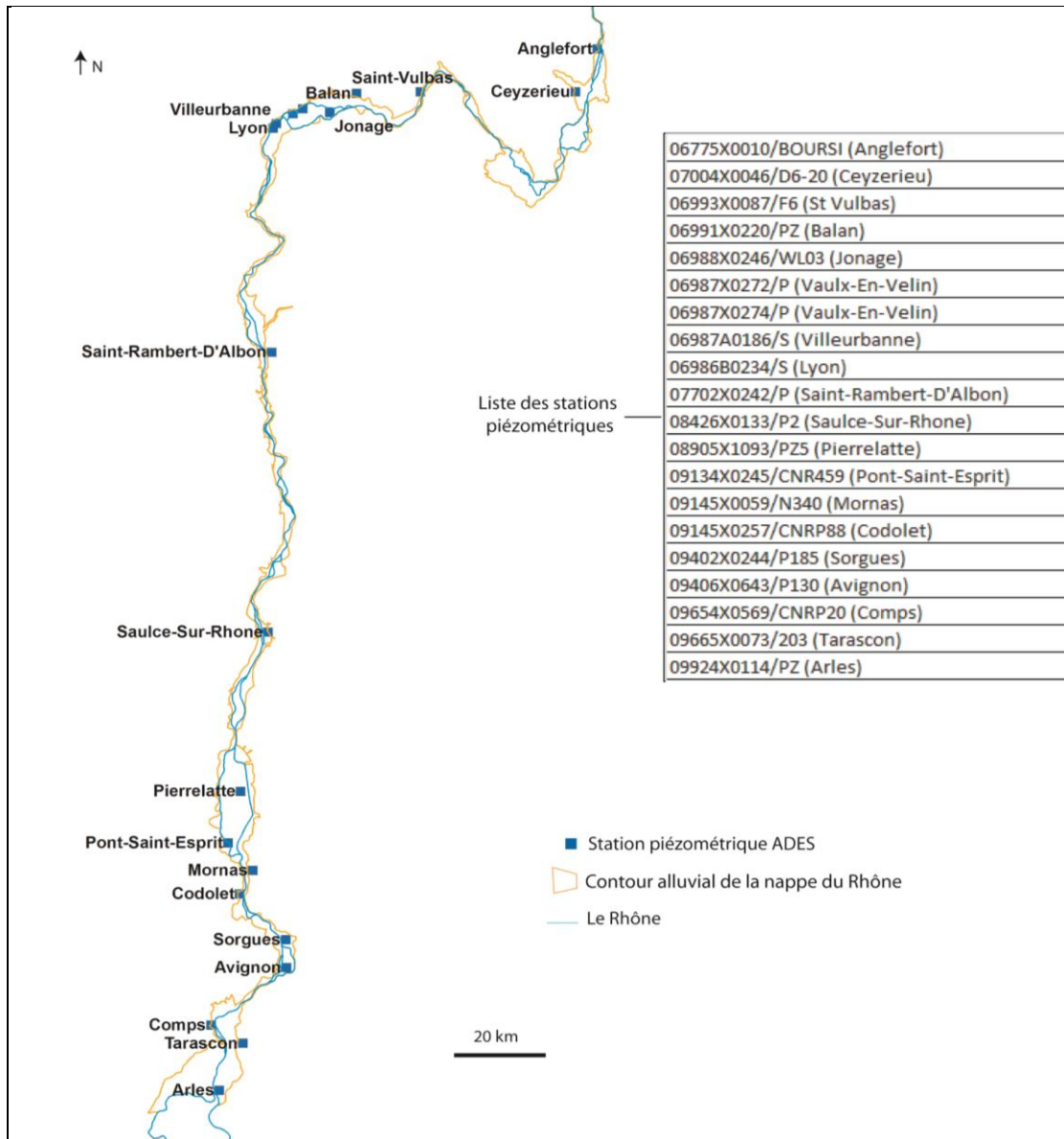
- ▶ Les piézomètres strictement localisés dans la nappe alluviale du Rhône telle qu'elle est délimitée dans la BD LISA.
- ▶ Les piézomètres implantés dans un aquifère en position d'alimenter la nappe alluviale du Rhône, avec une connexion hydraulique souterraine entre les deux nappes et avec comme condition supplémentaire, une faible distance à la limite entre la nappe encaissante et la nappe du Rhône ($d < 1000$ m).

Au final, nous avons sélectionné 20 piézomètres satisfaisant à ces critères.

Cette première visualisation nous renseigne sur la répartition spatiale de l'information piézométrique disponible :

- ▶ En tête de bassin versant (au nord d'Anglefort jusqu'à la frontière Suisse), aucun piézomètre n'est référencé ;
- ▶ À l'amont du secteur de Jonage et Lyon, trois piézomètres peuvent renseigner sur les variations piézométriques ;
- ▶ La zone de Lyon est bien représentée (six piézomètres en prenant en compte le secteur de Balan et Jonage) ;
- ▶ Une lacune est présente à l'aval de Lyon jusqu'au Sud de la confluence avec la Varèze à Saint-Rambert d'Albon) ;
- ▶ A l'aval de ce seul piézomètre, une seconde lacune plus importante est visible jusqu'au Sud de la confluence avec la Drôme où 1 piézomètre renseigne la région (Saulce-sur-Rhône) ;
- ▶ Le domaine du bas Rhône est enfin bien informé grâce à un panel de stations réparties de façon égale sur les plaines de Pierrelatte, Avignon et Tarascon/Arles.

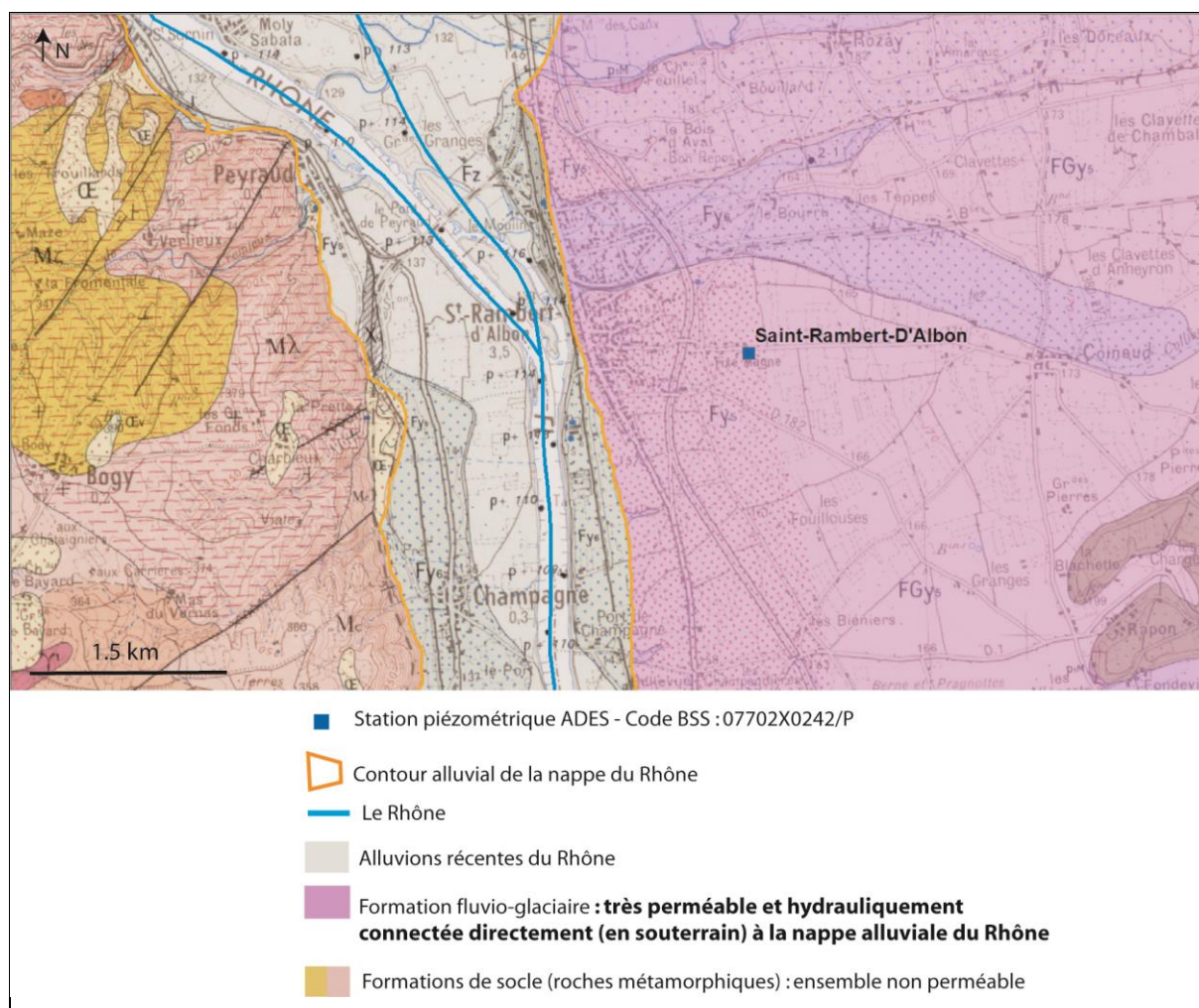
Figure 11 : Piézomètres retenus



Précisons que six piézomètres sélectionnés sont localisés hors contour alluvial :

- ▶ Le « 09665X0073/203 » (Tarascon) situé à l'aval de la nappe latérale des alluvions récentes de la basse Durance ; il reste néanmoins intéressant à étudier de par la connexion hydraulique existant entre les alluvions à l'extrême aval de la Durance et les alluvions du Rhône ;
- ▶ Le « 09145X0059/N340 » (Mornas), représentant certes le niveau piézométrique des alluvions basses de l'Aigues mais étant proche des alluvions du Rhône et situé à 2 km du Rhône ; il n'y a pas de cours d'eau secondaire principal qui viendrait influencer le signal (l'Aigues est situé à 3,5 km au Sud du point) ;
- ▶ Le piézomètre « 07702X0242/9 » (Saint-Rambert-D'Albon) proche du Rhône et situé dans une nappe fluvio-glaciaire connectée en souterrain à la nappe alluviale du Rhône ;
- ▶ Le point « 06991X0220/PZ » (Balan) également proche du Rhône et situé dans une nappe fluvio-glaciaire connectée en souterrain à la nappe alluviale du Rhône ;
- ▶ Le point « 06993X0087/F6 » (St-Vulbas) situé en domaine alluvial proche de la nappe du Rhône ;
- ▶ Le point « 06775X0010/BOURSI » (Anglefort) situé en domaine sédimentaire perméable proche de la nappe du Rhône et un des seuls représentants du Haut-Rhône.

Figure 12 : Exemple de piézomètre situé hors contour alluvial.

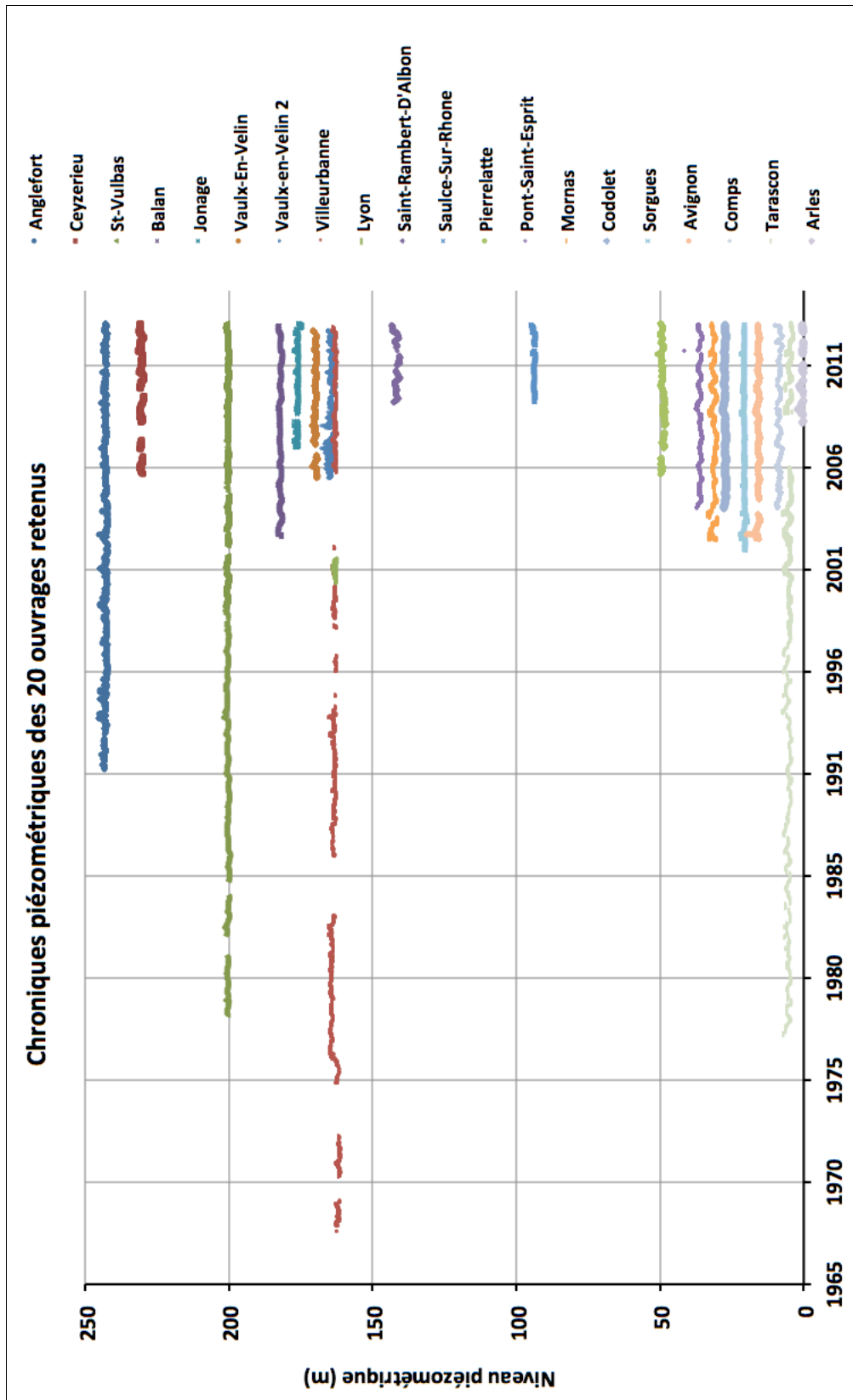


2.1.1.2 Étendues des chroniques piézométriques

L'ensemble des chroniques de ces stations correspondent à des périodes de mesures variables et le plus souvent égales ou inférieures à dix ans, comme le montre le graphique suivant, qui présente l'ensemble des chroniques des 20 stations piézométriques.

Les mesures sont journalières et peuvent contenir des lacunes plus ou moins longues : quelques jours ou plusieurs années. Certaines stations ont échantillonné sur des périodes courtes d'environ cinq ans ; c'est le cas des piézomètres à Ceyzerieu, St-Rambert-d'Albon et Pierrelatte.

Figure 13 : profondeur temporelle des vingt stations retenues.



2.1.1.3 Avis sur la représentativité des chroniques piézométriques

Il est intéressant de qualifier la représentativité des mesures disponibles au regard de leur position relative vis-à-vis des aménagements du Rhône.

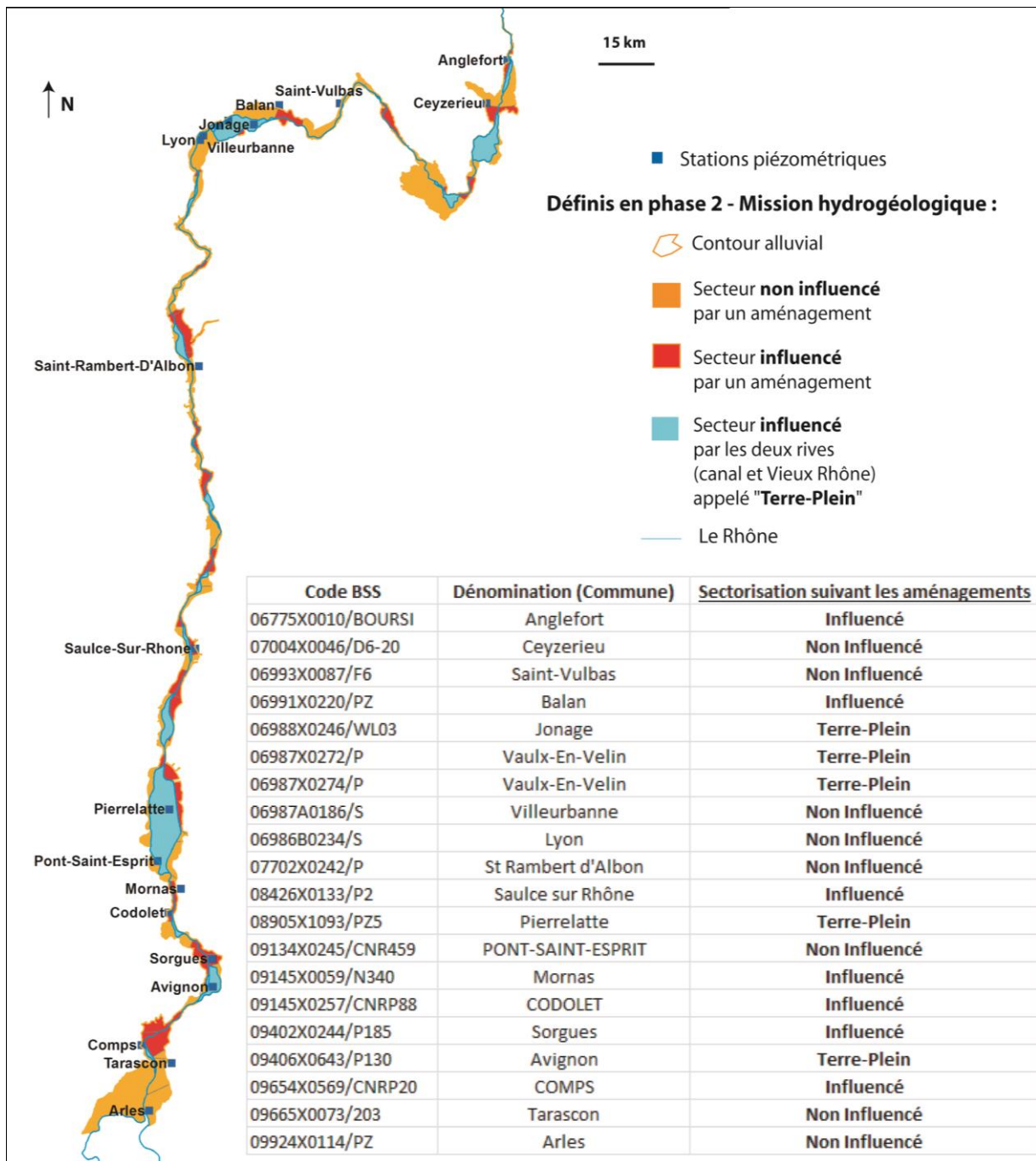
Rappelons que dans le travail de sectorisation de la nappe alluviale réalisée en phase 2 de l'étude, nous avons discrétisé la nappe en secteurs influencés ou non par les aménagements. La figure ci-dessous rappelle cette sectorisation. Les points piézométriques choisis y sont reportés et peuvent être associés à un secteur défini : cela permet de voir leur degré de représentativité.

On peut ainsi constater que sur 20 piézomètres :

- ▶ 7 sont implantés dans une plaine alluviale bordée par un Rhône endigué (position dite influencée par les aménagements).
- ▶ 8 sont localisés dans une portion de la nappe alluviale en contact avec un Rhône « libre » (position dite non influencée par les aménagements).
- ▶ 5 sont dans une position intermédiaire, c'est-à-dire dans un îlot limité à la fois par une section de Rhône endigué mais aussi par une portion de Rhône libre.

Notons que les 3 chroniques longues (supérieures à 30 ans) correspondent toutes à des piézomètres non influencés par des aménagements du fleuve, donc a priori susceptibles de renseigner sur d'éventuelles relations entre étiages du Rhône et variations piézométriques.

Figure 14 : Rappel de la sectorisation de la nappe alluviale du Rhône en fonction des aménagements

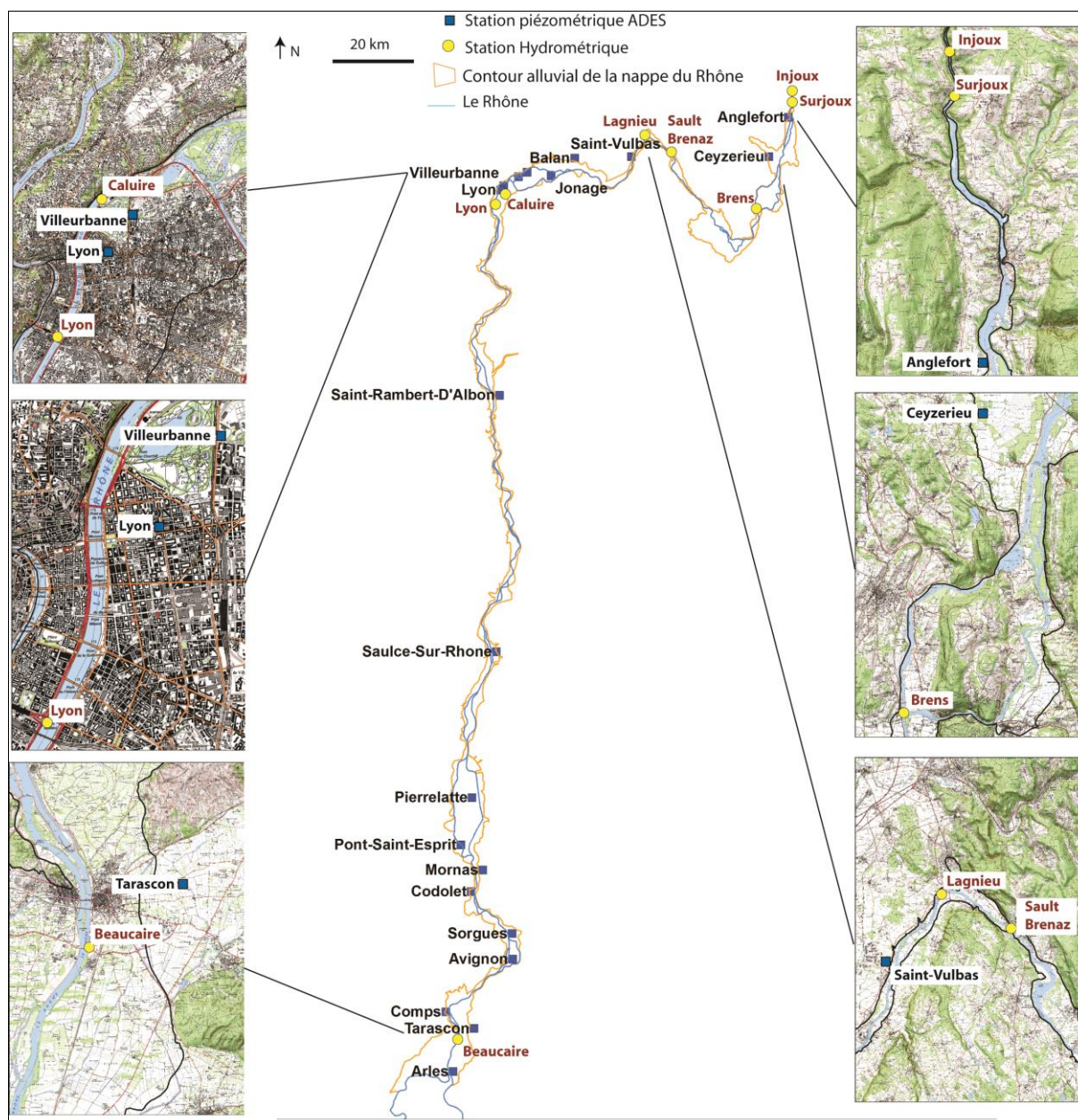


2.1.2 Existe-il une corrélation entre le débit du Rhône et la piézométrie de la nappe alluviale ?

2.1.2.1 Choix des données

L'objectif est d'établir d'éventuelles corrélations entre les niveaux piézométriques et l'évolution du débit du Rhône. Il est donc choisi d'observer des couples de stations hydrométriques (parmi les points nodaux (SDAGE) et non-nodaux utilisés par BRLi) et piézométriques situées proches géographiquement. Les fenêtres temporelles de ces deux types de données doivent donc être communes, condition qui limite l'étude.

Figure 15 : Couples des points hydrométriques et piézométriques



Ainsi, seulement cinq piézomètres sont retenus pour cette étude : Anglefort, Ceyzerieu, Saint-Vulbas, Villeurbanne et Tarascon. Le reste des points piézométriques et hydrométriques n'ont pas de fenêtres temporelles concordantes.

Ces cinq piézomètres sont parfois associés à plusieurs stations du Rhône afin de tester plusieurs associations : Injoux/Surjoux, Brens, Lagnieu/Sault-Brenaz, Caluire/Lyon, Lyon, Beaucaire ; sachant que les données d’Injoux et Surjoux, Lagnieu et Sault-Brenaz, Caluire et Lyon sont globalement similaires.

Afin de mieux comprendre cette analyse, les débits minimums du Rhône mesurés à l’étiage sont reportés sur chaque courbe de corrélation établie. Ces données sont issues des statistiques de la banque HYDRO indiquées pour chaque station de mesure existante dans la rubrique « SYNTHÈSE » : le QMNA5 est choisi, car considéré comme représentatif du débit d’étiage du fleuve.

Figure 16 : Exemple de la valeur du QMNA5 à la station de Lagnieu.

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre) - données calculées sur 25 ans			
fréquence	VCN3 (m ³ /s)	VCN10 (m ³ /s)	QMNA (m ³ /s)
biennale	170.0 [160.0;180.0]	190.0 [180.0;210.0]	250.0 [230.0;280.0]
quinquennale sèche	150.0 [140.0;160.0]	160.0 [150.0;170.0]	200.0 [180.0;220.0]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

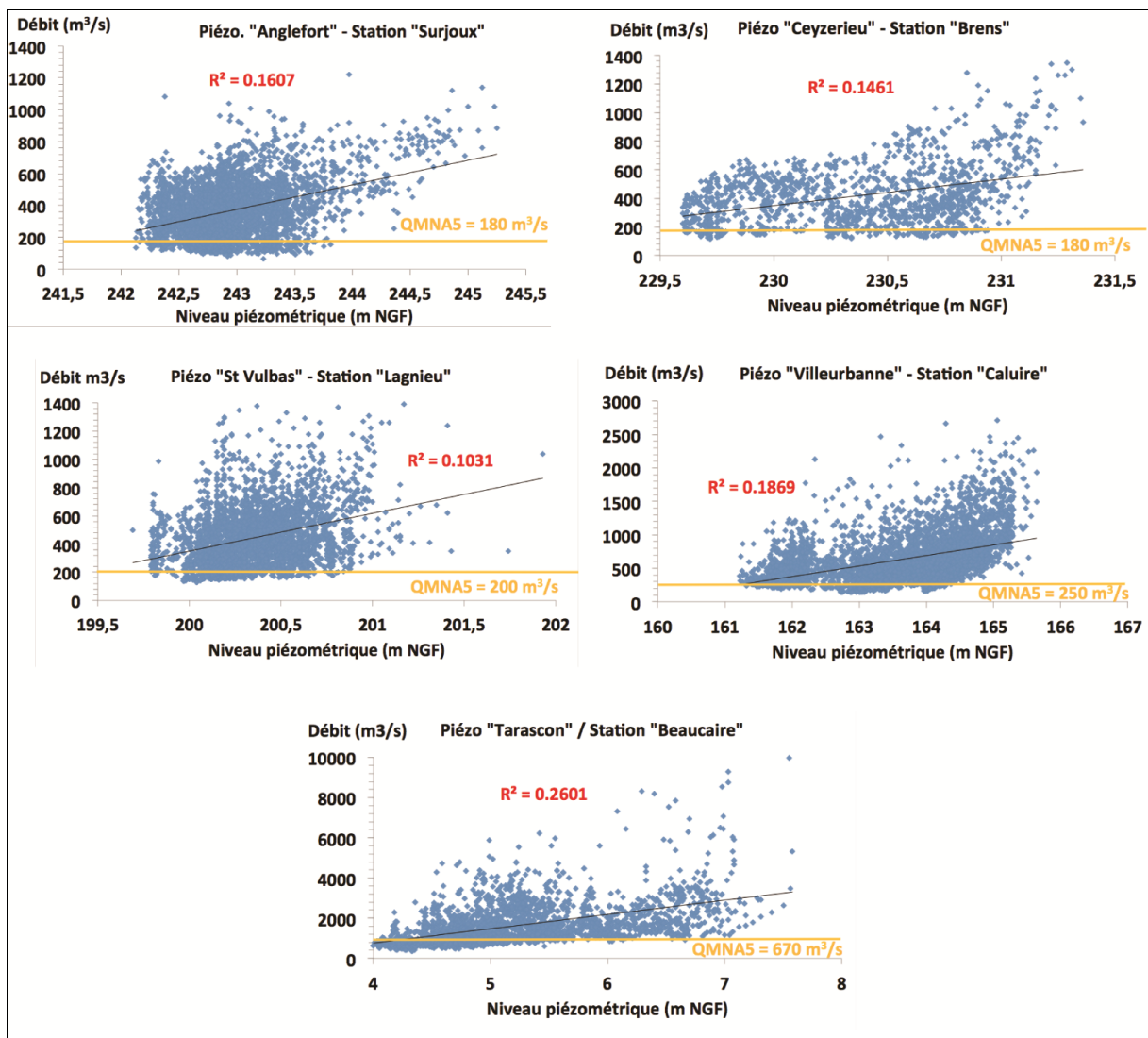
2.1.2.2 Quels résultats ?

Après s’être limité aux périodes de temps communes entre mesures sur le fleuve et chroniques piézométriques correspondantes, nous pouvons tracer les valeurs de débit du Rhône en fonction du niveau de la nappe alluviale, pour chaque couple de données répertorié. Rappelons que les régions ciblées par les contraintes de cette étude concernent des zones alluviales où le Rhône n’est pas endigué et est considéré comme « naturel » ; excepté pour le piézomètre d’Anglefort situé dans une zone influencée par l’aménagement du barrage de Seyssel.

Les cinq résultats reportés sur la figure ci-dessous en exemple montrent un coefficient de corrélation trop faible (entre 0,1 et 0,3) pour indiquer une quelconque liaison entre les deux variables. Les tracés effectués pour d’autres stations hydrométriques, comme la station « Injoux » également associée au piézomètre « Anglefort », conduisent à la même conclusion.

De plus, pour chaque cas, en considérant un débit unique du Rhône égal ou inférieur au débit d’étiage reporté (QMNA5), cette valeur peut s’associer à plusieurs niveaux piézométriques, montrant un écart important (2 à 3 m). Le couple piézomètre « Villeurbanne » - station « Caluire » indique par exemple une variation possible du niveau de la nappe de 161,5 à 164 m pour un débit d’étiage de 250 m³/s.

Figure 17 : Croisements des données hydrométriques et piézométriques.



2.1.3 Existe-t-il une relation entre les étiages remarquables du Rhône et la piézométrie de sa nappe alluviale ?

2.1.3.1 Détermination des étiages remarquables du Rhône

Les étiages remarquables du Rhône ont été déterminés par BRLi, leur identification étant décrite et expliquée dans le chapitre 3 du rapport de phase 2. La frise reportant les années les plus sèches pour les 6 points SDAGE (figure 13 du chapitre 3) résume l'information que nous recherchons et que nous utilisons dans ce chapitre. C'est le rapport des débits mensuels de chaque année aux débits mensuels interannuels depuis 1920.

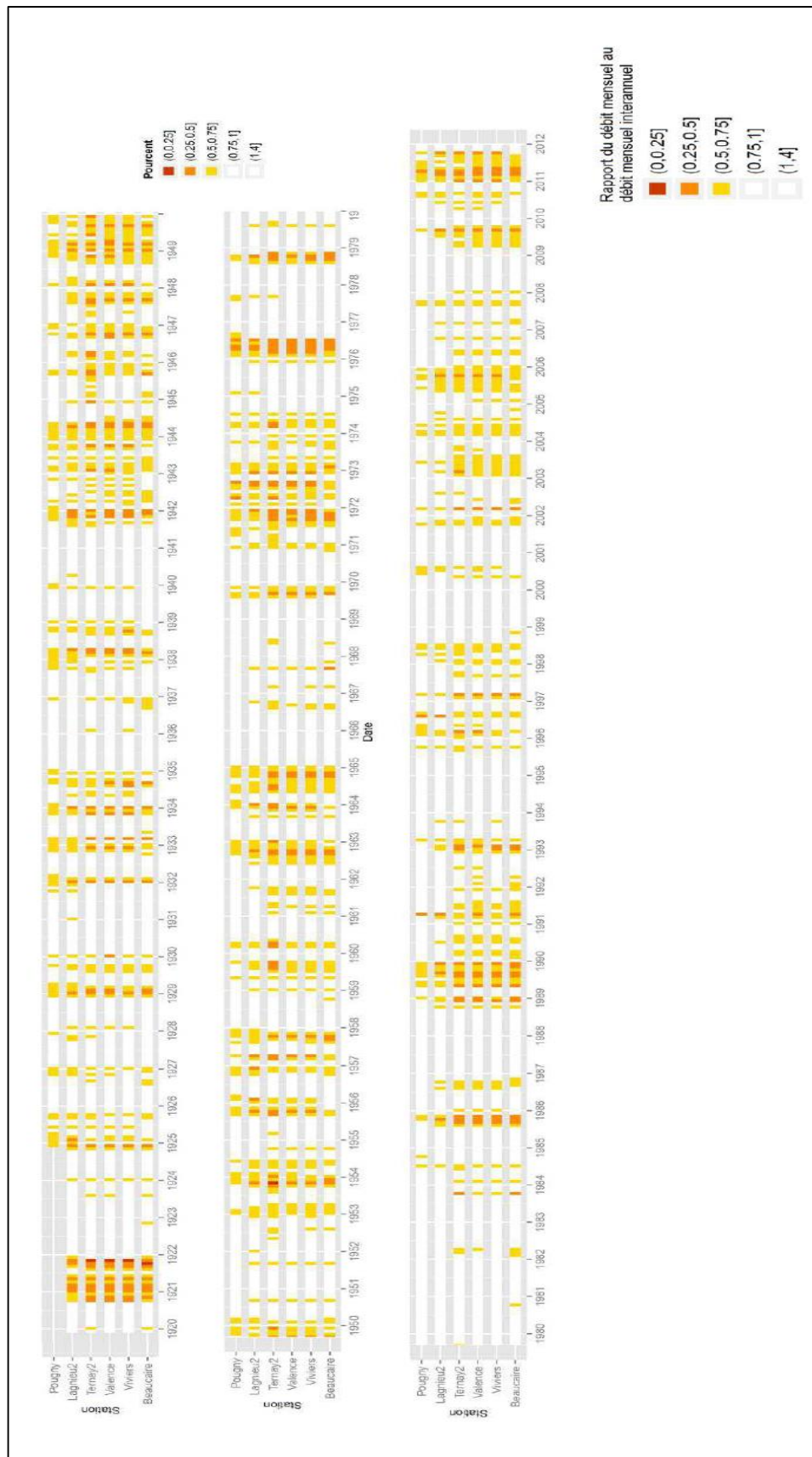
Le critère choisi pour désigner les étiages retenus comme remarquables est un rapport des débits mensuels interannuels inférieur à 0,5 (couleur rouge et orange sur la frise).

Les chroniques piézométriques sont relatives à diverses positions dans le bassin versant ; et les périodes d'étiage ne sont pas forcément les mêmes pour ces divers secteurs de la vallée alluviale. Il a donc fallu choisir les points SDAGE correspondant à ces positions pour le choix des étiages forts, à une échelle de temps mensuelle, pour chaque piézomètre.

L'ensemble des 20 chroniques piézométriques associées aux étiages remarquables est reporté en annexe.

Trois exemples sont discutés plus en détail ci-dessous.

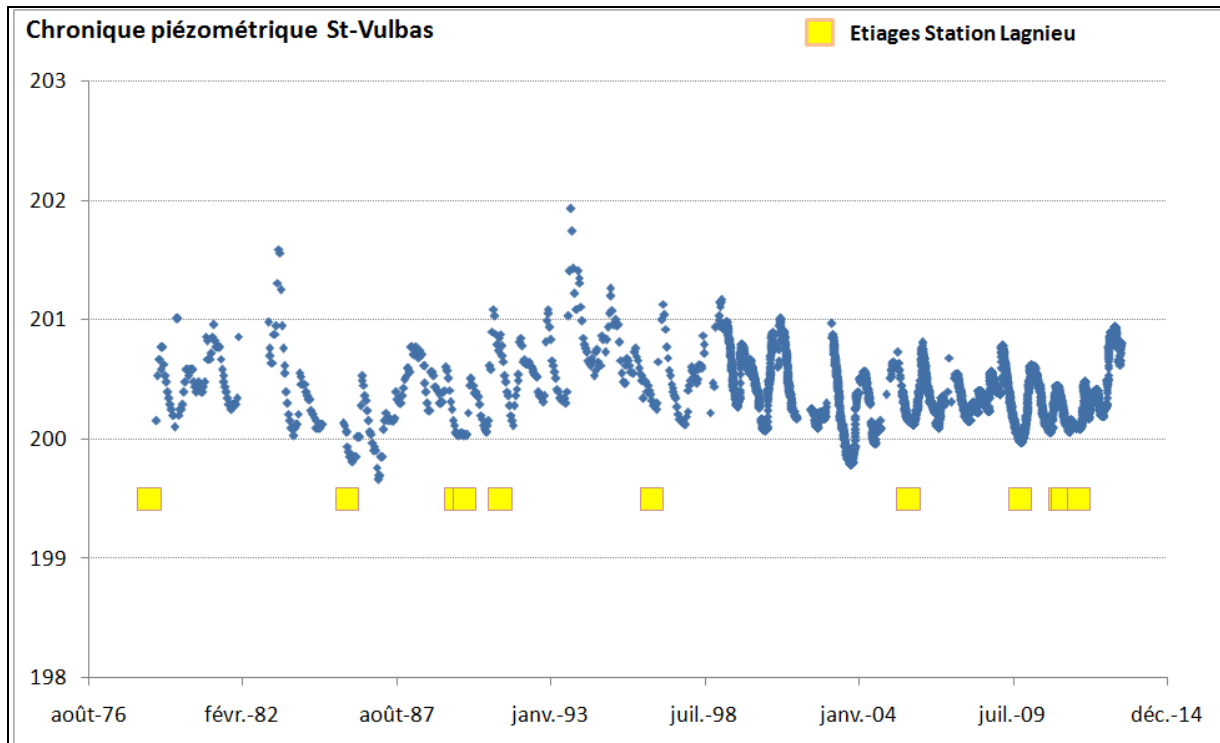
Figure 18 : Rappel de l'identification des années sèches pour le Rhône (BRLi).



2.1.3.2 Cas du piézomètre de St Vulbas

La station de St-Vulbas présente des mesures journalières sur une période de 1979 à 2013. Les données rapportant les grandes périodes d'étiage sur la station de Lagnieu sont utilisées car ce point est le plus proche de la station piézométrique. On identifie ainsi une dizaine de périodes d'étiages sévères.

Figure 19 : Exemple de la chronique piézométrique à St-Vulbas.



De manière générale, les variations du niveau piézométrique entre hautes eaux et basses eaux sont de l'ordre de 1 m en moyenne pour toute la série. Les minima piézométriques sont généralement observés pour les mois d'août et septembre, mais il peut arriver qu'ils soient très marqués durant les mois d'automne.

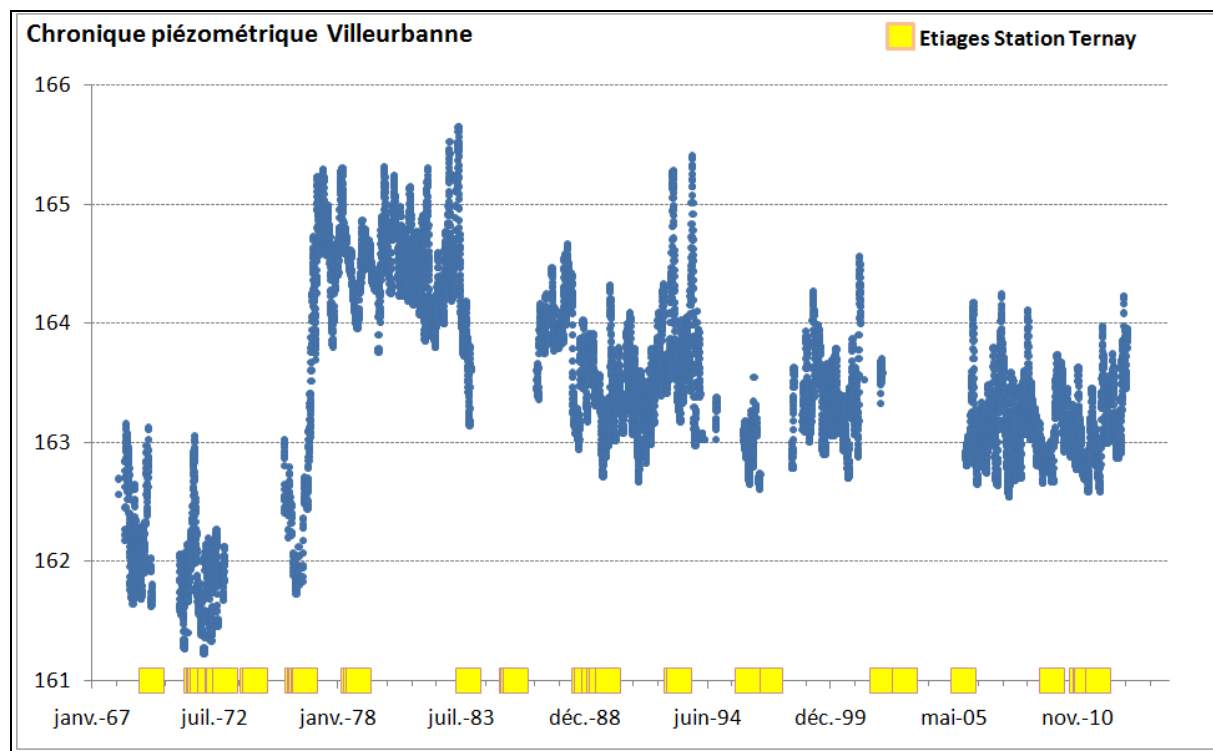
En première approximation, il est difficile de déterminer une relation univoque entre étiages sévères et minima piézométriques.

En effet, si l'on observe que les étiages sévères du Rhône correspondent bien à des périodes de baisse du niveau piézométrique, ce ne sont pas les minima piézométriques les plus marqués. Ceux-ci sont observés durant les années 1986 et 2003 qui ne sont pas des années remarquables en terme d'étiage du fleuve.

2.1.3.3 Cas du piézomètre de Villeurbanne

La station de Villeurbanne présente des mesures journalières sur une période de 45 ans : de 1968 à 2013. Cette station est également considérée comme étant la plus proche des points de mesure hydrométrique de Ternay ; ce sont donc les mesures enregistrées sur cette station qui ont servi à déterminer les périodes d'étiage sévère. On identifie ainsi une dizaine de périodes d'étiages sévères.

Figure 20 : Exemple de la chronique piézométrique à Villeurbanne.



La chronique piézométrique est caractérisée par une certaine complexité :

- ▶ On observe un premier "palier" piézométrique de 1968 à fin 1977, avec des variations liées au cycle hautes et basses eaux, comprises entre 161 et 163 m NGF. Les minima piézométriques sont observés durant les mois de février à mars. Ce comportement est difficile à expliquer ; insistons sur l'année 1976 avec un minima en mars qui est suivi d'une hausse piézométrique certaine alors que le Rhône subit simultanément une baisse de débit remarquable.
- ▶ On observe une brutale augmentation du niveau piézométrique entre avril 1976 et février 1977, qui passe ainsi de 161,7 m NGF à 165,2 m NGF. Nous n'avons pas d'explication à ce phénomène.
- ▶ De 1977 à nos jours, le niveau piézométrique présente une tendance sur le long terme à la baisse, avec des cycles annuels hautes eaux basses eaux bien marqués (amplitude de l'ordre de 2 m).

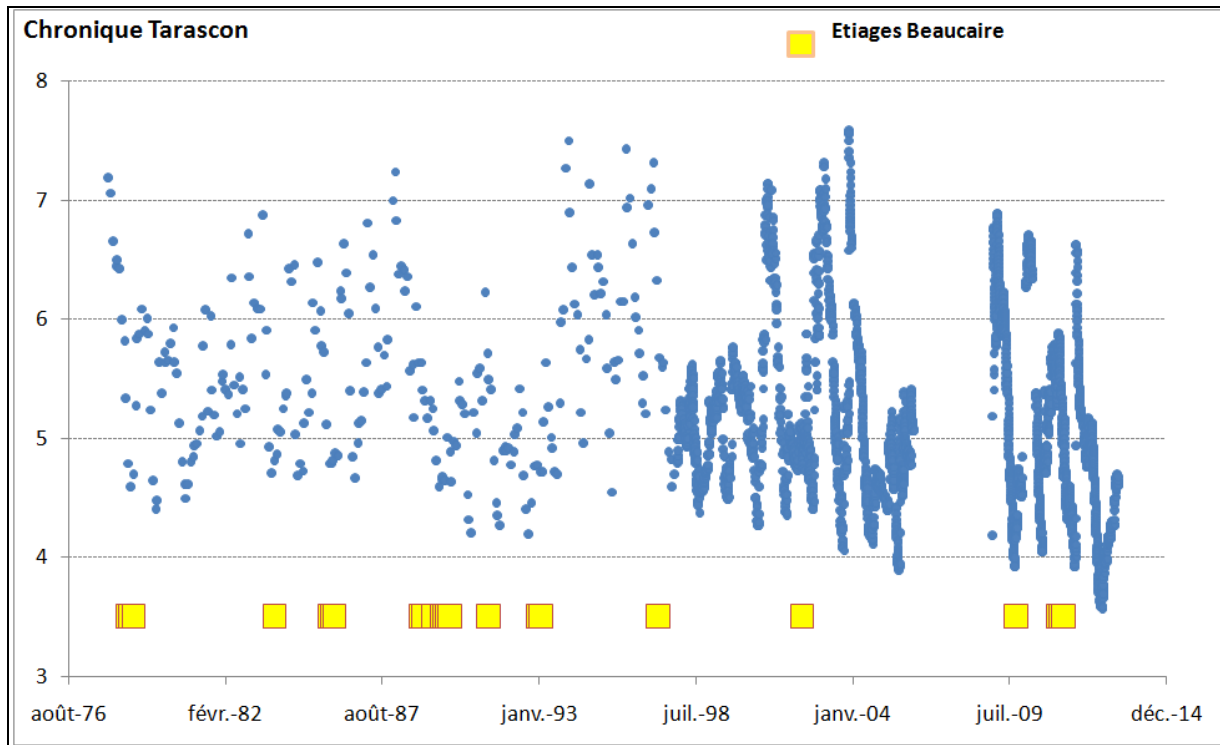
Ces observations, qui traduisent un signal complexe, probablement influencé par de multiples phénomènes (influence des encaissements fluvio-glaciaires, phénomènes de colmatage ou de recharge exceptionnels, politique de prélèvements...) ne peuvent être expliquées pour l'instant sans information complémentaire sur le secteur.

Comme pour les données du piézomètre de St-Vulbas, les étiages sévères du fleuve ne correspondent pas à des années de basses eaux remarquables.

2.1.3.4 Cas du piézomètre de Tarascon

La station de Tarascon propose des mesures journalières sur une période de 1978 à 2013. Les données enregistrées par la station hydrométrique de Beaucaire ont été utilisées afin de délimiter les périodes d'étiage historiques du Rhône de cette zone. On identifie ainsi dix périodes d'étiages sévères.

Figure 21 : Exemple de la chronique piézométrique à Tarascon.



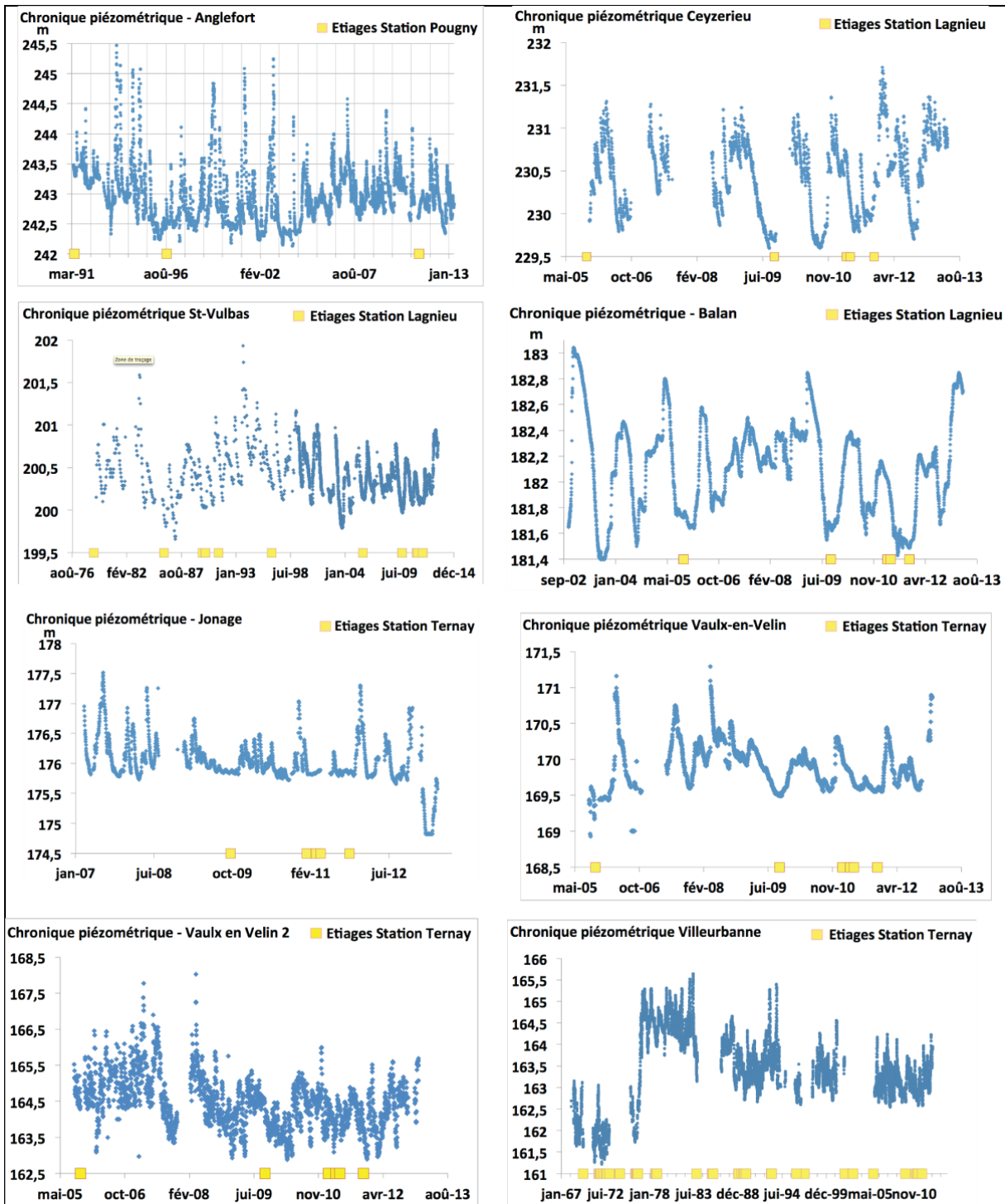
Cette chronique présente des caractéristiques intéressantes :

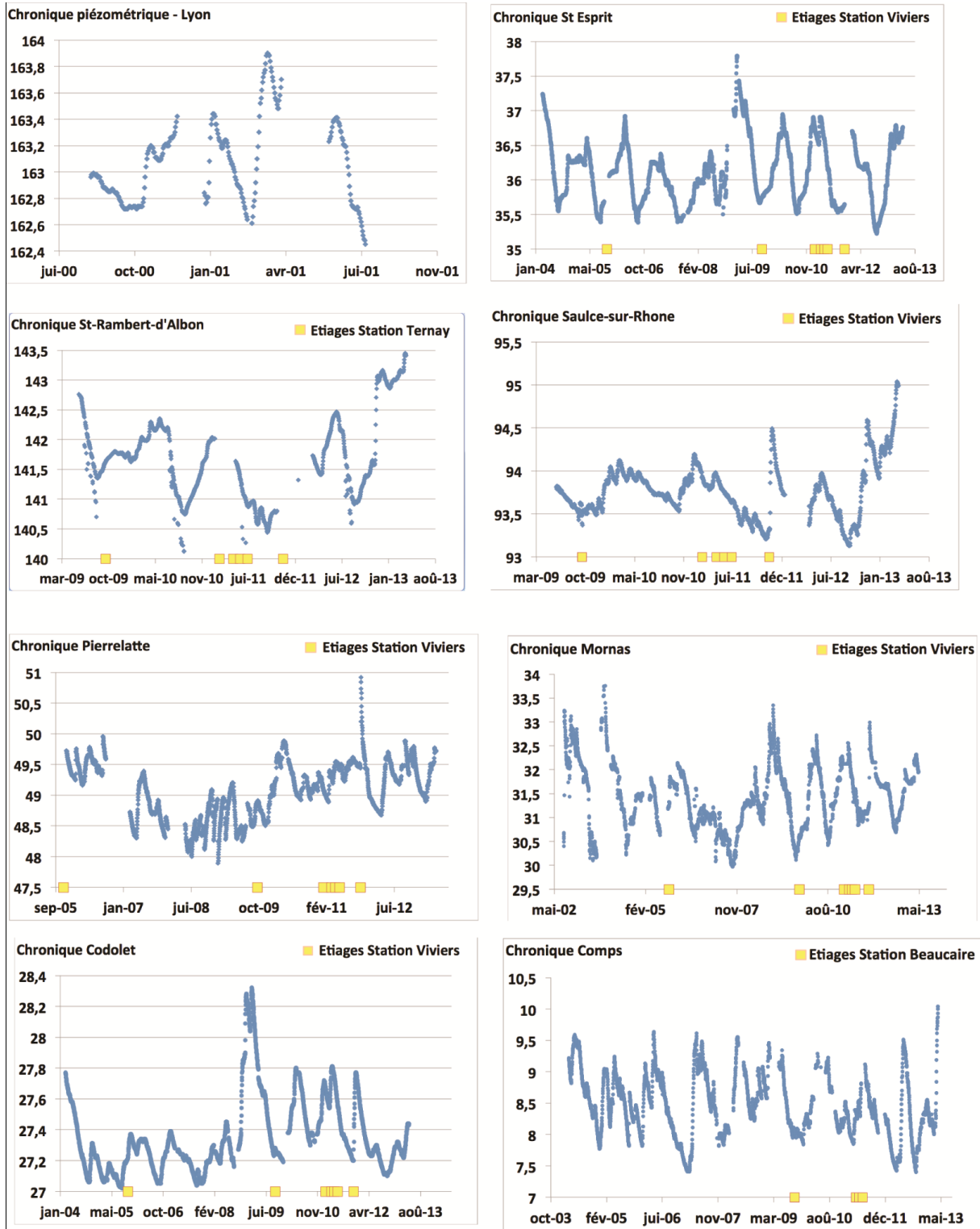
- ▶ On observe une forte amplitude annuelle entre hautes et basses eaux, de l'ordre de 3 à 4 m.
- ▶ Il semble que depuis 1995, la courbe présente une tendance à la baisse qui s'est accentuée depuis le début des années 2000.
- ▶ En première approximation, il apparaît que les étiages sévères du Rhône correspondent bien à des minima remarquables du niveau piézométrique. Notons cependant que tous les minima piézométriques ne correspondent pas systématiquement à des étiages sévères du fleuve (relation non univoque).

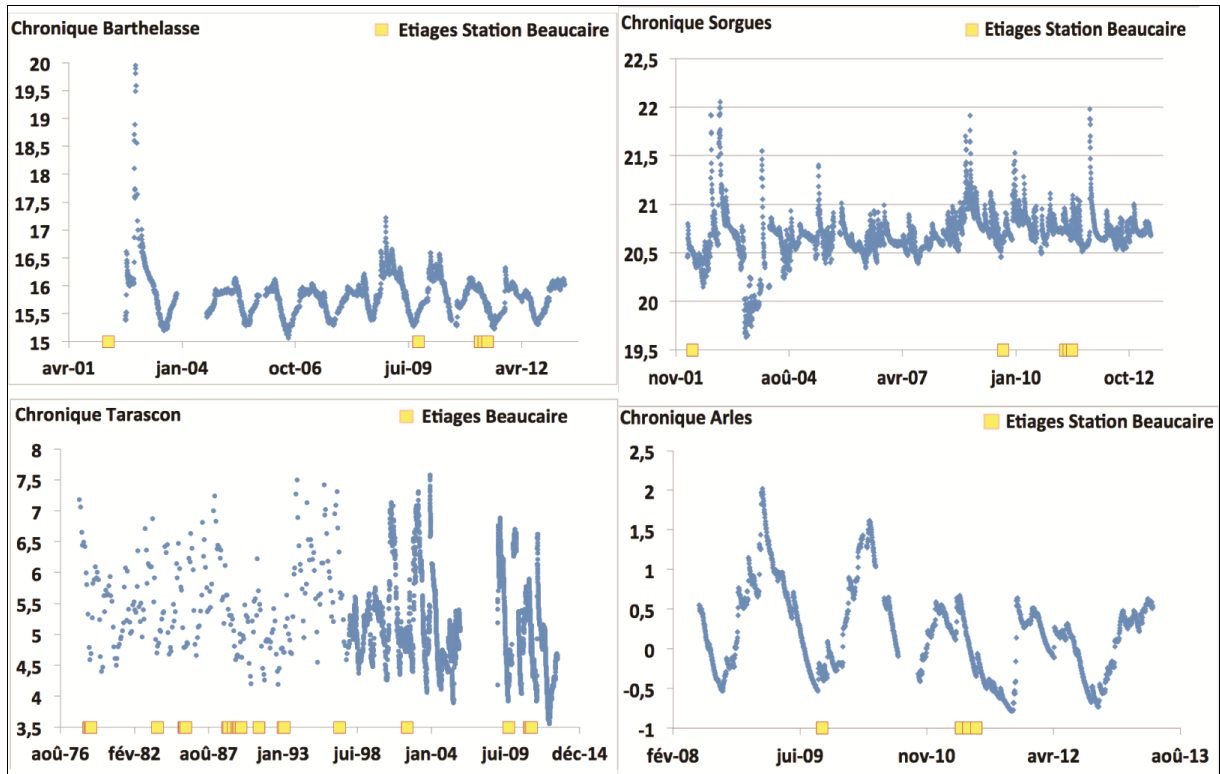
Précisons que ce secteur est caractérisé par une forte influence anthropique : influence par une alimentation artificielle liée à l'irrigation gravitaire mais aussi par de forts prélèvements agricoles.

C'est un élément important qui conduit à considérer la relation non univoque proposée entre le débit du fleuve et la piézométrie. Il faut en effet rappeler que tout épisode d'étiage est produit par une absence de précipitations sur de longues périodes ; et que cette absence de précipitations peut aussi conduire, par exemple, à une augmentation significative des prélèvements sur la période donnée.

2.1.3.5 Cas des autres piézomètres





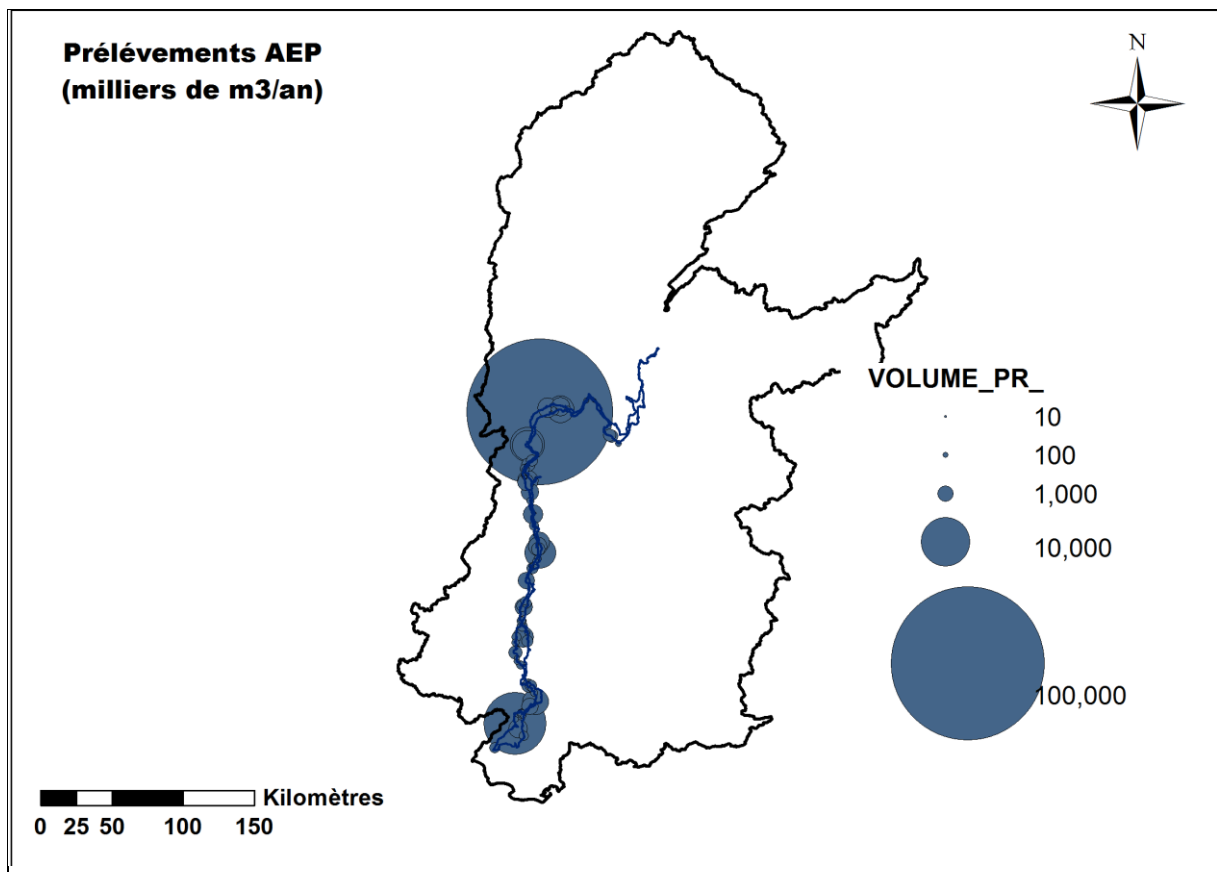


2.2 EXISTE-T-IL DES VARIATIONS DE PRODUCTIVITÉ DES CHAMPS CAPTANTS AEP ?

Une phase de concertation avec les maîtres d'ouvrage des différents champs captants existants sur toute la vallée du Rhône a été déployée afin de relever les éventuels problèmes concernant leur productivité au fil du temps. Sur les 84 champs captants relevés par l'étude ANTEA, 45 gestionnaires ont répondu aux questionnaires envoyés par BRLi durant les premières phases de l'étude.

L'objectif est de pouvoir relever une ou plusieurs éventuelle(s) période(s) de baisse significative dans la productivité du champs captant considéré.

Figure 22 : Champs captants AEP dans la nappe alluviale du Rhône.



Il est important de préciser que la pression s'exerçant sur la nappe alluviale est très variable. Sur 160 Mm³ prélevés en 2101, on observe :

- ▶ Un prélèvement exceptionnel de l'ordre de 90 Mm³ pour le Grand Lyon.
- ▶ Un prélèvement important de 16 Mm³ pour la Métropole de Nîmes.
- ▶ 18 champs captant avec des prélèvements annuels compris entre 1 et 5 Mm³.
- ▶ Une majorité de prélèvements annuels (64 sur 84) avec des prélèvements inférieurs à 1 Mm³/an.

La figure ci-dessus illustre cette variabilité.

2.2.1 Enquête par voie postale

2.2.1.1 Contenu du questionnaire

Le questionnaire type envoyé à chaque gestionnaire interroge en partie sur le fonctionnement hydrogéologique de la nappe :

1. Quelles sont les données techniques dont vous disposez sur l'impact du prélèvement en nappe ?
2. Quels sont, pour l'année 2010, le détail des volumes mensuels prélevés par ouvrage, le volume facturé total et la population actuellement desservie ?
3. Quelles sont les périodes de tension et de perte de productivité s'elle existe ?
4. Existe-t-il actuellement des ressources de substitution ?
5. Envisagez-vous de diminuer la capacité de certains captages et/ou de développer de nouveaux prélèvements dans le fleuve Rhône ou sa nappe ?
6. Disposez-vous actuellement d'interconnexions avec d'autres services gestionnaires prélevant de l'eau du Rhône ou de sa nappe.
7. Quel est le volume de vos stockages ?

Ces questions permettent d'identifier :

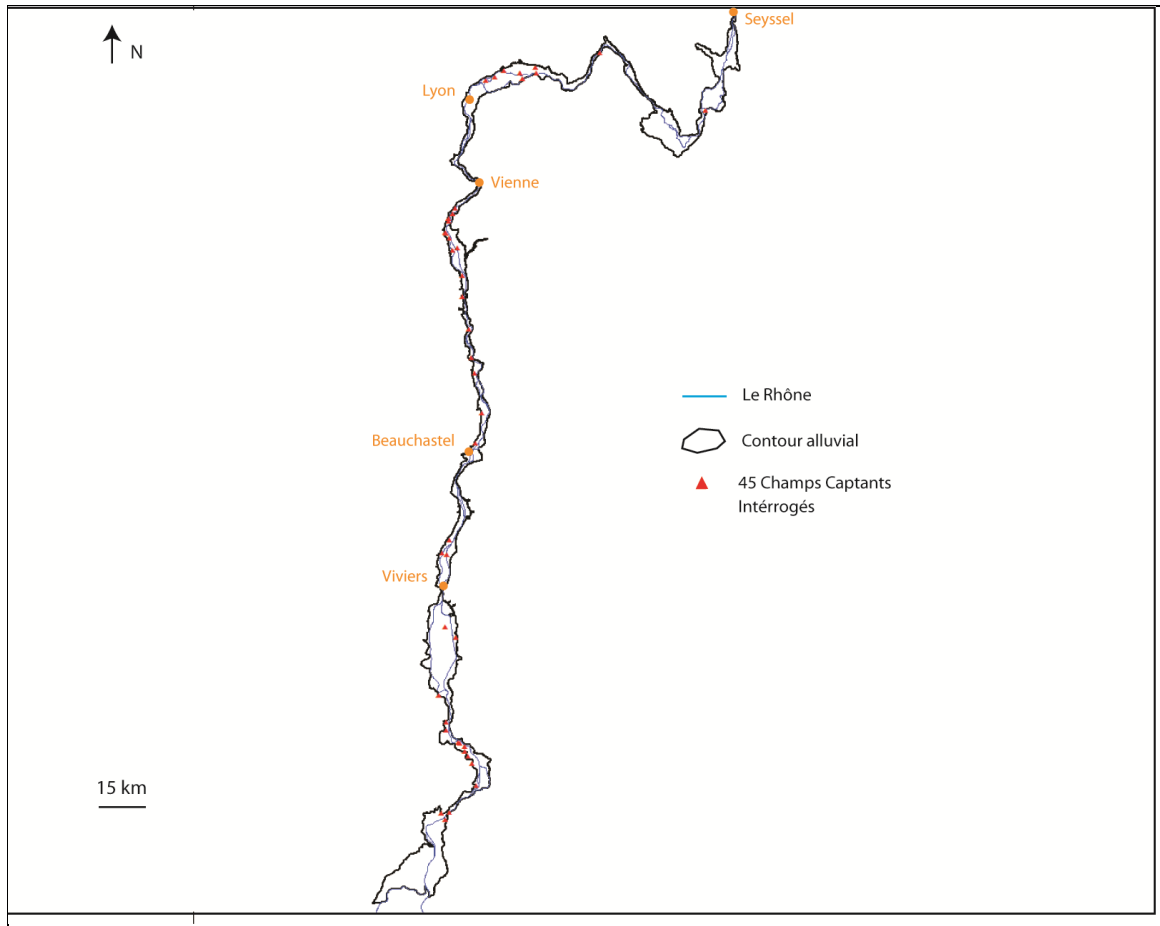
- ▶ Les stratégies de sécurisation et de développement éventuels de l'alimentation AEP à partir de la nappe du Rhône et du fleuve
- ▶ Les périodes de tension éventuelles sur vos ouvrages
- ▶ Les relations entre les pompages en nappe et les débits du Rhône

Une des questions et ses éventuelles réponses que nous retiendrons pour cette analyse est l'existence ou non de périodes de tension et de perte de productivité (3). Les informations transmises indiqueraient alors si le niveau piézométrique de la nappe a subi une baisse importante ou non.

2.2.1.2 Principales informations

Le tableau suivant reporte l'ensemble de ces gestionnaires ainsi que leurs éventuelles remarques sur des problèmes rencontrés.

Figure 23 : Localisation des champs captants ayant répondu au questionnaire.



Après avoir parcouru l'ensemble de ces réponses, il apparaît que peu de maîtres d'ouvrage sont témoins de tensions particulières concernant le niveau de la nappe alluviale. Seuls deux MO signalent des problèmes de productivité liés à la nappe :

- ▶ Le champ captant de Crépieu Charmy pour le Grand Lyon.
- ▶ Le Syndicat intercommunal de Venejean St Nazaire signale un problème de productivité pour le seul été 2012.

Les autres problèmes signalés relèvent soit de problème de colmatage, soit de problèmes de qualité des eaux pompées.

Figure 24 : Résultats de l'enquête.

Nom Maître d'ouvrage	Volume prélevé 2010	Département	Période de tension
COMMUNAUTE URBAINE DE LYON	91174	69	oui
MONSIEUR LE MAIRE DE NIMES	16614	30	
SIE MONTS DU LYONNAIS ET BASSE VALLEE DU GIER	5045	69	
MONSIEUR LE MAIRE DE VALENCE	4017	26	
SYNDICAT MIXTE EAU POTAB RHONE SUD	3919	69	
SYNDICAT INTERCOM EAU POTABLE DE L'ESAIN LYONNAIS	3048	01	non
COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DU GRAND AVIGNON	2768	30	non
MONSIEUR LE MAIRE DE PIERRELATTE	1760	26	non
PUITS DE COMBEAUX - BOURG LES VALENCE	1740	26	
SI GESTION EAUX ET ASSAINISS ROUSSILLON SIGEARPE	1729	38	anciennement due au colmatage, pas de signe depuis 10 ans
SI ALIMENTATION EAU POTABLE CANCE DOUX	1600	07	non
SI DES EAUX DU NORD ESAIN DE LYON	1582	01	non
SYNDICAT MIXTE DU CANTON DE SAINT PERAY	1520	07	
COMMUNAUTE DE COMMUNES DU CANTON DE MONTLUEL	1506	01	non
MONSIEUR LE MAIRE DE BEUCAIRE	1388	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE MONTELIMAR	1320	26	non
SYNDICAT INTERCOMMUNAL EAU ANNONAY SERRIERES	1256	07	non
SYNDICAT INTERCOMMUNAL EAU POTABLE OUVÈZE PAYRE	1158	07	
PUITS ILE JUTHIER LIMONY	1108	07	non
SIVU AMENAGEMENT EAU POTABLE PLATEAU SIGNARGUES	1094	30	
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB ET ASSAINISSEMENT DE LIRAC	753	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE PONT SAINT ESPRIT	735	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE GUILHERAND GRANGES	710	07	non
SYNDICAT INTERCOM EAUX GERBAY BOURRASSONNES	694	38	
SYNDICAT MIXTE EAU ET ASSAINISSEMENT DES ABRETS ET ENVIRONS	645	38	
SYNDICAT EAUX DE DOLOMIEU ET MONCARRA	608	38	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT PAUL TROIS CHATEAUX	571	26	non
MAIRIE DE PUJAUT	552	30	non sauf certains étés : pompage supérieur à la DUP, exemple de juillet 2010
MONSIEUR LE MAIRE DE AMPUIS	548	69	
SYNDICAT INTERCOM PRODUCT EAU RHONE EYRIEUX	505	07	
MONSIEUR LE MAIRE DE LE TEIL D ARDECHE	488	07	non
MONSIEUR LE MAIRE DE DONZERE	475	26	
COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION NIMES METROPOLE	446	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE ARAMON	369	30	non
MONSIEUR LE MAIRE DE FONTVIEILLE	368	13	
SIVU DES EAUX DROME RHONE	352	26	
SYNDICAT DES EAUX RHONE PILAT	328	42	non
MONSIEUR LE MAIRE DE VIVIERS	326	07	
COMMUNAUTE DE COMMUNES DU RHONE AUX GORGES DE L'ARDECHE	314	07	non
SIAEP MEYSSÉ	254	07	été 2012
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB DE VENEJAN SAINT NAZAIRE	247	30	
PUITS DES ILES - SOYONS	220	07	
MONSIEUR LE MAIRE DE ROQUEMAURE	214	30	oui mais dû à un problème de colmatage sur l'ouvrage (130221002)
	209	30	
	199	07	non
MONSIEUR LE MAIRE DE CHATEAUNEUF DU RHONE	195	26	
PUITS DE SAUVETERRE	190	30	non sauf certains étés : pompage supérieur à la DUP, exemple de juillet 2010
PUITS DE FRAOU - BOURG ST ANDREOL	189	07	
PUITS DE ROQUEMAURE	189	30	oui mais dû à un problème de colmatage sur l'ouvrage
COMMUNAUTE DE COMMUNES LES DEUX CHENES	170	07	non
SIVU DES EAUX D'AOSAINTE ET DE GRANIEU	170	38	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT MAURICE DE GOURDANS	165	01	
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB DE LA REGION DE SAINT ALEXANDRE	163	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE VALLABREGUES	124	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE LA GARDE ADHEMAR	120	26	
SI PRODUCTION D'EAU CANTON DE PELUSSIN	120	42	non
MONSIEUR LE MAIRE DE BEAUCASTEL	118	07	
PUITS DE CHAVANAY	115	42	non
PUITS DANS NAPPE ROUTE DE ST ETIENNE DES SORTS	114	30	
COMMUNAUTE AGGLOMERATION ARLES CRAU CAMARGUE MONTAGNETTE	110	13	pas de renseignements
MONSIEUR LE MAIRE DE SERRIERES DE BRIORD	109	01	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT PIERRE DE BOEUF	107	42	non
SI DISTRIBUTION D'EAU DE THIL ET NIEVROZ	98	01	non
SIVOM DES EAUX DU PLATEAU DE CREMIEU	98	38	non
MONSIEUR LE MAIRE DE LES ROCHES DE CONDRIEU	95	38	non
MONSIEUR LE MAIRE DE MONTFAUCON	85	30	non précis
MONSIEUR LE MAIRE DE SAULT BRENAZ	75	01	
MONSIEUR LE MAIRE DE MAUVES	69	07	non
SI DES EAUX FONTAINE DE L'ORANGE	65	42	
MONSIEUR LE MAIRE DE CONDRIEU	53	69	non, mais problèmes d'augmentation de manganèse mesurés
SIE PELUSSIN ROISEY MALLEVAL	52	42	non renseigné
MONSIEUR LE MAIRE DE CODOLET	48	30	non précis
PUITS PERRIER DE CONDRIEU	38	30	non mais utilisation du Puits Premier en soutien
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT ETIENNE DES SORTS	36	30	
MONSIEUR LE MAIRE DE GLUN	31	07	
MONSIEUR LE MAIRE DE PONSAS	30	26	
NAPPE DU RHONE PUIITS EN STATION DU COLOMBIER	20	13	pas de renseignements
COMMUNAUTE DE COMMUNES DE YENNE	19	73	non
MONSIEUR LE MAIRE DE MURS ET GELIGNIEUX	12	01	
PUITS DE STATION LES LACS CORNAS	9	07	
SYNDICAT EAUX ET ASSAINISSEMENT DE LA BASSE TAVE	0	30	oui, problématiques d'ensablement, d'ammonium et de manganèse

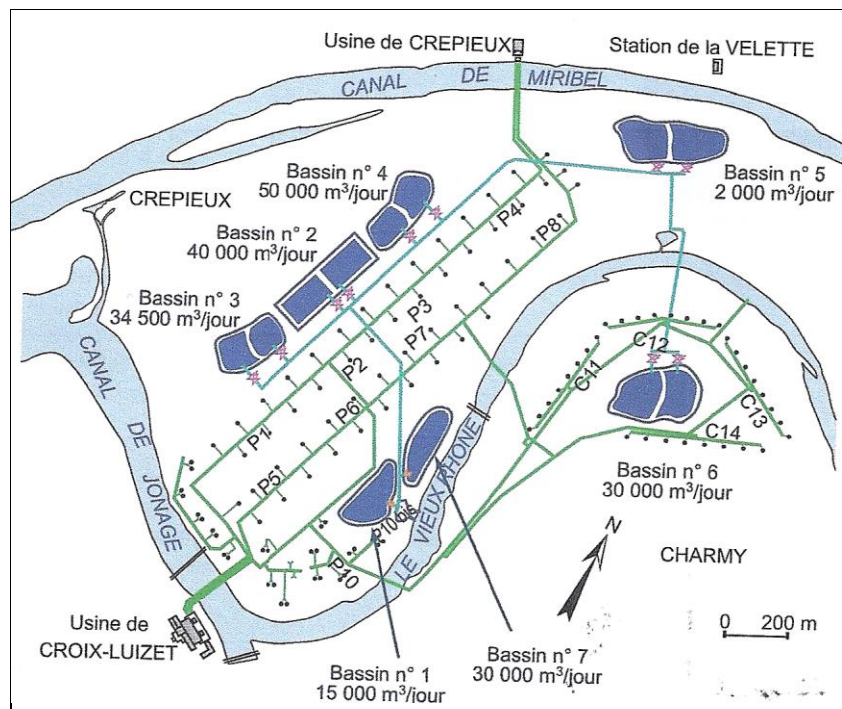
2.2.2 Zoom sur les principaux champs captant

2.2.2.1 Crépieux-Charmy (Grand Lyon)

Le champ captant de Crépieux-Charmy répond à 98% du besoin en AEP du Grand Lyon. La production annuelle est de l'ordre de 100 Mm³. La production journalière moyenne est de 280 000 m³ (minimum : 200 000 m³/j, maximum : 390 000 m³/j).

Tirat et al. propose une description assez détaillée du champ captant. La figure ci-dessous en montre les principales caractéristiques.

Figure 25 : Champ captant de Crépieux-Charmy (d'après Tirat et al.,2006).



Au vu de l'importance de ce champ captant, un entretien a été réalisé par Mathilde Chauveau avec Anne Perrissin du Grand Lyon pour bien comprendre les tensions que subit ce champ captant.

Le champ captant de Crépieux-Charmy assure, en volume, environ 95% de l'alimentation en eau du Grand Lyon, soit 250 000 m³/j. Le Grand Lyon alimente en eau potable environ 1,6 millions d'habitants.

L'hydro système de Miribel-Jonage constitue un système complexe, fortement anthropisé, pour lesquels de nombreuses interactions entre les eaux existent et peuvent impacter l'approvisionnement en eau potable. Le niveau de la nappe est hautement dépendant des débits du Rhône. Les étiages impactent directement les captages du Grand Lyon.

- ▶ Le canal de Miribel peut jouer le rôle de drain ou d'alimentation vis-à-vis de la nappe, en fonction des débits et des niveaux d'eau.
- ▶ Le canal de Jonage (en hauteur) joue uniquement un rôle d'alimentation de la nappe.

Des barrières hydrauliques ont été mises en place afin de sécuriser le champ captant face au risque de pollution. Une quantité d'eau est pompée dans le Rhône (canal de Miribel ?) et ré-injectée dans la nappe. Ce système dévie le cône de dépression autour du captage. Par ailleurs, la barrière hydraulique a également une fonction de soutien d'étiage de la nappe.

Les débits passant dans le canal de Miribel sont les débits ne passant pas dans le canal de Jonage pour être turbinés par EDF. Cela signifie qu'ils oscillent entre :

- ▶ Un débit minimum de 30 ou 60 m³/s réglementaire (le passage de 30 à 60 m³/s est fonction de la côte du lac des eaux bleues, le débit de 60 m³/s étant calculé pour permettre que le canal de Miribel ne draine pas la nappe, en cas de faible hauteur d'eau). Ce débit minimum a été fixé par un protocole entre EDF, l'état et le Grand Lyon à l'issue d'une négociation entre les deux acteurs. EDF souhaite garder le plus fort débit dans le canal de Jonage afin de le turbiner à Cusset. Le Grand Lyon souhaite un débit suffisant afin d'assurer un niveau suffisant de la nappe.
- ▶ Des débits de crue : le débit turbinable maximum par Cusset est de 640 m³/s (source : entretien avec EDF). En cas de crue, le surplus passe par le canal de Miribel.

Le canal de Miribel connaît donc des débits « en paliers », qui peuvent très rapidement passer de 30-60 m³/s à des débits de crue de plusieurs centaines de m³/s. Les débits sont à leur niveau minimum (30 – 60 m³/s) une grande partie de l'année, 70 à 80% du temps.

Les deux situations peuvent être contraignantes pour le champ captant du Grand Lyon :

- ▶ De faibles débits apportent peu d'alimentation à la nappe ;
- ▶ Les débits de crue apportent des charges sédimentaires qui peuvent entraîner des problèmes de colmatage.

Par ailleurs, un débit minimum de 90 m³/s est à respecter au niveau du barrage-usine de Cusset (source : entretien avec EDF), afin de ne pas contraindre le fonctionnement normal de l'installation. En cas de très basses eaux du Rhône, il peut donc y avoir conflit entre EDF et le Grand Lyon sur les débits réservés. En 2011, le Rhône avant la confluence avec la Saône a atteint des débits inférieurs à 145 m³/s¹ ; le débit réservé dans le canal de Miribel n'a pas été respecté.

Par ailleurs, les débits minimum dans le canal de Jonage assurent également le bon fonctionnement des stations d'assainissement et la bonne dilution des eaux d'épuration.

En outre, le champ captant de Crépieux-Charmy est hautement dépendant des apports sédimentaires et des problèmes de colmatage qui peuvent se produire. Il y a, au niveau du champ captant, une décantation et accumulation de sédiment, liée notamment à l'effondrement passé du canal de Miribel, causé par les extractions de graviers notamment. Cela crée des problèmes de colmatage qui peuvent très fortement contraindre les captages au niveau de Crépieux-Charmy. La gestion sédimentaire pose actuellement problème pour le Grand Lyon.

L'usage AEP du Grand Lyon constitue un usage exigeant en termes de qualité et de quantité, et peut-être soumis de nombreuses contraintes. En conséquence des conflits d'usage et des tensions sur la ressource, le service AEP du Grand Lyon se trouve fréquemment en état d'alerte. Récemment, il indique que les années 2003, 2004, 2011, et 2012 ont été particulièrement problématiques.

- ▶ L'année 2003 a été marquée par de bas débits et un effondrement du niveau de la nappe, limitant des fortement les captages. À cela s'ajoute une demande en eau exceptionnelle : on atteignait les 450 000 m³/j en demande, contre les 250 000 m³/j moyens. De plus, une température de l'eau exceptionnellement élevée a été atteinte entraînant des risques sanitaires. Une dérogation a été obtenue afin d'assurer le service d'eau potable, malgré le dépassement de la norme à 25°C.
- ▶ En 2004, la nappe s'est retrouvée située au-dessus du niveau des puits (« nappe déjaugée ») suite aux problèmes de colmatage de 2003, ce qui a provoqué un blocage des captages.
- ▶ Les très bas débits du Rhône en 2011 ont provoqué une forte baisse du niveau de la nappe (à vérifier). EDF n'a pas toujours pu respecter le débit réservé des 30 – 60 m³/s dans le canal de Miribel.

¹ Estimation BRLi : calcul des débits du Rhône à Ternay, moins la Saône à Couzon, le 30/05/2011.

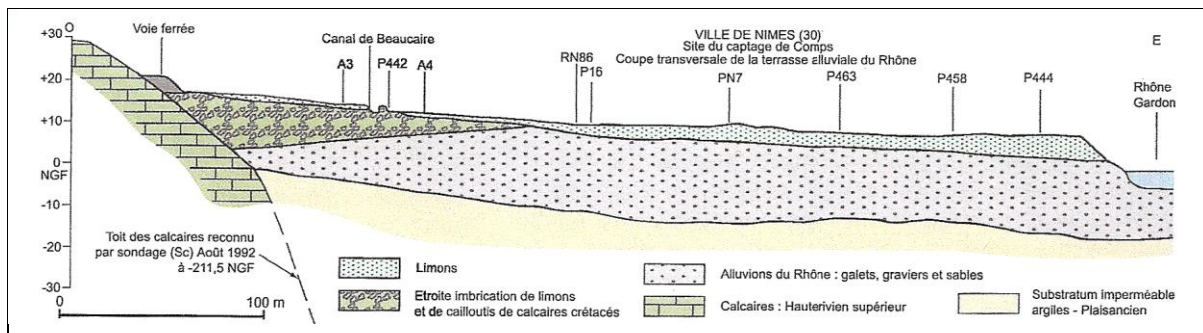
- Un colmatage important, probablement lié à la fois aux crues (de l'Arve et l'Ain notamment) et aux chasses des barrages suisses, a conduit à un effondrement du champ captant (via une mauvaise réalimentation de la nappe) et une situation d'alerte depuis novembre 2012. Cette situation d'alerte se produit à une période qui n'est pas celle de la plus grosse demande en eau de l'année, ce qui inquiète le Grand Lyon pour l'été à venir. En outre, les crues ont provoqué plusieurs dégâts, notamment l'effondrement des berges, l'arrêt des barrières hydrauliques, la détérioration des stations d'alertes.

2.2.2.2 Comps (Métropole de Nîmes)

Le champ captant de Comps permet à la ville de Nîmes de disposer de 25 à 28 Mm³/an.

Tirat et al. propose une description assez détaillée du champ captant, situé en rive gauche du Rhône sur la commune de Beaucaire. La figure ci-dessous en montre les principales caractéristiques.

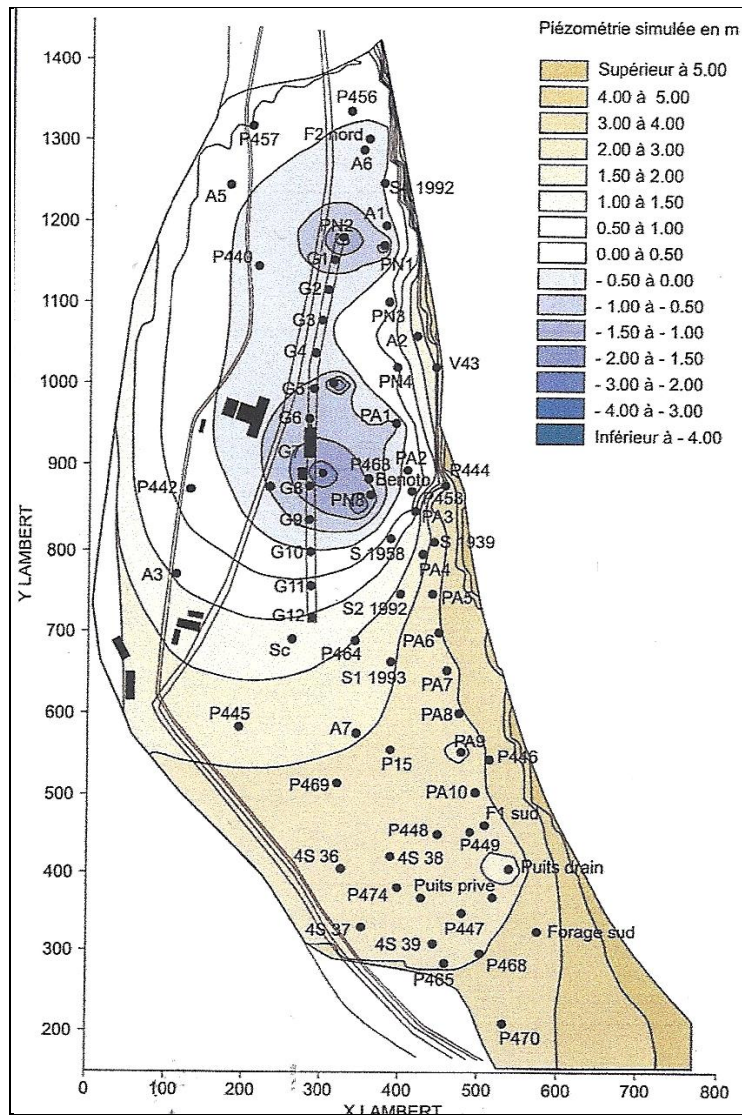
Figure 26 : Coupe au droit du champ captant de Comps (d'après Tirat et al., 2006).



L'eau captée provient et de la nappe alluviale du Rhône, et de la nappe alluviale du Gardon. Les forts gradients hydrauliques entraînent une pénétration des particules fines dans le réservoir qui se traduit par des problèmes récurrents de productivité.

Selon un entretien téléphonique avec un responsable technique du champ captant, la problématique de la sensibilité aux variations de débit du fleuve n'est pas prioritaire car dans ce secteur, le niveau de la ligne d'eau est fortement contrôlé par les ouvrages aval et amont. Une convention aurait été signée entre le maître d'ouvrage et la CNR pour fixer des cotes seuils à respecter.

Figure 27 : Simulation des rabattements de la nappe au droit du champ captant de Comps (d'après BRGM, 1993 ; in Tirat et al.,2006).



3. AVIS SUR L'IMPACT DES BAISSSES DE DÉBIT DU RHÔNE SUR LA PRODUCTIVITÉ DE LA NAPPE

Cette analyse montre que l'impact d'une baisse du débit du fleuve sur un champ captant est principalement conditionné par la conjonction de trois facteurs :

- ▶ Le positionnement dans un secteur pour lequel la piézométrie va potentiellement varier avec les variations de débit du fleuve. Une première approche à grande échelle permet d'estimer une part de l'ordre 25% de la nappe alluviale sensible aux variations de Q (soit environ 320 km² en superficie pour une nappe alluviale cumulant 1300 km²), hors portions de nappe sous influence des débits réservés à l'aval des aménagements.
- ▶ Une épaisseur mouillée faible en regard des variations possibles de la nappe (jugée faible pour $e < 10$ m, très limitant pour $e < 5$ m).
- ▶ Les volumes prélevés qui vont induire des rabattements locaux, plus ou moins importants en fonction des volumes prélevés.

Il en résulte une sensibilité des prélèvements en nappe aux variations de débit du fleuve, que l'on peut qualifier de relative : par exemple, un champ captant qui prélève moins de 1 Mm³/an dans un secteur de faible épaisseur mouillée (<10 m) peut se révéler moins sensible aux étiages du Rhône, qu'un autre qui prélève 90 Mm³/an dans une zone avec des épaisseurs mouillées pourtant comprises entre 10 et 20 m.

Au vu des données collectées et des analyses présentées dans cette étude, il apparaît qu'en première approximation, les étiages du fleuve Rhône ne peuvent avoir qu'un impact mineur et localisé sur la productivité de sa nappe alluviale :

- ▶ Les secteurs structurellement vulnérables sont rares et de superficie limitée. Le seul secteur vulnérable étendu correspond à la plaine de Montélimar qui présente une superficie de nappe de l'ordre de 20 km² ; notons cependant que dans ce secteur, la majorité de la plaine alluviale est sous dépendance du vieux Rhône dont le débit à l'étiage correspond à un débit réservé au titre du Code l'Environnement. On observe aussi quelques lambeaux de nappe ($S < 10$ km²) structurellement vulnérables dans le secteur d'Avignon, près de Mornas, de la Voulte Sur Rhône (rive droite du Rhône) et dans les 10 km à l'amont de la confluence avec l'Ain.
- ▶ Les secteurs soumis à de forts prélèvements (> 10 Mm³/an) sont peu nombreux et la plupart sont dans des zones avec des niveaux de nappes peu ou insensibles aux variations de débit du fleuve. Pour les autres, en général situés à l'aval d'une retenue, c'est de toute façon la légalisation relative aux débits réservés qui s'appliquent.
- ▶ La variation du débit qui modifie la hauteur d'eau dans le fleuve, est un des paramètres parmi de nombreux susceptibles d'influencer la piézométrie de la nappe.

Cet avis doit être restreint au périmètre de l'analyse. Nous ne nous sommes intéressés qu'aux impacts potentiels sur les champ captant AEP, qui relèvent d'un usage prioritaire.

De plus, nous ne disposons pas de données sur la productivité de la nappe sur deux secteurs sensibles aux variations de débit global du Rhône : plaine de Tarascon entre Beaucaire et Arles (environ 150 km²), et plaine à l'aval des aménagements de Brégnier Cordon (environ 40 km²). Nous ne pouvons donc pas juger de la vulnérabilité de la nappe aux variations de débit du Rhône dans ces secteurs.

Cet avis doit être nuancé pour certains champs captants de très grande productivité qui sont de facto dans une situation de grande dépendance vis à vis de la réalimentation de la nappe par le fleuve.

Il apparaît qu'actuellement, sur la base des données recueillies, seul le champ captant de Crépieu Charmy pour le Grand Lyon, est dans une position de forte dépendance aux débits du Rhône.

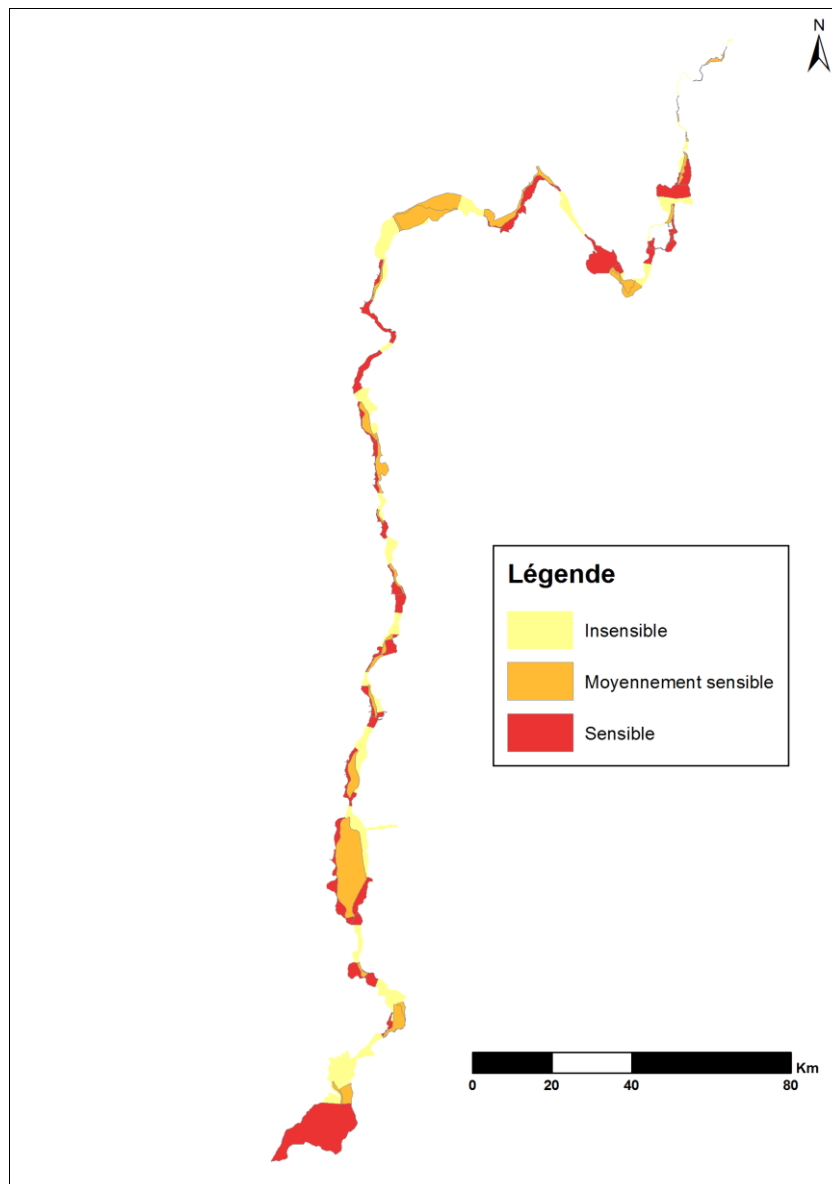
Cet avis doit être considéré avec prudence. Pour toutes les raisons détaillées dans l'analyse critique de la méthode, il est nécessaire d'insister sur le caractère expéditif de la méthode qui est relative à

certaines échelles spatiales et temporelles. Il résulte d'une approche à grande échelle qui intéresse la nappe alluviale depuis la frontière suisse jusqu'à la Camargue ; les résultats sont donc représentatifs de cette échelle d'étude. Il est évident qu'une telle approche ne peut prétendre remplacer des études plus locales pour des contextes hydrogéologiques relatifs à d'autres échelles de description. Ces résultats ont pour seule ambition de répondre à la problématique globale de l'étude, qui est celle de fixer des règles de gestion vis à vis des débits d'objectif d'étiage à l'échelle du bassin versant.

3.1 OÙ SONT LES SECTEURS POUR LESQUELS LA PIÉZOMÉTRIE VA VARIER AVEC LES VARIATIONS DE DÉBIT DU FLEUVE ?

Dans un premier temps, nous avons déterminé les secteurs sous influence d'une ligne d'eau contrôlée par les aménagements CNR (retenues, barrages, contre-canaux,...) et ceux a priori en relation avec un Rhône libre qui enregistre des variations de sa ligne d'eau en relation avec les variations « naturelles » de débit.

Figure 28 : Cartographie des secteurs vulnérables aux variations de débit du fleuve.



On peut constater sur la figure ci-dessus que ces secteurs sont minoritaires. Environ 485 km² de nappes a priori sensibles au débit du fleuve (soit environ 40% de la superficie totale). Rappelons toutefois que dans une proportion non négligeable, ces portions de nappe se situent directement à l'aval d'un ouvrage de retenue dont le débit laissé au cours d'eau non réservé correspond au débit réservé (hors champ de l'étude). Il existe quelques secteurs de petites superficies, dépendants du débit d'étiage "global" du Rhône : il s'agit soit des portions de nappe connectés au canal de fuite après usine, sur les sections de Rhône dérivé, soit des secteurs à l'aval de barrages usines ou de la jonction entre Rhône court-circuité et Rhône dérivé, qui restent sensibles aux variations de débit du fleuve. Citons pour les plus importantes (S>10 km²):

- ✓ Aval de l'aménagement de Chautagne (environ 30 km²).
- ✓ Aval de l'aménagement de Brégnier Cordon (environ 40 km²).
- ✓ Aval de l'aménagement de Saultz-Brénat (environ 30 km²).
- ✓ Aval de l'aménagement de Pierre néité (environ 20 km²).
- ✓ Aval du barrage usine de Vaugris (environ 20 km²).
- ✓ Aval de l'aménagement de Bollène (environ 20 km²).
- ✓ Aval de Beaucaire (environ 160 km²).

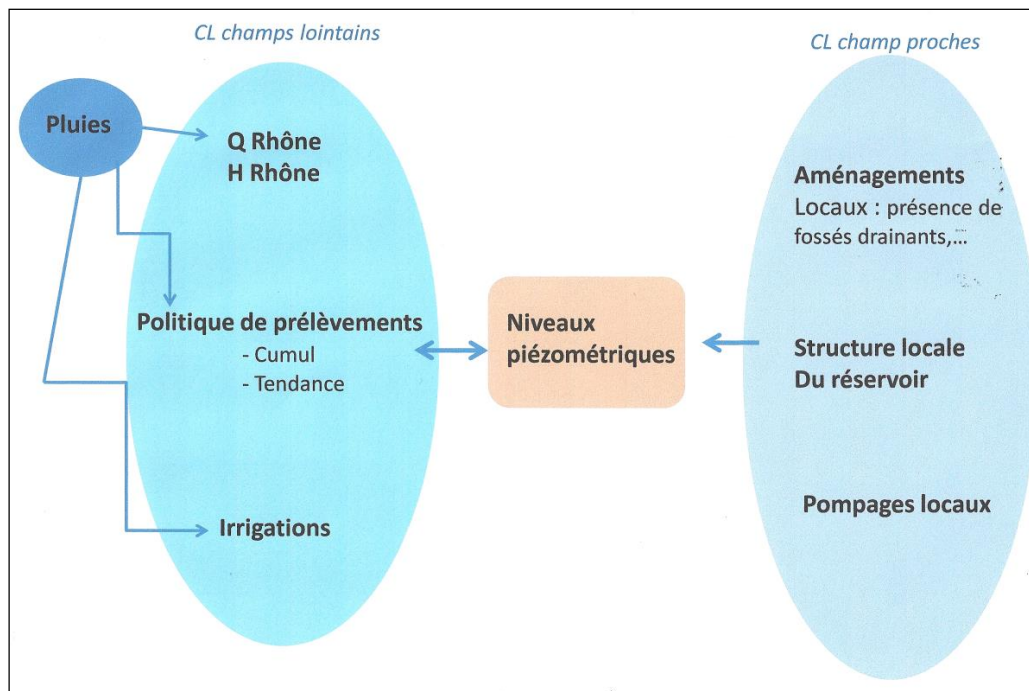
Au final, les portions de nappe sensibles aux variations globales, naturelles, du fleuve Rhône (hors sections dont le débit d'étiage correspond au débit réservé d'un ouvrage), cumulent environ 320 km² (soit environ 25% de la superficie totale de la nappe alluviale) mais avec un secteur important en superficie : la plaine à l'aval de Beaucaire et à l'amont d'Arles (environ 160 km², soit environ 12,5% de la superficie de la nappe alluviale de la nappe).

Dans un deuxième temps, nous avons essayé de trouver des indices d'une relation avérée entre la productivité de la nappe et les variations de débit du fleuve.

Il est difficile de trouver une relation simple et univoque entre piézométrie et débit du fleuve:

- ▶ Il n'a pas été possible de mettre en évidence une corrélation entre ces deux grandeurs physiques et ce sur les cinq chroniques piézométriques disponibles.
- ▶ Il est aussi délicat de mettre en relation une correspondance simple et unique entre les étiages remarquables du Rhône et des minima dans les chroniques piézométriques.

Figure 29 : Facteurs explicatifs potentiels des variations piézométriques.



En effet, il faut rappeler que la relation entre débit et niveau piézométrique, dépend de la relation entre le débit et le niveau de la ligne d'eau dans le fleuve. Or, on comprend intuitivement que cette relation n'est pas forcément linéaire : elle va dépendre de la géométrie du lit mineur. L'impact sur la ligne d'eau d'une augmentation de débit dans un lit mineur chenalisé, caractérisé par des bords verticaux, va être très différente dans un lit mineur latéralement très étalé avec des bordures évasées.

Cette difficulté s'explique aussi par la multiplicité des facteurs susceptibles d'influencer le signal piézométrique (cf. figure ci-dessous) :

- ▶ Le signal piézométrique est la résultante de plusieurs phénomènes venant impacter la nappe, les principaux retenus pouvant être la présence d'ouvrages qui régulent la ligne du cours d'eau, la piézométrie des encaissements géologiques aux limites de la nappe, le signal pluviométrique et les pressions anthropiques telles que l'irrigation ou les prélèvements.
- ▶ Ajoutons que le signal enregistré par un piézomètre est très sensible aux conditions locales (perméabilité autour de l'ouvrage, présence de zones préférentielles d'infiltration,...) et qu'il est généralement difficile de distinguer ces influences locales, d'influences relatives à d'autres échelles, comme celle d'une variation de la charge aux limites (niveaux d'eau dans un cours d'eau en connexion hydraulique avec la nappe).

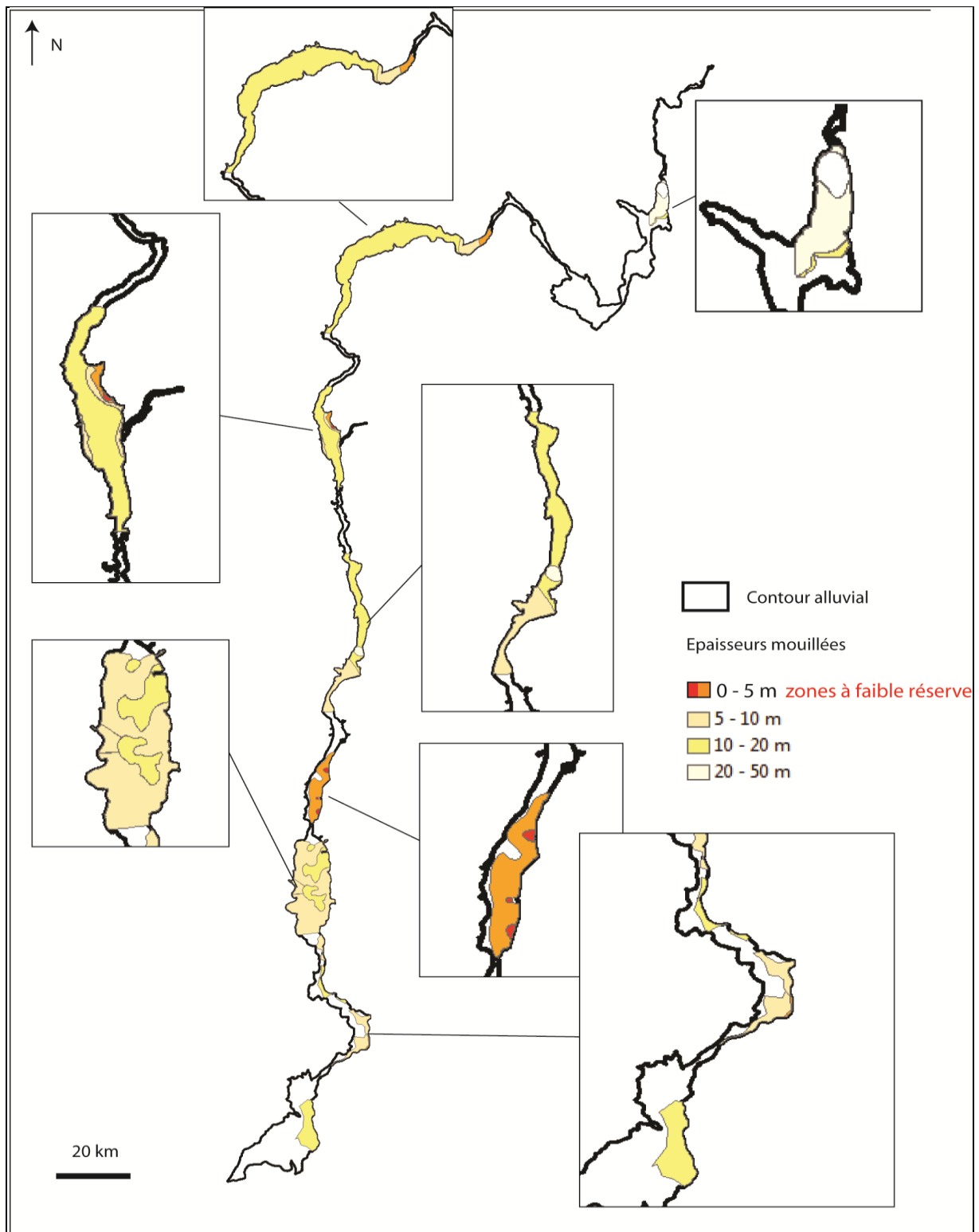
3.2 OÙ SONT LOCALISÉS LES SECTEURS STRUCTURELLEMENT VULNÉRABLES ?

Cette étude a permis de déterminer les secteurs de la nappe avec une vulnérabilité intrinsèque aux variations de débit du fleuve, en particulier à l'étiage. Il s'agit de secteurs aquifères pour lesquels on observe en moyenne de faibles épaisseurs mouillées.

Rappelons en effet que la productivité de la nappe est directement proportionnelle à sa transmissivité qui correspond au produit de la perméabilité par l'épaisseur mouillée. Ainsi, une baisse de piézométrie d'environ un mètre, consécutive à un étiage du Rhône, dans un secteur caractérisé par une épaisseur mouillée d'environ 5 m, conduit à une baisse de 20% de la productivité de la nappe.

Sur la base des données disponibles, les secteurs de superficie significative de faibles réserves, supposés ayant une épaisseur mouillée de 1 à 5 m, sont principalement situés dans le secteur de St-Vulbas, Clonas-sur-Varèze et de façon plus étendue sur le secteur de Montélimar.

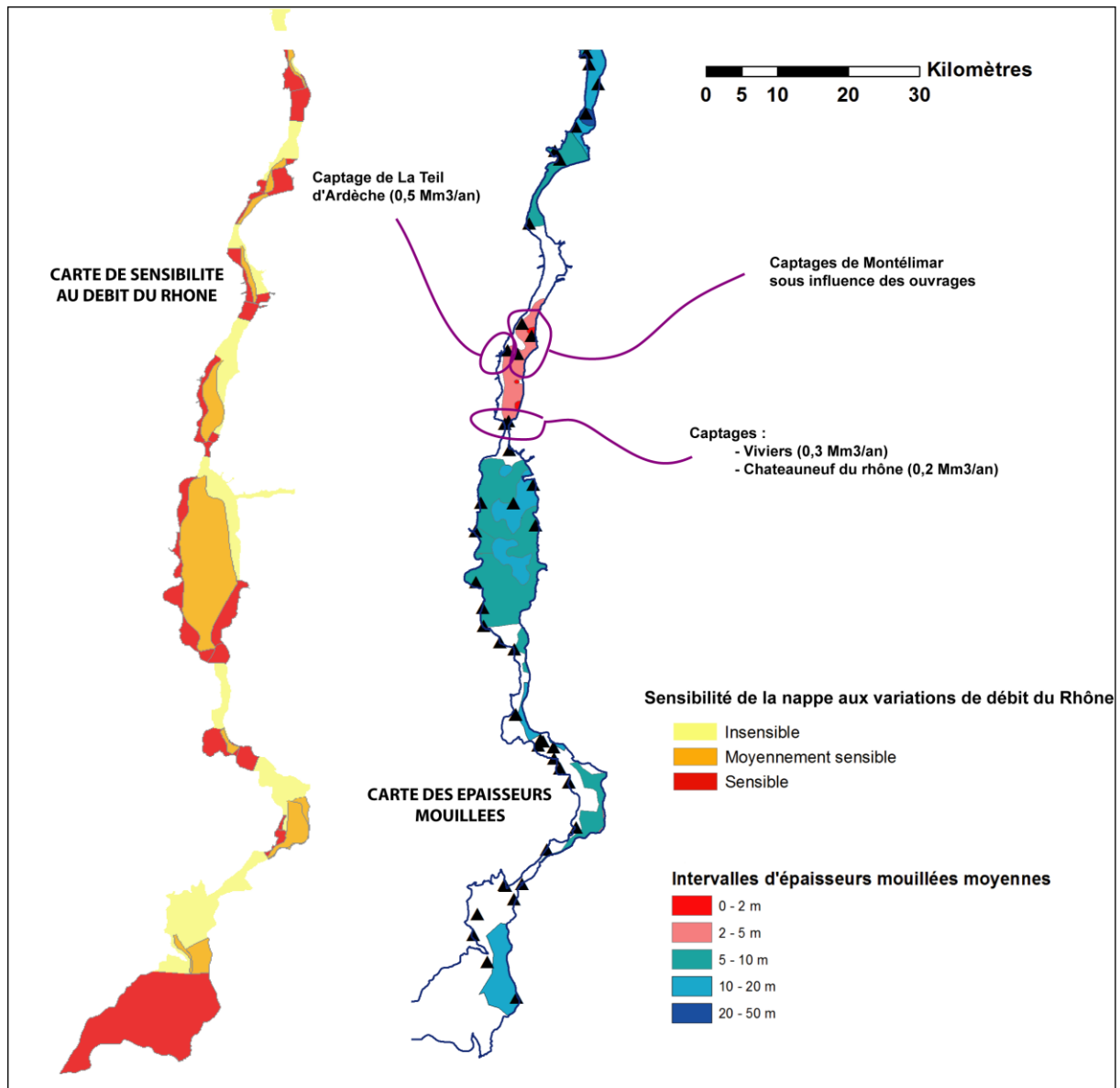
Figure 30 : Cartographie des épaisseurs mouillées des alluvions du Rhône.



Seul le secteur de Montélimar est associé à plusieurs champs captants pour l'AEP. Cela nous a conduit à une analyse spécifique sur cette zone, résumée dans la figure ci-dessous.

Pour cette zone, on constate que les champs captant de Montélimar (de 0,250 à 1,3 Mm³/an) sont situés à l'amont d'ouvrages CNR qui induisent une absence de sensibilité de la ligne d'eau (et donc du niveau piézométrique de la nappe) aux variations de débit. Les captages à l'aval de ces ouvrages (communes de La Teil d'Ardèche, de Vivier et de Châteauneuf du Rhône) sont caractérisés par des débits de prélèvement relativement faibles. Ces éléments expliquent l'absence de signalement de tension sur ces champs captant.

Figure 31 : Cartographie croisée vulnérabilité, épaisseur mouillée et volume prélevé annuel pour le bas Rhône.



3.3 OÙ SONT LES PRÉLÈVEMENTS AEP IMPORTANTS ?

Il nous a semblé intéressant de faire un focus sur les champs captant qui prélèvent plus de 3 Mm³/an

MO	Vp (milliers m3/an)	Vulnérabilité	Epaisseur mouillée
COMMUNAUTE URBAINE DE LYON	~91 00	Sensibilité moyenne	10-20 m
METROPOLE DE NIMES	~16 000	Sensibilité moyenne	10-20 m
SIE MONTS DU LYONNAIS ET BASSE VALLEE DU GIER	~ 5 000	Sensibilité forte	10-20 m
MAIRIE DE VALENCE	~ 4 000	Sensibilité forte	10-20 m
SYNDICAT MIXTE EAU POTAB RHONE SUD	~ 4 000	Sensibilité forte	10-20 m
SYNDICAT INTERCOM EAU POTABLE DE L EST LYONNAIS	~ 3 000	Non sensible	10-20 m

On constate que seuls deux champ captant prélèvent plus de 10 Mm³/an (champ captant de Crépieu-Charmy à l'amont immédiat de Lyon et le champ captant de Comps à l'aval immédiat de la confluence avec le Gardon) et sont donc susceptibles d'être en position de vulnérabilité par rapport aux variations de débit du fleuve.

L'enquête par courrier confirme qu'en première approximation (50% de taux de réponse), les préleveurs AEP ne font pas de lien direct et répété, entre les étiages du fleuve et des baisses de productivité des champs captant.. A l'exception de deux préleveurs hors norme (le Grand Lyon et la Métropole de Nîmes), qui de par les très importants volumes soutirés, se trouvent conjonctuellement dans des situations de grande vulnérabilité vis à vis du débit du fleuve.

Dans le cas du champ captant de Comps, cette vulnérabilité est réduite par le contrôle de la ligne d'eau par les ouvrages CNR ; pour le champ captant de Crépieu Charmy, la vulnérabilité aux étiages est forte et ce à cause de deux phénomènes :

- ▶ Les étiages induisent une baisse du niveau d'eau dans le Vieux Rhône, qui impacte directement la productivité des champs captant.
- ▶ Les étiages se traduisent par des vitesses d'écoulement très faibles dans ces chenaux et donc favorisent le dépôt de fines qui dégradent les relations entre le cours d'eau et la nappe.

Notons que pour Crépieu Charmy, le bras d'eau en forte interrelation avec la nappe (et pour lequel la productivité de la nappe est a priori influencée par les variations de débit) correspond au Vieux Rhône. Or, son débit à l'étiage est fixé par la législation relative aux débits réservés.

4. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- Agence de l'Eau RM&C, 2009/11** - Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux. SDAGE et documents d'accompagnements. Programme de mesures - rapport d'évaluation environnementale.
- Anus S., Floriat M., Lacroix J., Lauzier B., Senechal C., 2010** - Nappes alluviales du Rhône – Identification et protection des ressources en eau majeures pour l'alimentation en eau potable. Rapport ANTEA – SAFEGE – SEPIA Conseils. 93 p. +cartes et annexes.
- Barthelemy Y., 1978** - Champ captant de Crépieu-Charmy. Etude hydrogéologique : rapport de synthèse des résultats acquis jusqu'en octobre 1978. Rapport BRGM, 40 p.
- Barthelemy Y., 1979** - Champ captant de Crépieu-Charmy. fluctuations piézométriques d'octobre 1977 à mars 1979. Evolution du colmatage des berges du Rhône. Rapport BRGM, 28 p.
- BRGM, 1974** - Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée du Rhône entre Valence et Montélimar. BRGM 75 SGN 401 JAL.
- BRGM, 1993** - Ville de Nîmes. Site de captage de Comps. Diagnostic des ouvrages de la nappe. Régénération de quatre ouvrages. modélisation hydrodynamique. Réalisation de deux ouvrages complémentaires. Rapport technique, 335 p.
- Tirat M., Cottereau C., Mongereau N., 2006** - Vallée du Rhône. Tome 2 : Aquifères et eaux souterraines en France. Ouvrage collectif, BRGM Editions, p. 658-687.
- Truc et al., 2000** - Commune de Valréas (84). Champ captant du Grand Moulas. Excursion du Colloque AIH. Inédit.