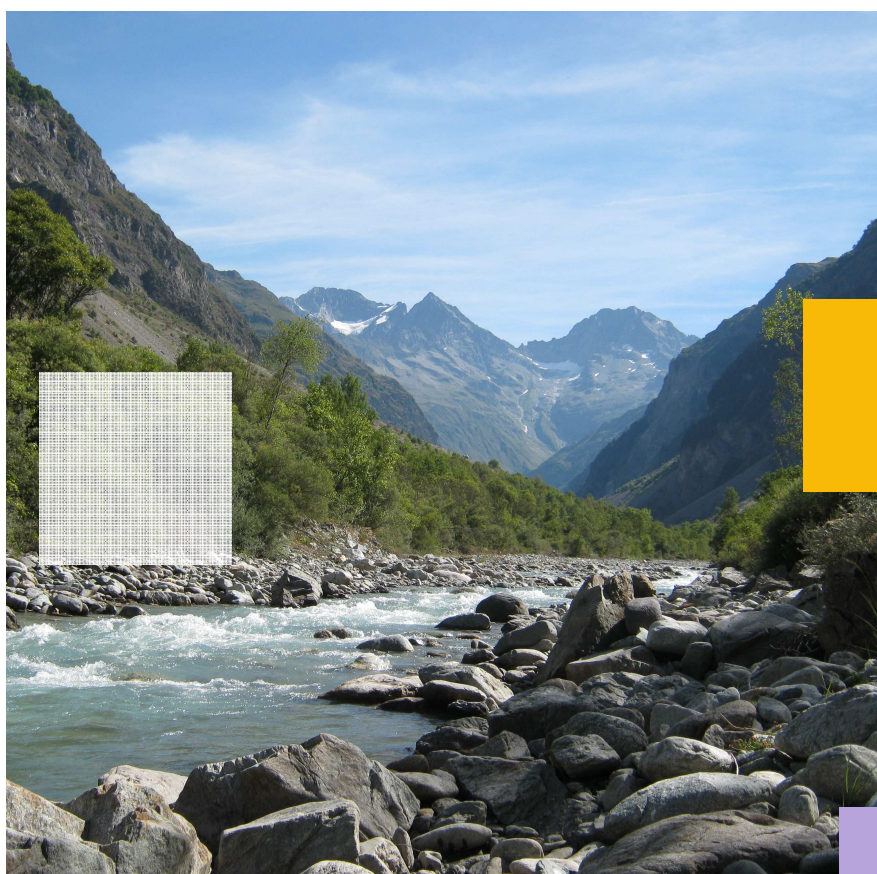


ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



Sous bassin versant du Haut Drac

Rapport de phase 3 • septembre 2012



TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 1 RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE NON INFLUENCEE .11

1 Objectifs et principes	12
2 Détermination des débits par modélisation pluie-débit.....	13
2.1 Etapes de la modélisation	13
2.2 Description du modèle hydrologique	13
2.3 Données d'entrée du modèle	15
2.3.1 Bassins versants	15
2.3.2 Données pluviométriques	17
2.3.3 Données d'Evapotranspiration Potentielle	21
2.3.4 Données de température	21
2.3.5 Données de neige.....	22
2.3.6 Données hydrométriques	22
2.3.7 Données sur les prélèvements / rejets.....	23
2.3.7.1 Cas général	23
2.3.7.2 Cas des prélèvements des canaux d'irrigation.....	24
2.3.7.3 Construction d'une chronique journalière des prélèvements.....	25
2.3.8 Saisonnalité des prélèvements	28
2.4 Calage du modèle hydrologique.....	29
2.4.1 Principe du calage.....	29
2.4.2 Résultats du calage	29
2.4.2.1 Bassin versant du Drac à Corps (Le Sautet)	30
2.4.2.2 Bassin versant du Drac au Pont de Guinguette.....	31
2.4.2.3 Bassin versant du Drac au Pont de Chabottes	32
2.4.2.4 Bassin versant du Drac à Saint Jean-Saint Nicolas (Les Ricous)	32
2.4.2.5 Bassin versant du Drac Blanc à Champoléon.....	33
2.4.2.6 Bassin versant du Drac Noir à Orcières.....	33
2.4.2.7 Bassin versant de la Souloise au Pont de l'Infernet	34
2.4.2.8 Bassin versant de la Souloise à Saint Etienne en Dévoluy	35
2.4.2.9 Bassin versant de la Séveraisse à Villar-Loubière.....	36
2.4.3 Conclusions	37

3 Détermination des débits par corrélation	39
3.1 Bassin versant du Drac à Saint Jean Saint Nicolas (Les Ricous)	39
3.2 Bassin versant du Drac à Champoléon	41
3.3 Bassin versant du Drac Noir à Orcières	42
4 Résultats de l'estimation des débits caractéristiques du Drac et des affluents 46	
4.1 Définition des débits caractéristiques calculés	46
4.2 « Saisonnalisation » des débits caractéristiques	47
4.3 Résultats aux stations hydrométriques	48
4.4 Extrapolation des résultats aux tronçons piscicoles	52
4.4.1 Cas général	52
4.4.2 Cas de l'Ancelle.....	53
4.4.3 Cas du Buisard	53
4.4.4 Résultats	54
PARTIE 2 HYDROGEOLOGIE.....	57
1 Préambule.....	58
2 Nappe des Ricous	60
2.1 Point stratégique de référence	60
2.2 Fonctionnement	60
2.2.1 Alimentation	60
2.2.2 Exutoires.....	60
2.3 Piézométrie	61
2.3.1 Variations piézométriques	63
2.3.2 Relation entre le débit du Drac aux Ricous et la piézométrie	64
2.3.3 Pompages des Ricous	70
2.3.3.1 Régime de pompage	70
2.3.3.2 Influence sur le débit des adoux	71
2.3.3.3 Influence sur la piézométrie	72
2.4 Conclusions	72
3 Nappe de Chabottes	74
3.1 Fonctionnement	74
3.1.1 Alimentation	74
3.1.2 Exutoires.....	74
3.2 Piézométrie	75

3.2.1	Cartes piézométriques.....	75
3.2.2	Variations piézométriques	79
3.3	Influence du pompage sur la piézométrie mesurée	81
3.4	Conclusions	83

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM .	15
Figure 2 : Courbes hypsométriques des bassins versants modélisés	16
Figure 3 : Carte des bassins versants considérés pour la modélisation pluie-débit et localisation des stations pluviométriques et hydrométriques retenues	19
Figure 4 : Carte de l'hypsométrie des bassins versants du Drac Amont	20
Figure 5 : Carte de localisation des prélèvements et restitutions.....	27
Figure 6 : Comparaison des chroniques de débits mesurés dans le cours d'eau et des débits prélevés à l'amont, sur le Drac au droit de la station du Pont de Guinguette .	28
Figure 7 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac à Corps, sur la série 2005-2009	30
Figure 8 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac au Pont de Guinguette, sur la série 2000-2009.....	31
Figure 9 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac aux Ricous, sur la série 2008-2009	32
Figure 10 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac Blanc à Champoléon, sur la série 2007-2009.....	33
Figure 11 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac Noir à Orcières, sur l'année 2009.....	33
Figure 12 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Souloise au Pont de l'Infernet, sur la série 2000-2009..	34
Figure 13 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy, sur la série 2000-2009	35
Figure 14 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Séveraisse à Villar Loubière, sur la série 2000-2009....	36
Figure 15 : Comparaison des chroniques de débits désinfluencées sur le Drac aux Ricous et au Pont de Guinguette, pour la période 2007-2010	39

Figure 16 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basse s eaux), calculés aux Ricous et à Guinguette, sur la chronique 2007-2010.....	40
Figure 17 : Comparaison des chroniques de débits désinfluencés sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, pour la période 2009-2010	43
Figure 18 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basse s eaux), sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, , sur la chronique 2009-2010 (série complète)	44
Figure 19 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basses eaux), sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, sur la chronique 2009-2010 (basses eaux $Q < 2 \text{ m}^3/\text{s}$)	44
Figure 20 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques	51
Figure 21 : Carte de localisation des tronçons homogènes, des stations Estimhab et des stations hydrométriques.....	55
Figure 22 : Bassins aquifères des alluvions du Drac amont	59
Figure 23 : Nappe des Ricous	61
Figure 24 : Piézométrie moyenne de la nappe des Ricous	62
Figure 25 : Variations piézométriques de la nappe des Ricous 2005-2010.....	63
Figure 26 : Variations piézométriques et débit du Drac aux Ricous	64
Figure 27 : relation entre le débit du Drac aux Ricous et le piézomètre S3	65
Figure 28 : relation entre le débit du Drac aux Ricous et le piézomètre F2	66
Figure 29 : Relation entre débit du Drac en amont des Ricous et piézométrie sur S3 à l'été 2009	67
Figure 30 : Relation entre débit du Drac en amont des Ricous et piézométrie sur F2 à l'été 2009	68
Figure 31 : Relation entre débit du Drac aux Ricous et piézométrie sur S3 à l'été 2009	68
Figure 32 : Relation entre débit du Drac aux Ricous et piézométrie sur F2 à l'été 2009	69
Figure 33 : Périodes de pompage aux Ricous.....	71
Figure 34 : Localisation des piézomètres de la nappe de Chabottes	75

Figure 35 : Piézométrie de la nappe de Chabottes en hautes eaux (13 au 21 juin 2006)	76
Figure 36 : Piézométrie de la nappe de Chabottes à l'été (12 septembre 06).....	77
Figure 37 : Profil en long de la nappe de Chabottes et du Drac - 2006.....	78
Figure 38 : Variations piézométriques enregistrées sur la nappe de Chabottes – NS / Sol	79
Figure 39 : Variations piézométriques enregistrées sur la nappe de Chabottes – m NGF	79
Figure 40 : Estimation de l'influence du puits de Chabottes.....	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants considérés pour la modélisation pluie-débit	16
Tableau 2 : Altitude moyenne des bassins versants modélisés.....	17
Tableau 3 : Liste des stations pluviométriques utilisées.....	17
Tableau 4 : Données de température disponibles au pas de temps mensuel.....	21
Tableau 5 : Données de température disponibles au pas de temps journalier	22
Tableau 6 : Liste des stations hydrométriques utilisées pour le calage du modèle pluie-débit	23
Tableau 7 : Détail de constitution d'une chronique journalière des prélèvements et rejets pour les besoins de la modélisation pluie-débit	26
Tableau 8 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur le Drac à Corps, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2005-2009, et critères de Nash	30
Tableau 9 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur le Drac au Pont de Guinguette, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash.....	31
Tableau 10 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Souloise au Pont de l'Infernet et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash	34
Tableau 11 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash	35
Tableau 12 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Séveraisse à Villar Loubière, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash	36
Tableau 13 : Résultats du calage du modèle pluie-débit	37
Tableau 14 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac à la station des Ricous, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette	41

Tableau 15 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac Blanc à la station de Champoléon, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette	42
Tableau 16 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac Noir à la station d'Orcières, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette.....	45
Tableau 17 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques – QMNA et VCN.....	49
Tableau 18 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques – module et médiane	50
Tableau 19 : Impact des prélèvements sur le QMNA5 estival	52
Tableau 20 : Débits caractéristiques calculés pour chaque tronçon piscicole	56

PARTIE 1

RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE NON INFLUENCEE

1

Objectifs et principes

L'objectif de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée est de pouvoir disposer des débits désinfluencés des prélèvements et rejets au milieu au droit des différentes stations hydrométriques du bassin versant. Une telle reconstitution permet d'estimer le régime hydrologique du bassin versant en l'absence d'action anthropique sur les milieux aquatiques de surface et souterrain. Ces données serviront par la suite de base à la détermination des Débits d'Objectif d'Étiage.

La reconstitution de l'hydrologie désinfluencée permettra de disposer, à toutes les stations hydrométriques considérées :

- D'une série temporelle de débits désinfluencés des prélèvements et rejets liés à l'activité humaine sur la période 2000-2009 ;
- Des valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA5, VCN3 et VCN10) sur la période 2000-2009.

La reconstitution de l'hydrologie désinfluencée est basée :

- sur la reconstitution des séries temporelles de débits par une modélisation pluie-débit. Cette approche a été testée pour l'ensemble des sous bassins versants du bassin du Drac Amont, mais retenue uniquement pour les stations hydrométriques disposant d'une chronique de calage suffisamment longue (sous bassins à l'aval du Pont de Chabottes) ;
- sur l'établissement de corrélations statistiques, pour les stations où le modèle pluie-débit n'a pas pu donner de résultats satisfaisants, du fait de chroniques de calage trop courtes (sous-bassins à l'amont du Pont de Chabottes)

2

Détermination des débits par modélisation pluie-débit

2.1 Etapes de la modélisation

L'utilisation de la modélisation pluie-débit pour la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée repose sur les étapes suivantes :

1. Construction de modèles pluie-débit pour chaque sous bassin versant analysé en intégrant la superficie, les données de pluviométrie et d'évapotranspiration, ainsi que les prélèvements et rejets tels que caractérisés lors des Phases 1 & 2 de la présente étude ;
2. Calage des paramètres des modèles hydrologiques ;
3. Une fois les modèles calés de manière satisfaisante, nouvelle simulation du cycle hydrologique sur la période 2000-2009 sur les bassins versants étudiés, en ne considérant plus les prélèvements et rejets tels que caractérisés lors des Phases 1 et 2 de la présente étude ;
4. Comparaison des séries temporelles et des valeurs caractéristiques d'étiage issues des simulations avec et sans intégration des prélèvements et rejets.

2.2 Description du modèle hydrologique

La modélisation hydrologique sur le bassin versant du Drac Amont a été réalisée avec le modèle hydrologique NAM, module du code de calcul MIKE11, développé par le Danish Hydraulic Institute (DHI).

NAM est un modèle conceptuel du volet terrestre du cycle hydrologique. Il permet de simuler les processus pluie-ruissellement à l'échelle d'un bassin versant, en intégrant la problématique des écoulements souterrains. NAM est un modèle du type conceptuel, déterministe, exigeant peu de données en entrée.

NAM simule le processus pluie-débit pour les bassins versants. Il fonctionne en tenant compte simultanément du niveau d'eau de cinq différents réservoirs interconnectés qui caractérisent les éléments du bassin versant :

- la surface du sol ;
- la zone racinaire ;
- un premier niveau de réservoir d'eaux souterraines ;
- un deuxième niveau de réservoir d'eaux souterraines.

Les données d'entrée du modèle sont les suivantes :

- précipitation ;
- évapotranspiration potentielle ;
- enregistrements hydrométriques pour caler le modèle.

A partir des données introduites, le modèle permet d'accéder à divers résultats :

- les débits de ruissellement ;
- la hauteur d'eau disponible dans les divers réservoirs ;
- certaines informations sur le cycle hydrologique telles que la variation temporelle du taux d'humidité du sol et la recharge des eaux souterraines.

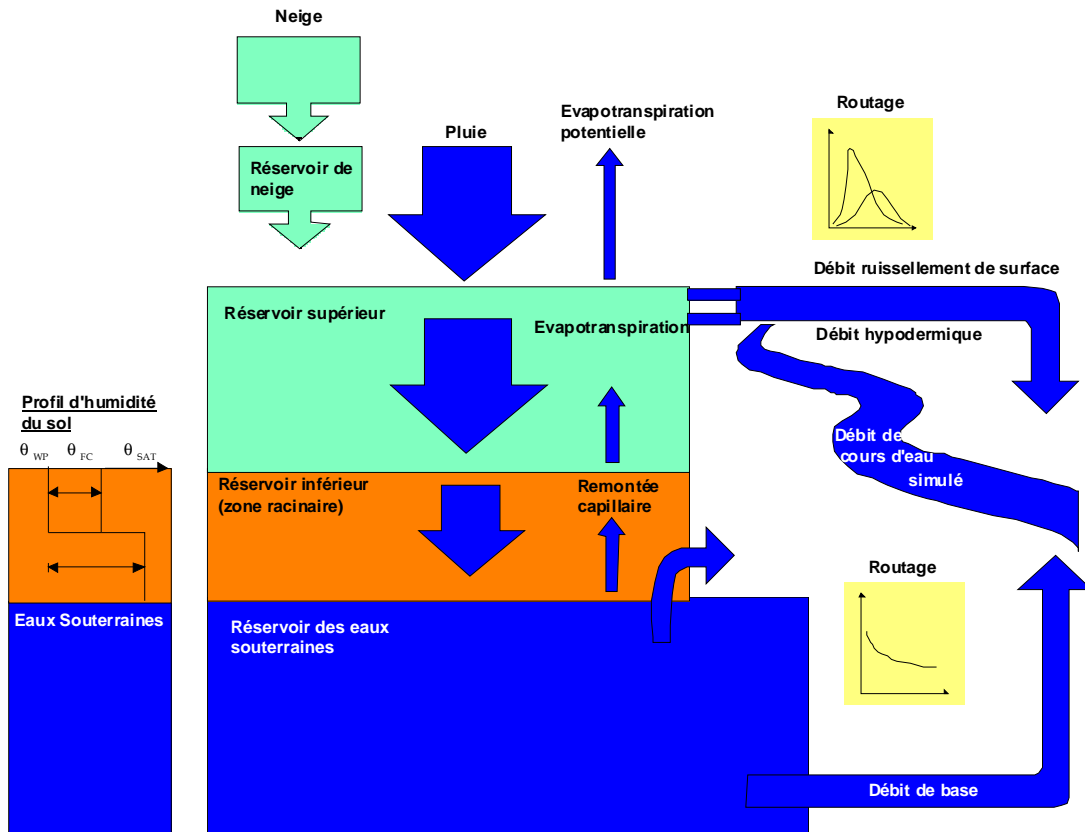


Figure 1 : Schéma conceptuel des processus hydrologiques modélisés dans NAM

2.3 Données d'entrée du modèle

Les données d'entrée requises pour la modélisation pluie-débit sont détaillées ci-dessous.

2.3.1 Bassins versants

L'approche retenue pour la modélisation pluie-débit est de considérer chaque bassin versant de manière globale, c'est-à-dire de sa source jusqu'à l'exutoire constitué par une station hydrométrique. Les bassins versants sont donc imbriqués les uns dans les autres à mesure que l'on s'approche de l'aval.

Les bassins versants retenus pour l'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants considérés pour la modélisation pluie-débit

Nom du bassin versant	Superficie (km ²)	Exutoire
Le Drac à Corps (Le Sautet)	1019	Station hydrométrique EDF
Le Drac au pont de Guinguette	516	Station hydrométrique EDF
Le Drac au pont de Chabottes	253	Pont de Chabottes
Le Drac à Saint-Jean-Nicolas (Les Ricous)	207	Station hydrométrique SRAE CLEDA
Le Drac Blanc à Champoléon (Pont de Corbière)	103	Station hydrométrique SRAE CLEDA
Le Drac Noir Orcières (Les Tourengs)	94	Station hydrométrique SRAE CLEDA
La Souloise au pont de l'Infernet	171	Station hydrométrique EDF
La Souloise à Saint-Étienne-en-Dévoluy	40	Station hydrométrique DREAL
La Séveraisse à Villar Loubière	130	Station hydrométrique EDF DREAL

En entrée de la modélisation, les bassins versants sont décrits par leur superficie et leur hypsométrie.

Les courbes hypsométriques ainsi que les altitudes moyennes de chaque bassin versant sont présentés ci-dessous :

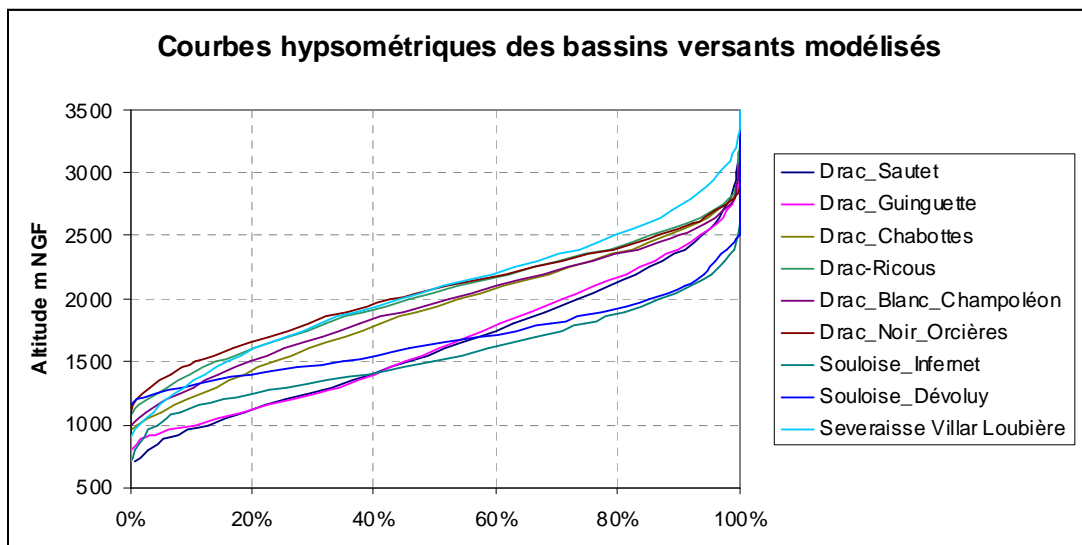
**Figure 2 : Courbes hypsométriques des bassins versants modélisés**

Tableau 2 : Altitude moyenne des bassins versants modélisés

Bassin versant	Altitude moyenne (m NGF)
Drac_Sautet	1677
Drac_Guinguette	1698
Drac_Chabottes	1958
Drac-Ricous	2070
Drac_Blanc_Champoléon	1987
Drac_Noir_Orcières	2093
Souloise_Infernet	1603
Souloise_Dévoluy	1722
Séveraisse Villar Loubière	2107

2.3.2 Données pluviométriques

Les données pluviométriques utilisées pour alimenter le modèle pluie-débit ont été acquises auprès de Météo France au pas de temps journalier sur la période 2000-2009 pour les stations pluviométriques suivantes :

Tableau 3 : Liste des stations pluviométriques utilisées

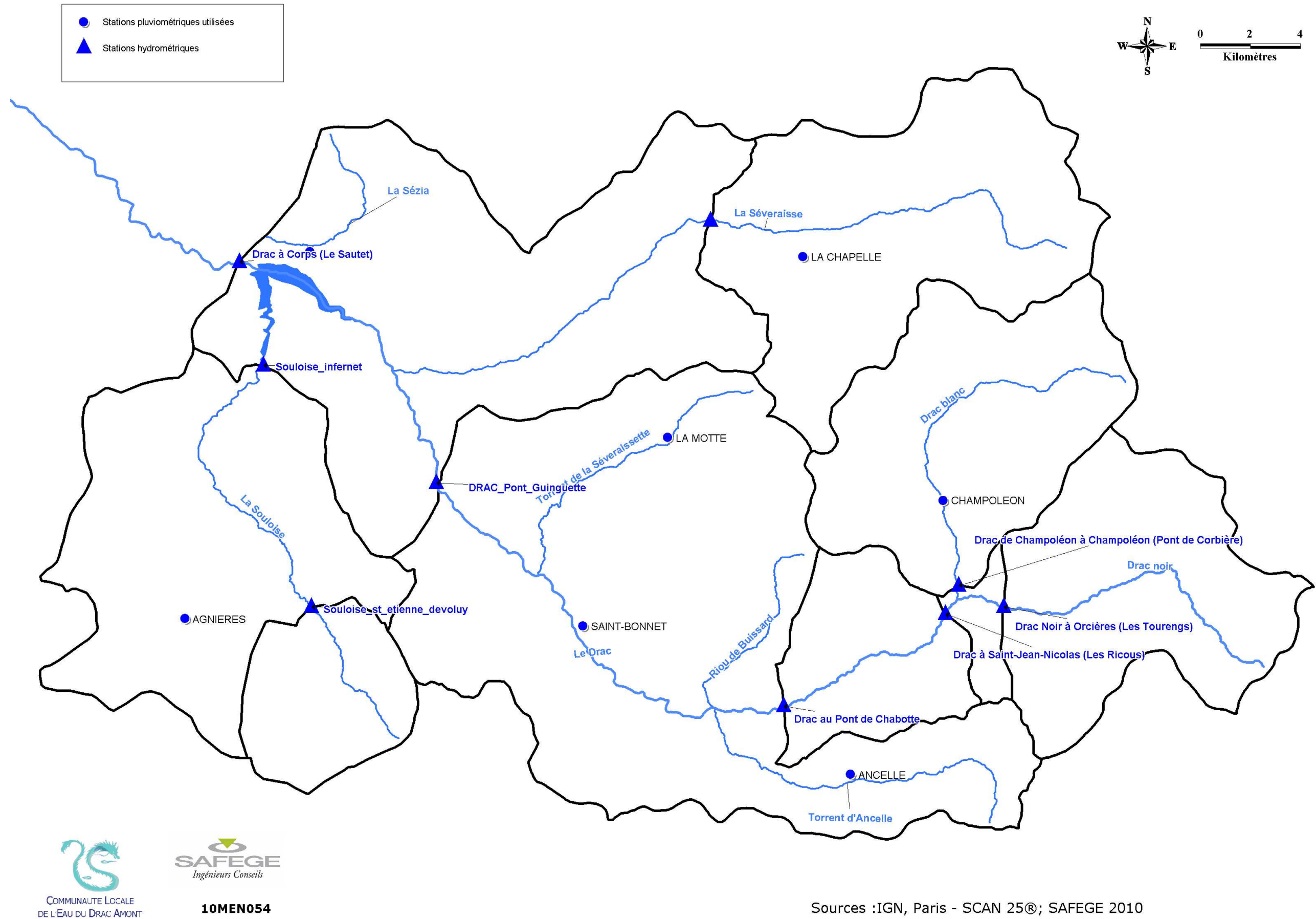
Code station	Commune	Lieu-dit	Altitude	Date de mise en service	Chronique utilisée
5002001	Agnières en Dévoluy	La Combe	1262 m NGF	1931	2000-2009
5004001	Ancelle	Le Village	1345 m NGF	1951	2000-2009
5032002	Champoléon	EDF Les Borels	1275 m NGF	1955	2000-2009
5064001	La Chapelle en Valgaudemar	Les Portes	1270 m NGF	1955	2000-2009
5090002	La Motte en Champsaur	Mounes	1250 m NGF	1958	2000-2009
5132001	Saint-Bonnet en Champsaur	Agence EDF	1020 m NGF	1985	2000-2009
38128001	Corps	Gendarmerie	935 m NGF	1955	2000-2009

Les sites retenus sont ceux toujours en activité et offrent la meilleure représentativité de la répartition des pluies au sein des bassins versants modélisés.

La répartition spatiale de la pluviométrie à partir des postes de mesure s'est faite par la combinaison de deux méthodes de spatialisation de la donnée :

- Méthode des polygones de Thiessen pour la définition de la pluie moyenne par sous-bassin versant modélisé
- Au sein de chaque sous-bassin versant, application d'un gradient altimétrique à la pluviométrie, à partir de l'hypsométrie du bassin considéré et de l'altitude de la station pluviométrique de référence. Le gradient retenu est une augmentation de 2% de la pluviométrie pour 100 m d'élévation.

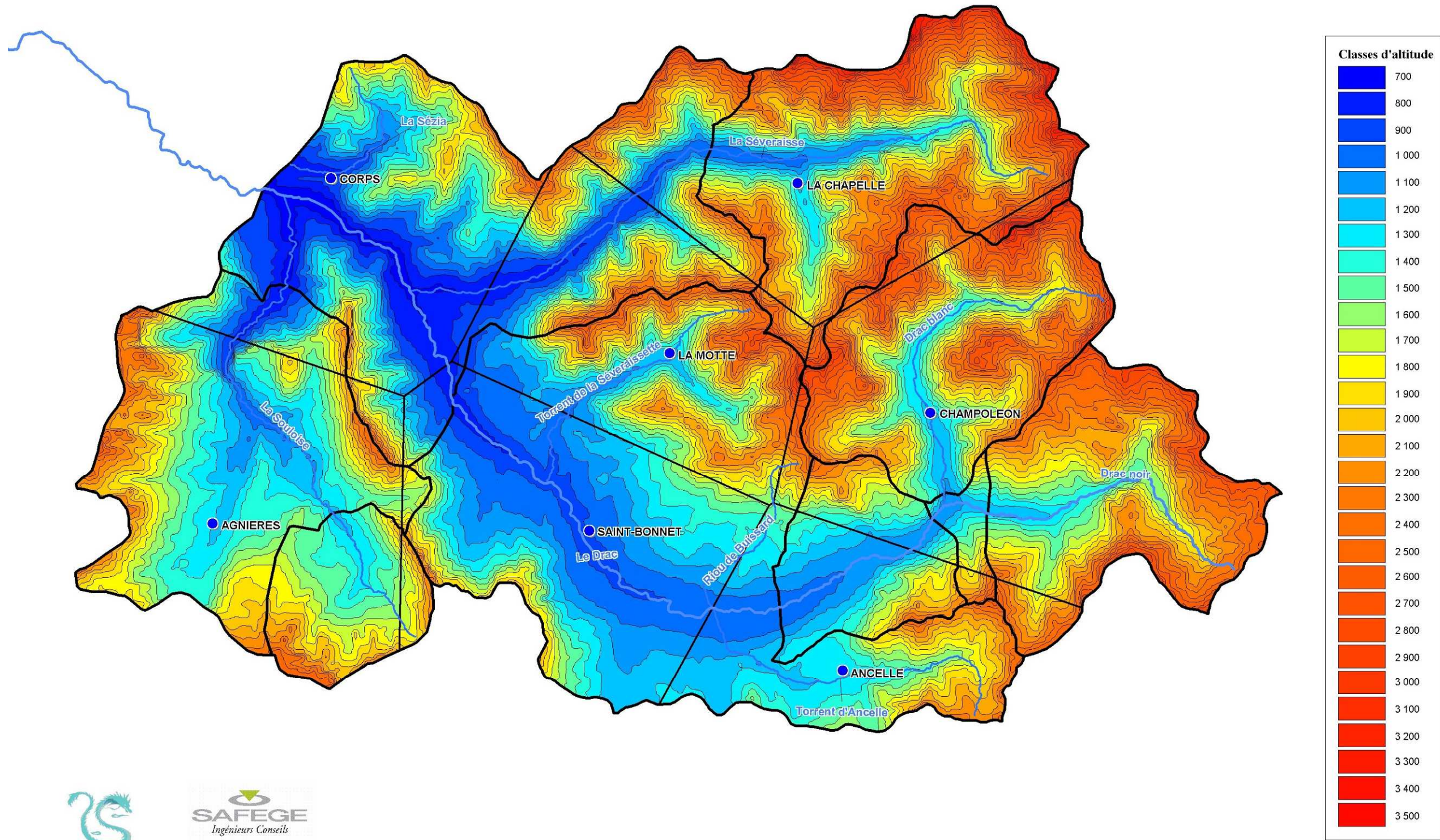
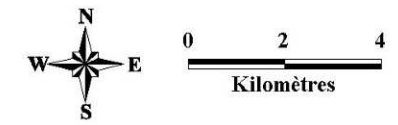
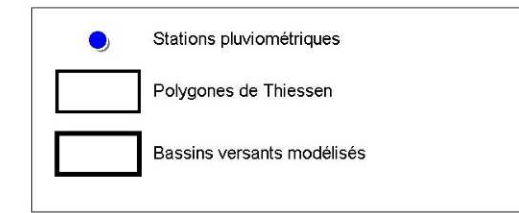
Les cartes des bassins versants considérés pour la modélisation pluie-débit sont présentées en page suivante.



10MEN054

Sources :IGN, Paris - SCAN 25®; SAFEGE 2010

Figure 3 : Carte des bassins versants considérés pour la modélisation pluie-débit et localisation des stations pluviométriques et hydrométriques retenues



Sources :IGN, Paris - SCAN 25®; SAFEGE 2010

Figure 4 : Carte de l'hypsométrie des bassins versants du Drac Amont

2.3.3 Données d'Evapotranspiration Potentielle

NAM nécessite l'introduction de données d'évapotranspiration potentielle (ETP) afin de calculer la part des précipitations et du stockage surfacique soustrait au complexe eaux de surface / eaux souterraines pour retourner à l'atmosphère.

Les données d'ETP Penman mesurées à Lus la Croix Haute ont donc été acquises auprès de Météo France au pas de temps décadaire sur la période 2000-2009, et appliquées à l'ensemble du bassin versant du Drac Amont. La transformation des données d'ETP décadaire en valeurs journalières s'est faite en considérant une ETP journalière constante sur chaque décade.

2.3.4 Données de température

NAM nécessite l'introduction de données de température qui, couplées aux données pluviométriques et à l'hypsométrie des bassins versant, permettent de prendre en compte le fonctionnement d'un réservoir neige dans la formation des débits.

Les données collectées de mesure de la température sont les suivantes :

- Au pas de temps mensuel :

Tableau 4 : Données de température disponibles au pas de temps mensuel

Code station	Commune	Altitude (m)	Chronique de mesure disponible
05004001	Ancelle	1345	1961-1967
05032002	Champoléon	1275	1951-1972
05064001	Chapelle en Valgaudemar	1270	1951-2010
05090001	Motte Dalmas	1100	1961-1967
05096001	Orcières	1415	1951-2006
38299002	Pellafol Sautet	800	1984-2010
05132001	Saint-Bonnet Champsaur	1020	1986-2007
05139002	Saint-Etienne en Dévoluy	1300	1986-2010
05142001	Saint-Firmin	950	1951-2010
05182001	Villar Loubière	1072	1986-2010
05145002	Saint Jean Saint Nicolas	1210	2003-2010

- Au pas de temps journalier :

Tableau 5 : Données de température disponibles au pas de temps journalier

Code station	Commune	Chronique de mesure disponible
05064001	La Chapelle en Valgaudemar	1951-2010
05132001	Saint-Bonnet Champsaur	1986-2007
26168001	Lus la Croix Haute	2000 -2010

La méthode de construction de chroniques de températures moyennes au pas de temps journalier, pour chaque bassin versant modélisé, a été la suivante :

1. Extension de la série journalière de Saint-Bonnet-en-Champsaur jusqu'en 2009, à partir d'une corrélation avec la série de Lus la Croix Haute ;
2. Construction de chroniques au pas de temps journalier sur les 11 stations mensuelles, à partir de corrélations effectuées au pas de temps mensuel avec les stations de La Chapelle en Valgaudemar et Saint-Bonnet Champsaur ;
3. Spatialisation des chroniques créées au sein de chaque bassin versant par application de la méthode des polygones de Thiessen ;
4. Au sein de chaque sous-bassin versant, application d'un gradient altimétrique aux températures, à partir de l'hypsométrie du bassin considéré. Le gradient retenu est une diminution de 0,4 à 0,6 °C pour 100 m d'élévation.

2.3.5 Données de neige

Le code de calcul NAM intègre un module neige « automatique ». Il s'agit d'un « stock » de neige, défini au préalable par des conditions initiales, puis régulé par des entrées et sorties contrôlées au pas de temps journalier par la pluviométrie, la température, et l'hypsométrie.

Au-delà des conditions initiales (qui ne sont influentes que sur la 1ère année de simulation), le modèle ne nécessite donc pas d'acquérir directement les données météorologiques décrivant le couvert neigeux.

2.3.6 Données hydrométriques

Les enregistrements de débits journaliers au droit des stations hydrométriques constituant les exutoires des 9 bassins versants analysés ont été transmis par la CLEDA.

Les chroniques de débit ont été utilisées pour le calage du modèle pluie-débit à l'exutoire de chaque bassin versant.

Tableau 6 : Liste des stations hydrométriques utilisées pour le calage du modèle pluie-débit

Nom du bassin versant	Station hydrométrique	Série disponible	Série utilisée	Longueur de la série
Le Drac à Corps (Le Sautet)	Drac- Sautet EDF	QJ1985-1993 et QJ 2005-2010	2005-2009	5 années
Le Drac au pont de Guinguette	Drac Pont de la guinguette EDF	QJ 1969-2010	2000-2009	10 années
Le Drac au pont de Chabottes	Drac Chabottes CLEDA	Jaugeages ponctuels 2007-2010		
Le Drac à Saint-Jean-Nicolas (Les Ricous)	Drac Ricous SRAE CLEDA	QJ 1972-1982; QJ 2007-2010	2007-2010	3,5 années
Le Drac Blanc à Champoléon (Pont de Corbière)	Drac Blanc Pont de Corbières SRAE CLEDA	QJ 1989-1990; QJ 2007-2010	2007-2010	3,5 années
Le Drac Noir Orcières (Les Tourengs)	Drac Noir Tourengs SRAE CLEDA	QJ 1989-1990; QJ 2009-2010	2009-2010	1,5 années
La Souloise au pont de l'Infernet	Souloise - Infernet EDF	QJ 1969-2010	2000-2009	10 années
La Souloise à Saint-Étienne-en-Dévoluy	Souloise - Saint Etienne en Dévoluy DREAL	QJ 2000-2010	2000-2009	10 années
La Séveraisse à Villar Loubière	Séveraisse Villar Loubière EDF DREAL	QJ 1994-2010	2000-2009	10 années

2.3.7 Données sur les prélèvements / rejets

2.3.7.1 Cas général

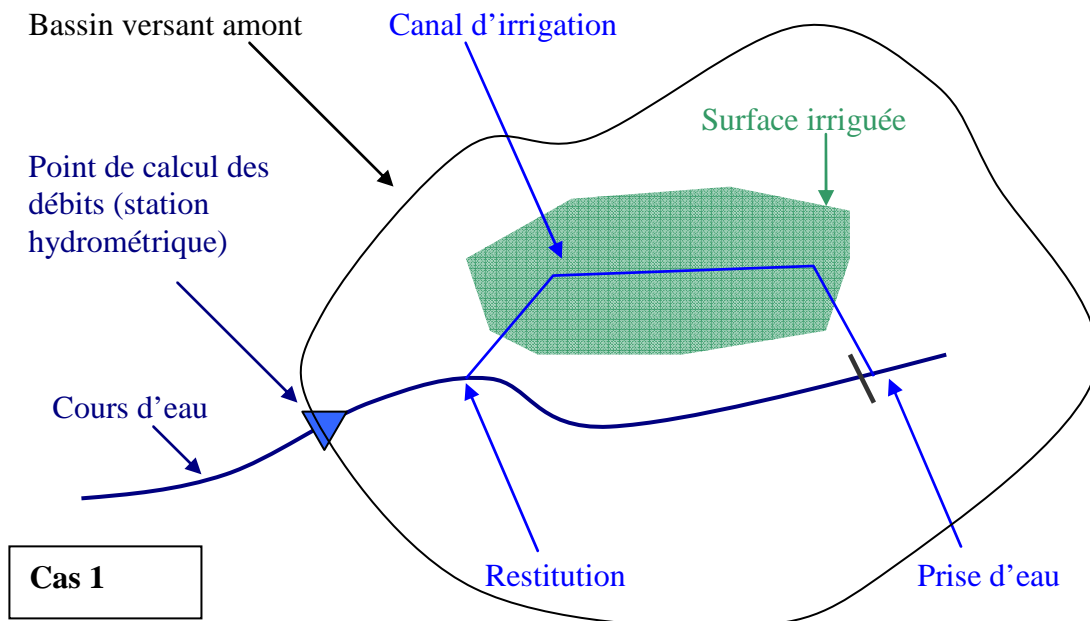
Les données de prélèvements et de rejets sont issues des investigations menées lors des phases 1 et 2 et synthétisées dans la Partie 2 du présent rapport. Comme décrit précédemment, les données ont généralement été collectées au pas de temps annuel, sauf pour les prélèvements à usage d'irrigation et certains prélèvements AEP pour lesquelles les données sont disponibles au pas de temps mensuel.

2.3.7.2 Cas des prélèvements des canaux d'irrigation

Les débits journaliers prélevés par les canaux d'irrigation au sein de chaque bassin versant modélisé ont été calculés selon deux méthodes, adaptées à chaque configuration rencontrée :

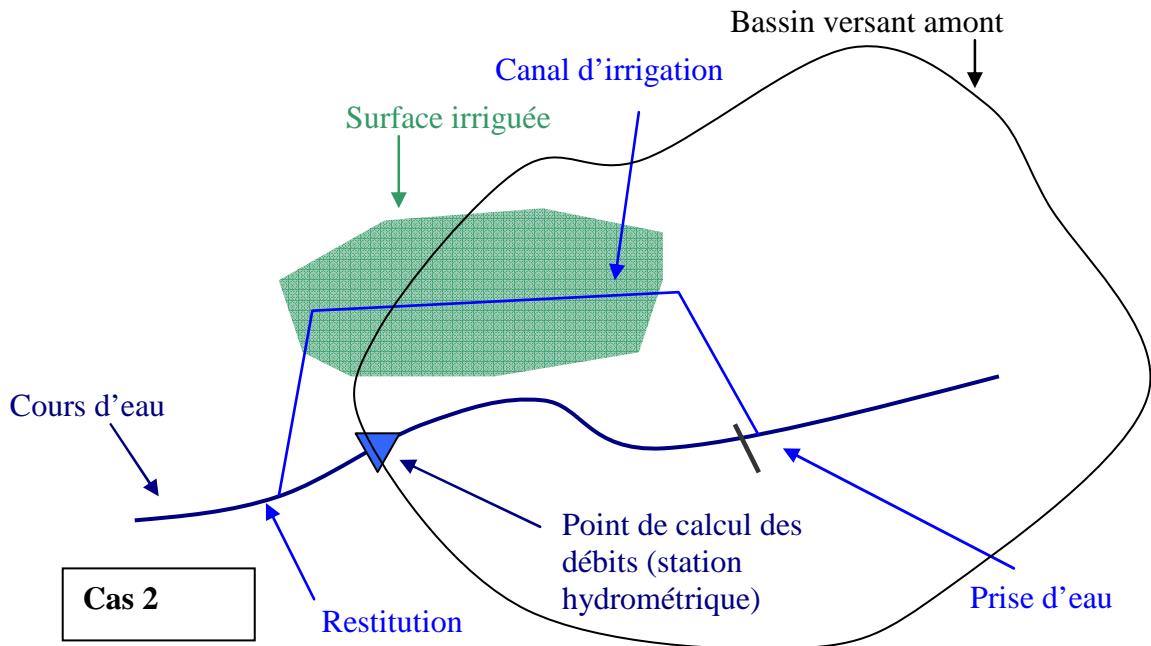
1. Cas 1 : La restitution du canal est située à l'amont du point de calcul

Dans ce cas, les débits journaliers prélevés pour l'irrigation ont été considérés comme les débits réellement consommés par les plantes, sur la base d'un bilan hydrique établi pour l'ensemble des surfaces irriguées par le canal. Les paramètres de calcul du bilan hydrique par type de culture sont détaillés dans le rapport de phase 2 de la présente étude.



2. Cas 2 : La restitution du canal est située à l'aval du point de calcul

Dans ce cas, les débits journaliers prélevés pour l'irrigation à l'amont du point de calcul ont été considérés comme la totalité des débits dérivés par le canal.



2.3.7.3 Construction d'une chronique journalière des prélèvements

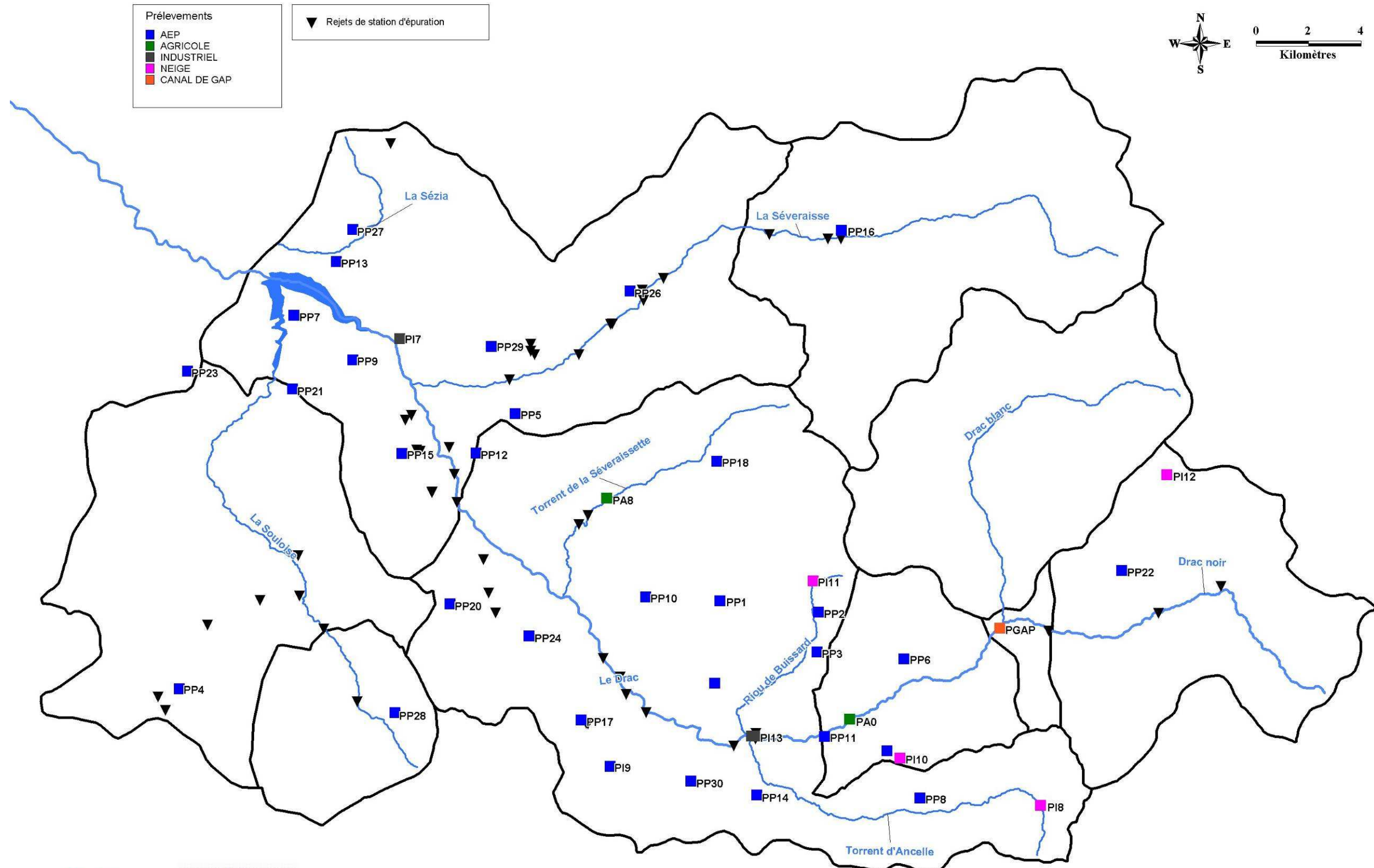
L'ensemble des données (prélèvements et rejets) est d'abord désagrégé au pas de temps journalier sur la période 2000-2009, à partir de la base de données sur les prélèvements et restitutions réalisée en phase 2. Ensuite, par le biais de requêtes spatiales sous SIG, tous les prélèvements et rejets sont identifiés à l'échelle des différents bassins versants considérés.

Enfin, les prélèvements sont sommés et les rejets soustraits au pas de temps journaliers de manière à constituer une chronique journalière des prélèvements pour chaque bassin versant.

Le détail de la constitution d'une chronique de prélèvements –restitution est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Détail de constitution d'une chronique journalière des prélèvements et rejets pour les besoins de la modélisation pluie-débit

Prélèvements- restitution	Source	Note
Prélèvements AEP annuels	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Prélèvements AEP mensuels	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Prélèvements agricoles collectifs mensuels	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Prélèvements agricoles individuels mensuels	Établissement du bilan hydrique des surfaces irriguées	
+ Prélèvements mensuels du canal de Gap	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Prélèvements annuels pour la neige de culture	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Prélèvements annuels pour l'hydroélectricité	Base de données des prélèvements et rejets	
+ Autres prélèvements industriels annuels	Base de données des prélèvements et rejets	
- Pertes des réseaux AEP	30% x Prélèvements AEP	Considère un rendement moyen des réseaux de 70%
- Rejets STEP domestiques annuels	Base de données des prélèvements et rejets	Considère un taux de retour au milieu de 80% des eaux consommées (pour les foyers raccordés)
- Restitutions annuelles des canaux d'irrigation	Base de données des prélèvements et rejets	
- Restitutions annuelles des centrales hydroélectriques	Base de données des prélèvements et rejets	
- Rejets industriels annuels	Base de données des prélèvements et rejets	



Sources :IGN, Paris - SCAN 25®; SAFEGE 2010

Figure 5 : Carte de localisation des prélèvements et restitutions

2.3.8 Saisonnalité des prélèvements

La comparaison des débits mesurés dans le cours d'eau (débits « résiduels ») et des prélèvements au sein du bassin versant amont, à la station hydrométrique du Drac au Pont de Guinguette, appelle les observations suivantes :

- Les prélèvements présentent un pic en période estivale (juin à septembre) ;
- En régime influencé par les prélèvements, le Drac présente 2 périodes d'étiage : un étiage hivernal (de janvier à février) et un étiage estival (de août à septembre), que l'on suppose fortement accentué par les prélèvements.

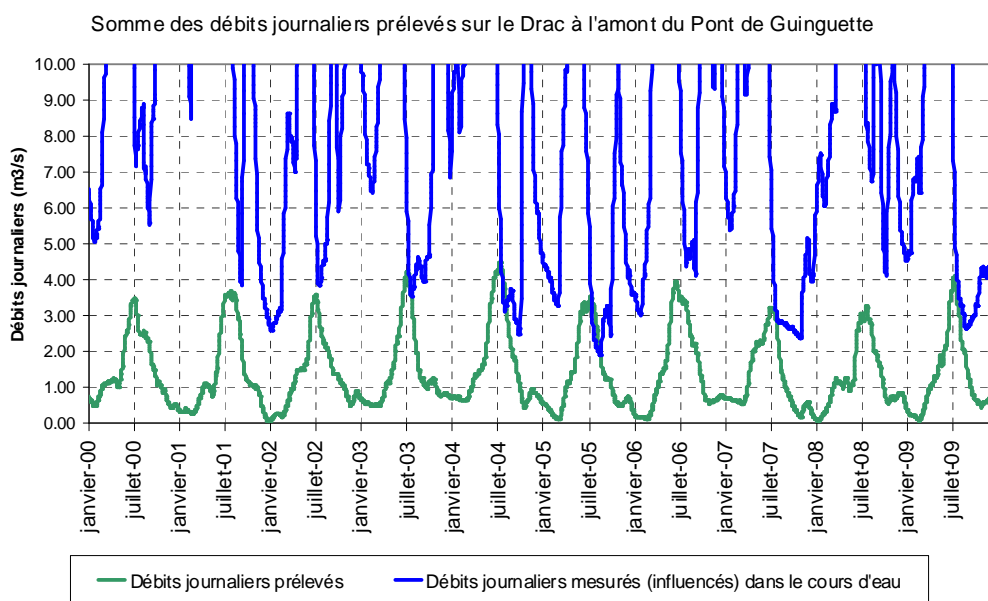


Figure 6 : Comparaison des chroniques de débits mesurés dans le cours d'eau et des débits prélevés à l'amont, sur le Drac au droit de la station du Pont de Guinguette

Ces observations montrent que la tension maximale sur la ressource se produit a priori en période estivale. Cette notion de saisonnalité est importante dans la suite de l'étude, qui devra s'intéresser particulièrement à la période de juin à septembre, dans le cadre de la quantification de la ressource en eau et de la définition des débits caractéristiques.

2.4 Calage du modèle hydrologique

2.4.1 Principe du calage

- Le calage des modèles hydrologiques a été réalisé sur la période 2000-2009. Les modèles hydrologiques ont été calés pour chaque bassin versant en utilisant tout d'abord la fonction d'autocalage de NAM (recherche itérative de la meilleure solution numérique de l'ensemble des paramètres pour maximiser la vraisemblance entre les débits mesurés et simulés). Une fois l'autocalage terminé, le calage a été affiné par une modification « manuelle » et ponctuelle des paramètres afin de valoriser au mieux la meilleure reproduction par le modèle de la forme de la chronique des débits mesurée sur la période 2000-2009 : le calage s'est particulièrement intéressé aux périodes d'étiage, en maximisant la vraisemblance des pentes de tarissement des modèles et la présence/absence d'assecs.
- La mesure de la qualité du calage du modèle s'est faite en utilisant le critère de Nash (E). Ce critère adimensionnel a été proposé par Nash et Sutcliffe (1970). Il est défini par :

$$E = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2} \right) \cdot 100$$

où Q_i et \hat{Q}_i sont respectivement les débits observé et calculé durant la période de calage; et \bar{Q}_i est la moyenne des débits observés en calage.

Si $E = 100\%$, l'ajustement est parfait, par contre si $E < 0$, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

- Le critère de Nash a été calculé et maximisé pour l'ensemble de la chronique, ainsi que pour l'ensemble des débits inférieurs à la moitié du module simulé, afin de reproduire au mieux les faibles débits.

2.4.2 Résultats du calage

Les résultats du calage sont présentés ci-dessous pour les différents bassins versants.

Les graphes ci-dessous présentent une comparaison des débits mesurés aux stations hydrométriques et des débits simulés par le modèle pluie-débit à l'issue du processus de calage. Les tableaux présentent une comparaison des débits simulés et observés (influencés) ainsi qu'une mesure de l'erreur relative.

Les débits statistiques mentionnés sont définis dans la suite du document.

2.4.2.1 Bassin versant du Drac à Corps (Le Sautet)

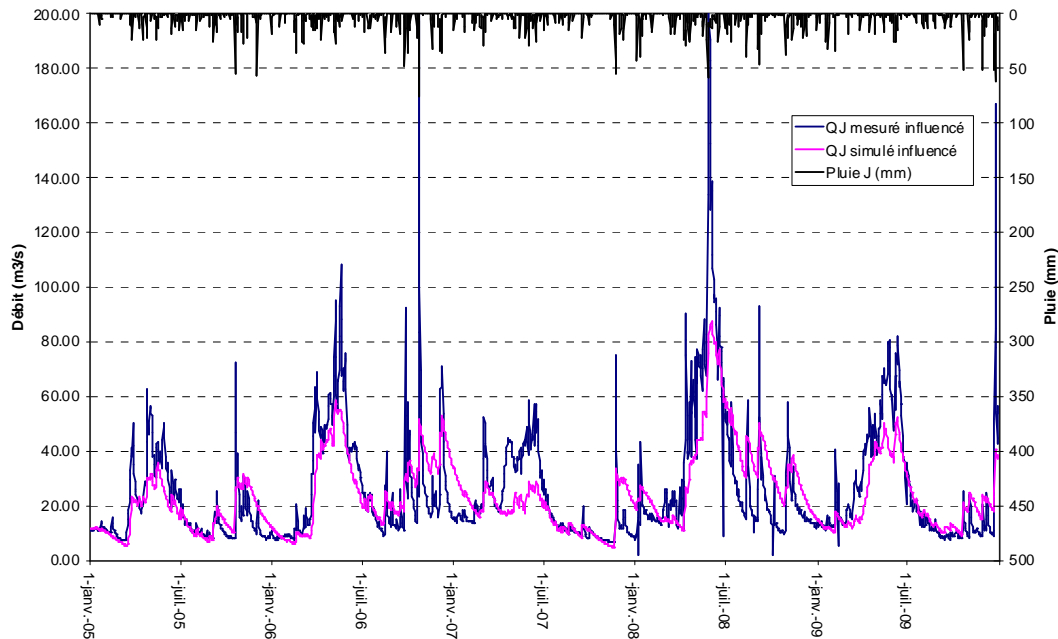


Figure 7 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac à Corps, sur la série 2005-2009

Tableau 8 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur le Drac à Corps, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2005-2009, et critères de Nash

Paramètre	Module	QMNA 5	VCN 10 5	VCN 3 5
Valeur mesurée (m3/s)	25.8	8.1	6.9	6.8
Valeur simulée (m3/s)	24.9	7.8	5.4	5.2
Erreur relative	-3%	-3%	-27%	-30%
Critère de Nash série complète		0.54		
Critère de Nash étiage (<50% module)		0.59		

Le modèle reproduit assez bien les débits moyens et mensuels minimaux. Il a tendance à sous-estimer les VCN, de l'ordre de 30%. Un meilleur calage sur les VCN n'a pas été possible sans dégradation de la qualité de la représentation du module et des débits mensuels. Nous avons donc choisi de retenir ce calage, assez performant pour les QMNA.

2.4.2.2 Bassin versant du Drac au Pont de Guinguette

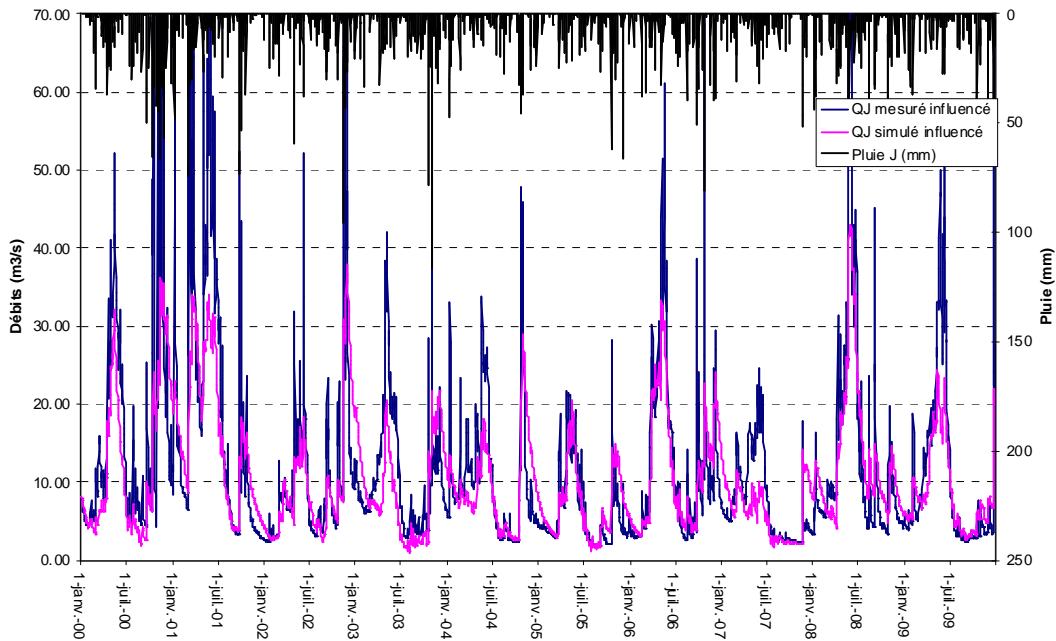


Figure 8 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac au Pont de Guinguette, sur la série 2000-2009

Tableau 9 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur le Drac au Pont de Guinguette, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash

Paramètre	Module	QMNA 5	VCN 10 5	VCN 3 5
Valeur mesurée (m3/s)	12.2	2.5	2.2	2.2
Valeur simulée (m3/s)	10.5	2.4	2.0	1.7
Erreur relative	-14%	-5 %	-9%	-23%
Critère de Nash série complète			0,53	
Critère de Nash étiage (<50% module)			0,64	

Le modèle reproduit assez bien les débits mensuels minimaux ainsi les débits moyens minimaux sur 10 jours (VCN 10). Il a tendance à sous-estimer le module, de l'ordre de 14%, ainsi que les VCN 3 (de 23%).

2.4.2.3 Bassin versant du Drac au Pont de Chabottes

Nous ne disposons sur ce bassin versant que d'une série de 37 jaugeages ponctuels effectués par la CLEDA entre 2007 et 2010. Du fait de l'absence d'une chronique de mesure au pas de temps journalier, il a été impossible de construire et caler un modèle pluie-débit sur ce bassin versant.

La détermination des débits caractéristiques en ce point a donc été réalisée par une méthodologie différente, décrite dans la suite de ce document.

2.4.2.4 Bassin versant du Drac à Saint Jean-Saint Nicolas (Les Ricous)

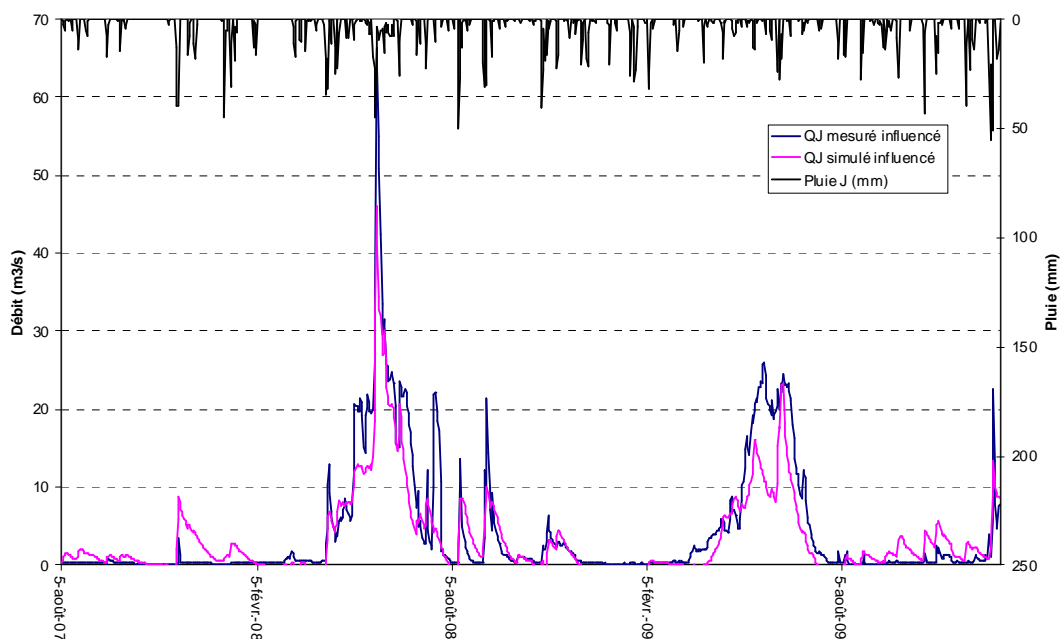


Figure 9 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac aux Ricous, sur la série 2008-2009

La modélisation pluie-débit à la station des Ricous n'a pas permis de reproduire de façon satisfaisante les débits observés. En dépit de nombreuses tentatives de calage, les écarts entre débits simulés et débits observés sont restés trop importants pour considérer les résultats du modèle comme étant fiables.

Plusieurs paramètres peuvent expliquer cet écueil de la modélisation :

- Une série pluviométrique trop courte (2008-2009) pour autoriser un bon calage du modèle. A noter que pour les Ricous, il existe une chronique de débits journaliers sur la période 1972-1982, qui n'a pas pu être utilisée, du fait du manque de fiabilité des mesures, et de la difficulté à obtenir sur cette période les données de prélèvements du canal de Gap ;

- Un comportement particulier du Drac sur le tronçon proche de la station, où l'on observe une infiltration significative des eaux superficielles vers la nappe d'accompagnement.

2.4.2.5 Bassin versant du Drac Blanc à Champoléon

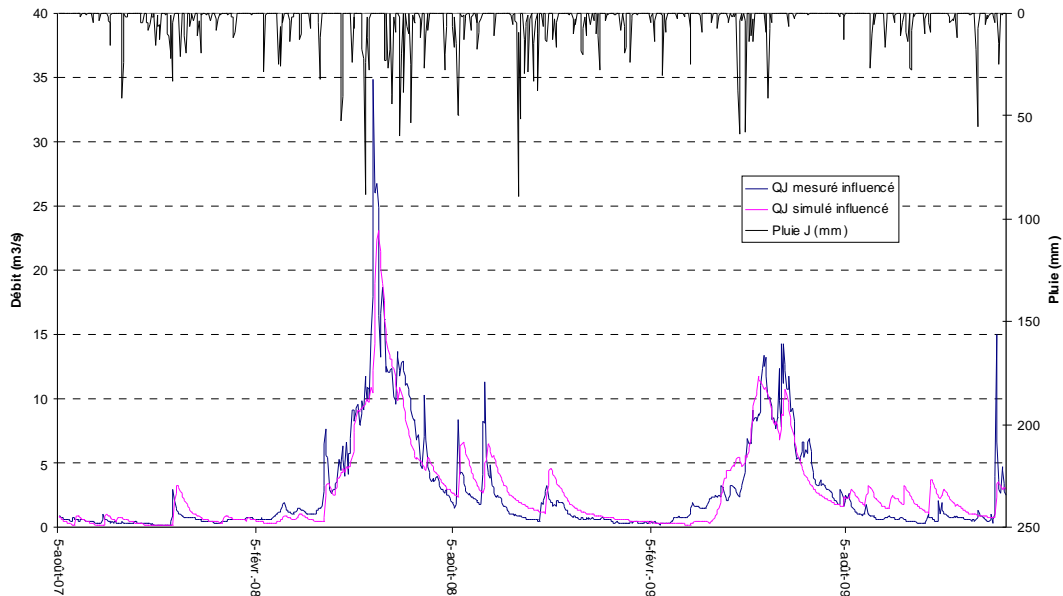


Figure 10 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac Blanc à Champoléon, sur la série 2007-2009

De la même façon, du fait d'une chronique de calage trop courte, nous ne sommes pas parvenus à obtenir des résultats satisfaisants par une modélisation pluie-débit.

2.4.2.6 Bassin versant du Drac Noir à Orcières

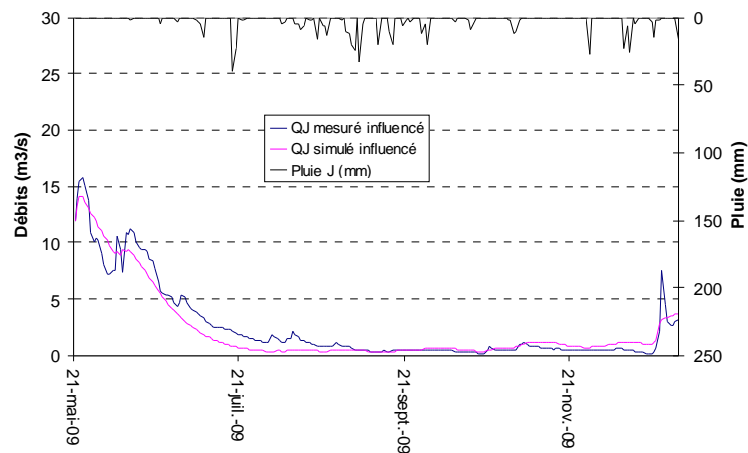


Figure 11 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant du Drac Noir à Orcières, sur l'année 2009

Nous ne disposons sur cette station que d'une chronique inférieure à 1 année, insuffisante à la modélisation pluie-débit.

2.4.2.7 Bassin versant de la Souloise au Pont de l'Infernet

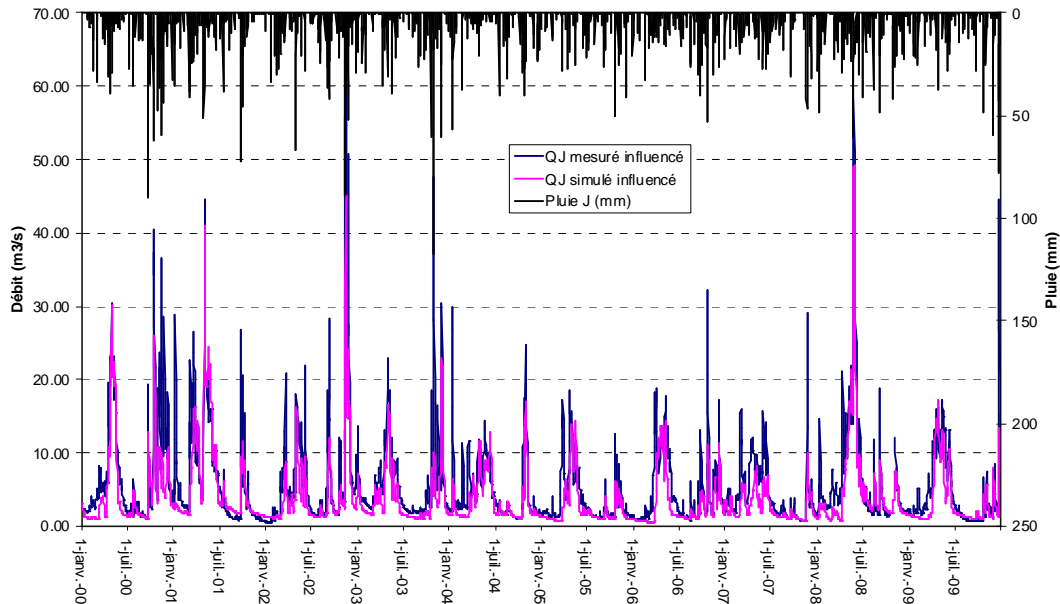


Figure 12 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Souloise au Pont de l'Infernet, sur la série 2000-2009

Tableau 10 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Souloise au Pont de l'Infernet et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash

Paramètre	Module	QMNA 5	VCN 10 5	VCN 3 5
Valeur mesurée (m3/s)	5.508	0.833	0.678	0.667
Valeur simulée (m3/s)	3.994	0.952	0.750	0.667
Erreur relative	-27%	14%	13%	12%
Critère de Nash série complète			0.67	
Critère de Nash étiage (<50% module)			0.96	

Le modèle est relativement bien calé sur les débits d'étiage (écart inférieurs à 14%). Il n'a pas été possible d'obtenir une bonne représentation du module.

2.4.2.8 Bassin versant de la Souloise à Saint Etienne en Dévoluy

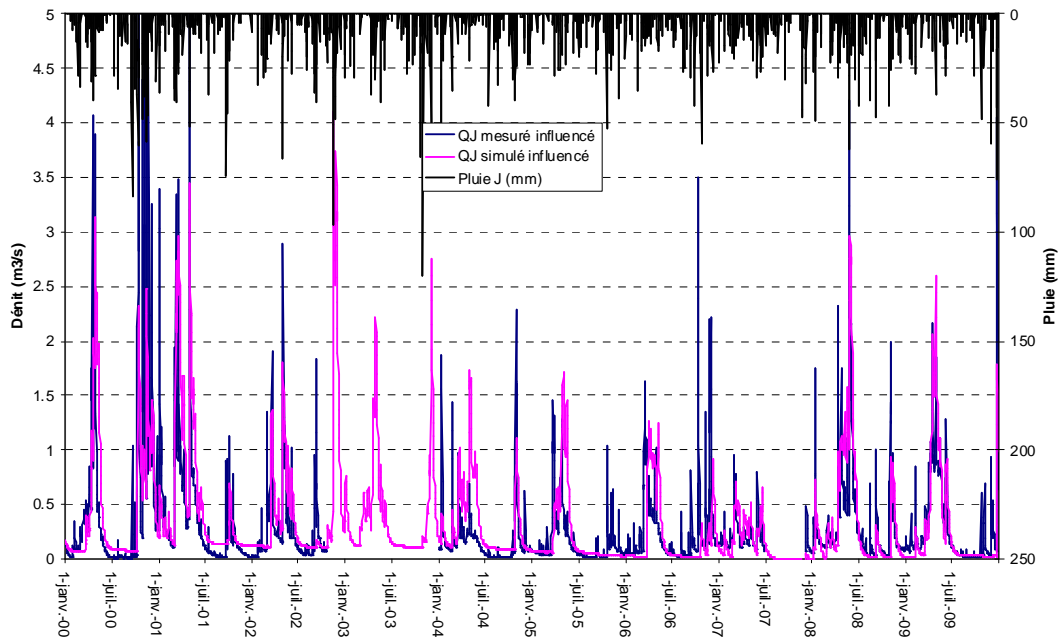


Figure 13 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy, sur la série 2000-2009

Tableau 11 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash

Paramètre	Module	QMNA 5	VCN 10 5	VCN 3 5
Valeur mesurée (m3/s)	0.307	0.017	0.011	0.009
Valeur simulée (m3/s)	0.346	0.018	0.008	0.005
Erreur relative	13 %	11 %	-23%	-50 %
Critère de Nash série complète		0,52		
Critère de Nash étiage (<50% module)		0,88		

Le modèle reproduit de façon satisfaisante les débits moyens (annuels et mensuels). En ce qui concerne les étiages les plus sévères, le modèle sous-estime les débits. Il faut toutefois noter que, dans un contexte d'assèchement presque complet du cours d'eau, l'erreur relative pouvant paraître importante sur les VCN ne représente en réalité que quelques litres par seconde, soit la limite de précision du modèle.

2.4.2.9 Bassin versant de la Séveraisse à Villar-Loubière

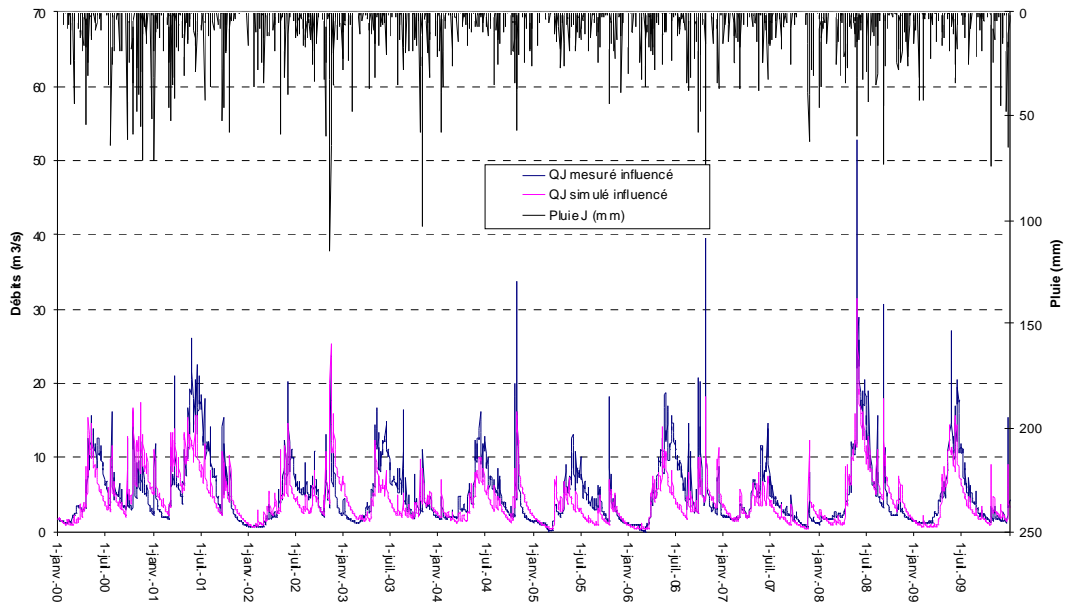


Figure 14 : Comparaison des débits influencés simulés à l'issue du calage et mesurés pour le bassin versant de la Séveraisse à Villar Loubière, sur la série 2000-2009

Tableau 12 : Comparaison des débits influencés caractéristiques mesurés sur la Séveraisse à Villar Loubière, et simulés par le modèle pluie-débit sur la période 2000-2009, et critères de Nash

Paramètre	Module	QMNA 5	VCN 10 5	VCN 3 5
Valeur mesurée (m3/s)	5.020	0.830	0.316	0.202
Valeur simulée (m3/s)	4.235	0.764	0.520	0.477
Erreur relative	-16%	-8%	64%	112%
Critère de Nash série complète		0.83		
Critère de Nash étiage (<50% module)		0.92		

Le modèle représente assez bien les QMNA. Le module est légèrement sous-estimé. Les VCN sont en revanche plus difficiles à simuler. Malgré les diverses tentatives de calage, le modèle sous-estime le tarissement du cours d'eau pouvant se produire à l'échelle de quelques jours.

2.4.3 Conclusions

Les résultats du calage sont présentés ci-dessous :

Tableau 13 : Résultats du calage du modèle pluie-débit

Cours d'eau	Lieu	Chronique de calage	Critère de Nash calculé sur la totalité de la chronique	Critère de Nash calculé sur les débits <50% du module	Erreur relative sur le module	Erreur relative sur le QMNA5	Conclusions	
DRAC	Corps (Le Sautet)	2005-2009	54%	59%	-3%	-3%	calage satisfaisant	
DRAC	Pont de Guinguette	2000-2009	53%	64%	-14%	4%	calage satisfaisant	
DRAC	Pont de Chabotte	jaugeages ponctuels	pas de chronique de calage					
DRAC	Saint-Jean-Nicolas (Les Ricous)	2008-2010	chronique de calage insuffisante					
DRAC BLANC	Champoleon (Pont de Corbière)	2007-2010	chronique de calage insuffisante					
DRAC NOIR	Orcières (Les Tourengs)	2009-2010	chronique de calage insuffisante					
SOULOISE	Infernet	2000-2009	67%	96%	-27%	14%	calage satisfaisant en étiage	
SOULOISE	Saint-Etienne-en-Devoluy	2000-2009	52%	88%	4%	11%	calage satisfaisant	
SEVERAISSE	Villar Loubière	2000-2009	83%	92%	-16%	8%	calage satisfaisant en étiage	

En conclusion, la modélisation pluie-débit a fourni des résultats exploitables pour les stations du Drac situées à l'aval du Pont de Chabottes, ainsi que la Souloise et la Séveraisse (uniquement en étiage pour cette dernière). Il s'agit des stations disposant de chroniques de calage suffisamment longues.

Pour les stations du Drac à l'amont du pont de Chabottes, le calage du modèle n'a pas pu être réalisé de manière satisfaisante, du fait :

- De chroniques de calage trop courtes ;
- De la difficulté de la bonne représentation spatiale de la pluviométrie en milieu montagneux (hétérogénéité due au relief et à l'exposition) ;
- Pour la station des Ricous, de la difficulté de représenter par la modélisation les pertes par infiltration dans le lit.

Il faut noter que, concernant la station du Drac aux Ricous, la chronique 1972-1982 n'a pas pu être utilisée, du fait du manque de fiabilité des mesures, et de la difficulté à obtenir sur cette période les données de prélèvements du canal de Gap.

Afin de pouvoir évaluer les débits statistiques désinfluencés des ces 4 stations « amont » du Drac, d'autres méthodes ont donc du être utilisées. Ces méthodes et leurs résultats sont présentés dans les chapitres qui suivent.

3

Détermination des débits par corrélation

3.1 Bassin versant du Drac à Saint Jean Saint Nicolas (Les Ricous)

Rappelons que nous ne disposons aux Ricous que d'une chronique de mesure limitée à 3 années (2008 à 2010).

Dans un premier temps, une corrélation a été recherchée entre les débits mesurés sur le Drac aux Ricous et ceux mesurés au Pont de Guinguette, station la plus proche disposant d'une chronique longue de débits.

Les débits naturels ont été reconstitués aux deux stations par ajout des prélèvements aux débits mesurés, puis comparés pour la chronique commune de mesure de 2007 à 2010. Les résultats sont présentés ci-dessous.

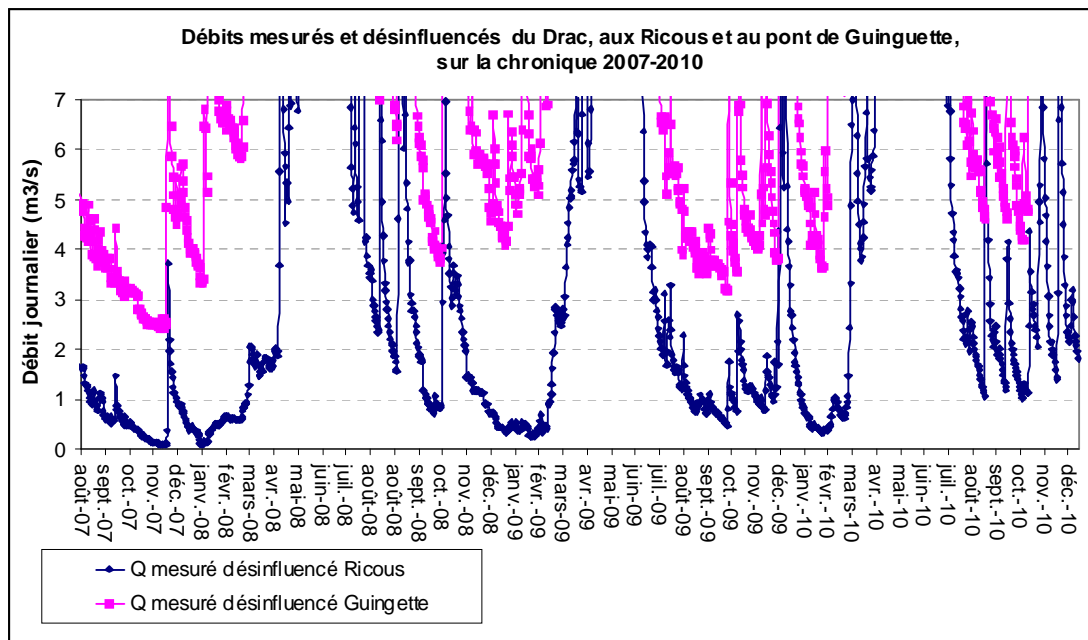


Figure 15 : Comparaison des chroniques de débits désinfluencés sur le Drac aux Ricous et au Pont de Guinguette, pour la période 2007-2010

Une corrélation entre les 2 stations a ensuite été cherchée pour les débits désinfluencés de basses eaux, c'est-à-dire inférieurs à 50% de la moyenne calculée sur la chronique 2007-2010 aux Ricous.

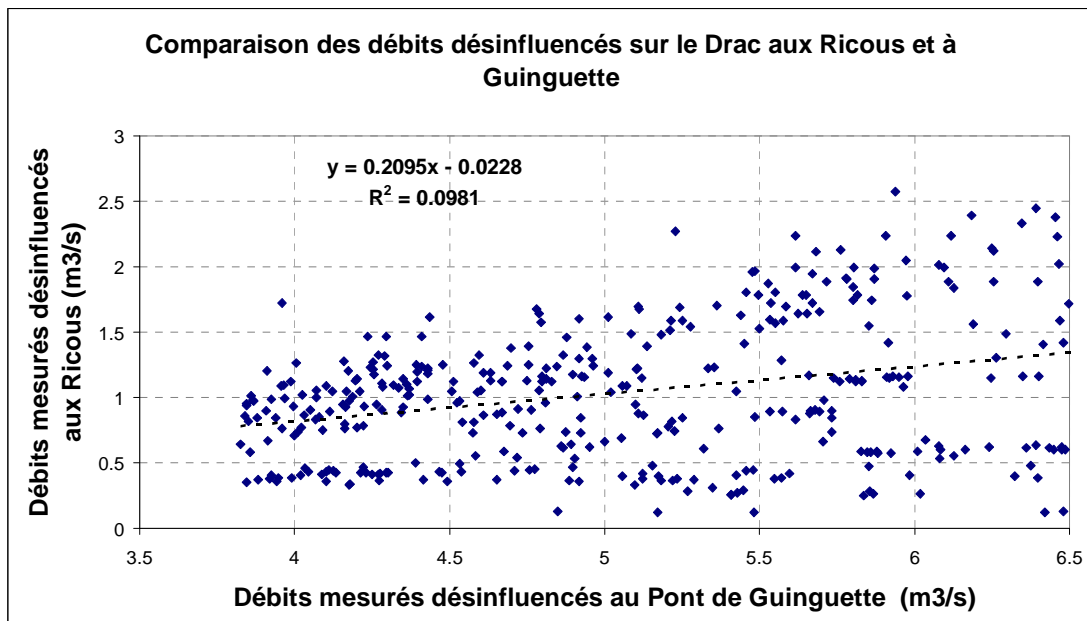


Figure 16 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basse s eaux), calculés aux Ricous et à Guinguette, sur la chronique 2007-2010

Les résultats de cette analyse montrent que, en période de basses eaux, les débits désinfluencés du Drac aux Ricous ne sont pas corrélés à ceux à la station du Pont de Guinguette. Cette absence de corrélation peut s'expliquer par le phénomène d'infiltration des eaux aux Ricous, les émergences à partir de Pont du Fossé, ainsi que par les apports de la Séveraissette entre les deux stations, qui peuvent réduire le caractère nival du régime du Drac.

Nous avons donc estimé que le calcul des débits caractéristiques naturels du Drac aux Ricous ne pouvait pas être réalisé par application de débits spécifiques calculés à l'aval, à la station du Pont de Guinguette.

La chronique de débits naturels reconstitués à la station du Drac au Pont de Guinguette a donc été utilisée par application d'une autre méthode :

- Le coefficient d'hydraulicité de la série 2008-2010, par rapport à la décennie complète, a été calculé sur la station du Drac Guinguette, pour chacun des débits caractéristiques désinfluencés (modules, QMNA, VCN) ;
- Les débits caractéristiques désinfluencés (modules, QMNA, VCN) ont été calculés à la station des Ricous par traitement des 3 années de la chronique disponible, de 2008 à 2010 ;

- A partir de ces valeurs, les débits caractéristiques désinfluencés aux Ricous ont été étendus à la décennie complète, par application du coefficient d'hydraulicité calculé à la Guinguette.

Remarque : le coefficient d'hydraulicité est ici défini comme le rapport entre le débit caractéristique mesuré sur une période donnée et ce même débit caractéristique mesuré sur une série plus longue.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac à la station des Ricous, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette

Débits caractéristiques désinfluencés	Série Guinguette 2000-2009	Série Guinguette 2008-2010	Coefficient d'hydraulicité (2008-2010)/(2000-2009) calculé à Guinguette	Série Ricous 2008-2010	Extension Ricous 2000-2009
VCN 3 (5 ans)	2.800 m ³ /s	3.398 m ³ /s	1.21	0.116 m ³ /s	0.095 m ³ /s
VCN 10 (5 ans)	2.878 m ³ /s	3.602 m ³ /s	1.25	0.140 m ³ /s	0.112 m ³ /s
QMNA moyen	4.122 m ³ /s	4.962 m ³ /s	1.20	0.382 m ³ /s	0.317 m ³ /s
QMNA5	3.215 m ³ /s	4.137 m ³ /s	1.29	0.340 m ³ /s	0.264 m ³ /s
QMNA2	3.997 m ³ /s	4.899 m ³ /s	1.23	0.380 m ³ /s	0.310 m ³ /s
module	13.621 m ³ /s	14.520 m ³ /s	1.07	6.384 m ³ /s	5.989 m ³ /s
1/10 module	1.362 m ³ /s	1.452 m ³ /s	1.07	0.638 m ³ /s	0.599 m ³ /s
Q50	9.140 m ³ /s	9.109 m ³ /s	1.00	2.333 m ³ /s	2.341 m ³ /s

3.2 Bassin versant du Drac à Champoléon

Rappelons que nous ne disposons sur le Drac Blanc que d'une chronique de mesure limitée à 3 années (2008 à 2010).

Nous avons vu précédemment que la chronique de débits journaliers du Drac à la station du Pont de Guinguette n'était pas significativement corrélée à celle du Drac aux Ricous. Nous supposons donc qu'elle l'est encore moins à celle du Drac Blanc, située à l'amont des Ricous.

Nous avons donc privilégié pour la reconstitution des débits caractéristiques naturels du Drac Blanc la méthode d'application d'un coefficient d'hydraulicité à la série 2008-2010, tel que décrit au paragraphe précédent.

Les résultats sont les suivants :

Tableau 15 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac Blanc à la station de Champoléon, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette

Débits caractéristiques désinfluencés	Série Guinguette 2000-2009	Série Guinguette 2008-2010	Coefficient d'hydraulicité (2008-2010)/(2000-2009) calculé à Guinguette	Série Drac Blanc 2008-2010	Extension Drac Blanc 2000-2009
VCN 3 (5 ans)	2.800 m3/s	3.398 m3/s	1.21	0.228 m3/s	0.188 m3/s
VCN 10 (5 ans)	2.878 m3/s	3.602 m3/s	1.25	0.279 m3/s	0.223 m3/s
QMNA moyen	4.122 m3/s	4.962 m3/s	1.20	0.469 m3/s	0.402 m3/s
QMNA5	3.215 m3/s	4.137 m3/s	1.29	0.380 m3/s	0.295 m3/s
QMNA2	3.997 m3/s	4.899 m3/s	1.23	0.460 m3/s	0.375 m3/s
module	13.621 m3/s	14.520 m3/s	1.07	3.545 m3/s	3.325 m3/s
1/10 module	1.362 m3/s	1.452 m3/s	1.07	0.354 m3/s	0.333 m3/s
Q50	9.140 m3/s	9.109 m3/s	1.00	1.664 m3/s	1.669 m3/s

3.3 Bassin versant du Drac Noir à Orcières

Nous ne disposons sur le Drac Noir que d'une chronique de mesure limitée à une période de 1,5 année, de l'été 2009 à fin 2010.

Il est donc impossible sur une période aussi courte de déterminer des valeurs statistiques d'étiage. La méthode précédemment employée d'application d'un coefficient d'hydraulicité ne peut être employée.

Nous avons donc recherché une éventuelle corrélation entre les chroniques de débits mesurés (et désinfluencés des prélèvements) entre le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, qui présentent des bassins versants assez proches géographiquement, et comparables en termes de superficie et d'hypsométrie.

Les résultats sont présentés ci-dessous.

On observe que les débits journaliers des Drac Blanc et Drac Noir sont relativement bien corrélés.

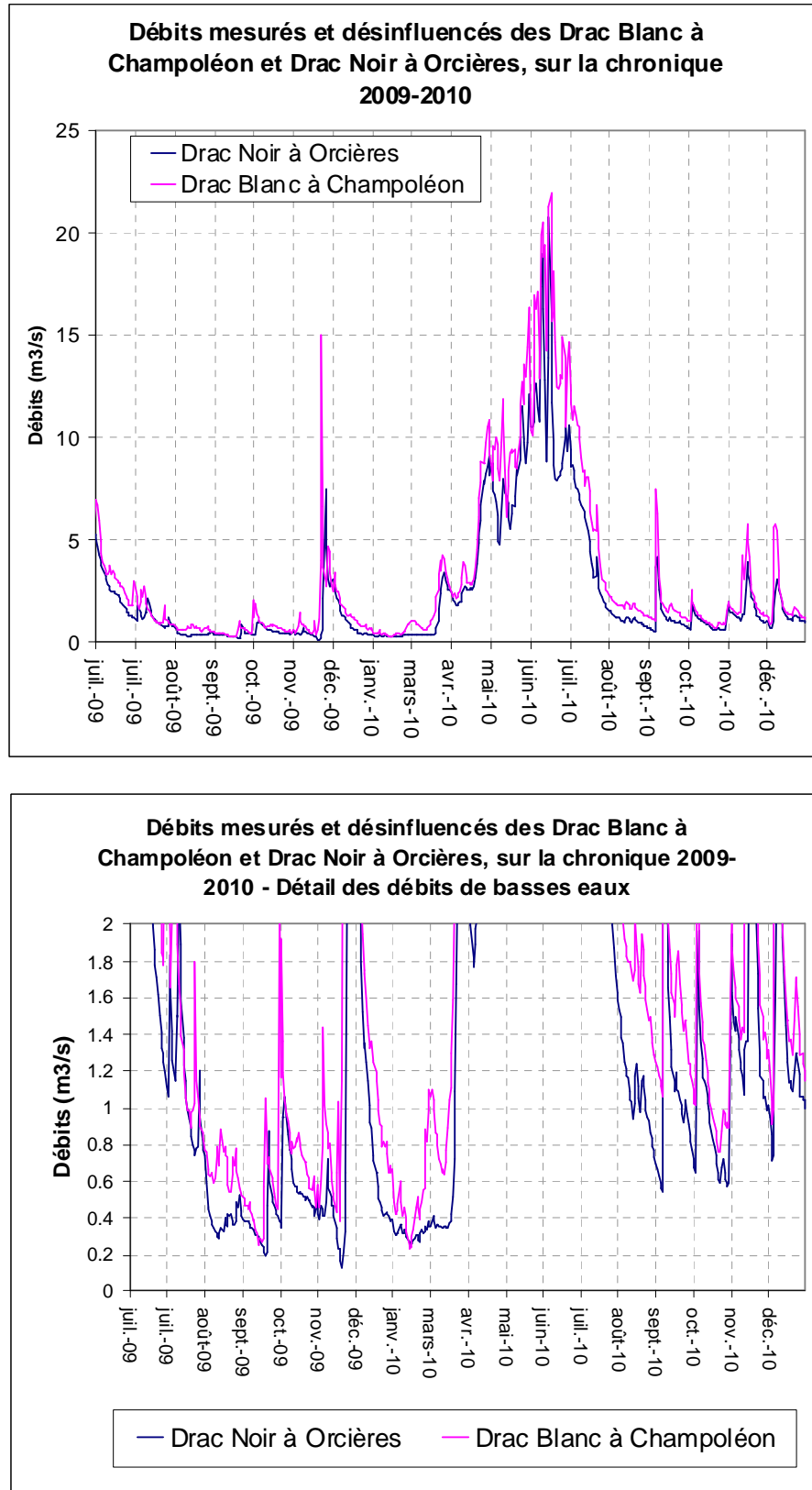


Figure 17 : Comparaison des chroniques de débits désinfluencés sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, pour la période 2009-2010

Comparaison des débits désinfluencés sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon (chronique complète)

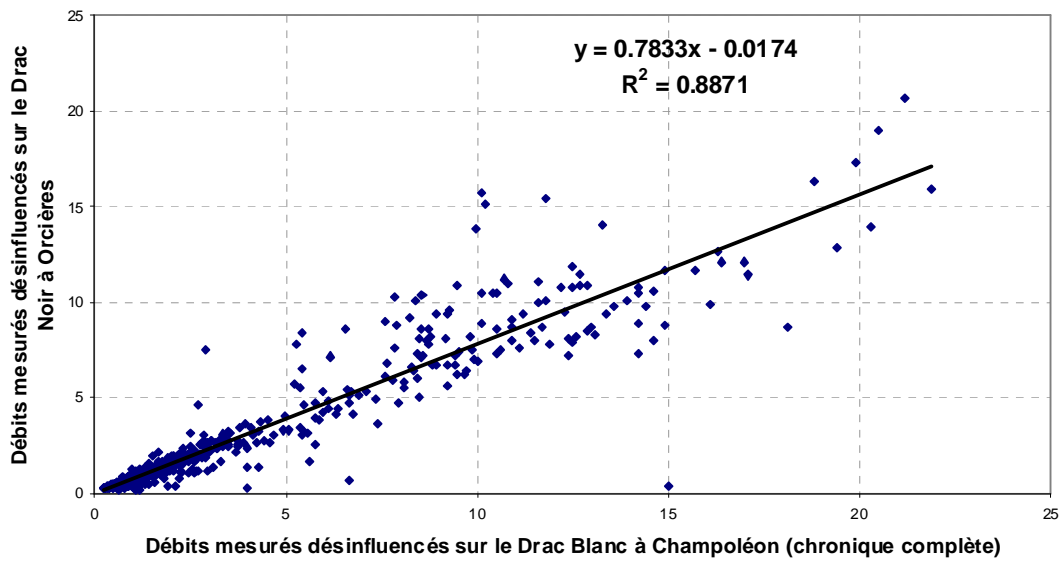


Figure 18 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basses eaux), sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, sur la chronique 2009-2010 (série complète)

Comparaison des débits désinfluencés sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon (basses eaux)

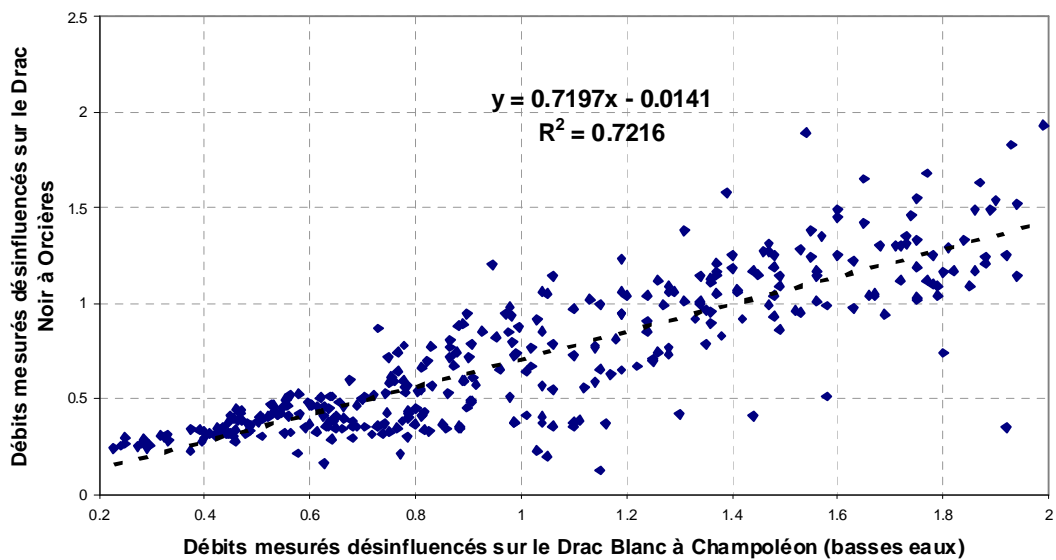


Figure 19 : Corrélation entre les débits désinfluencés (basses eaux), sur le Drac Noir à Orcières et le Drac Blanc à Champoléon, sur la chronique 2009-2010 (basses eaux $Q < 2 \text{ m}^3/\text{s}$)

Les corrélations entre les 2 séries de débit étant jugées assez bonnes, la méthode retenue pour l'estimation des débits caractéristiques du Drac Blanc a été la suivante :

- Extension de la série de débits mesurés désinfluencés sur le Drac Noir, de la période 2009-2010 (1,5 ans) à la période 2008-2010 (3 ans), par corrélation avec la série du Drac Blanc de 2008 à 2010
- Calcul des débits caractéristiques désinfluencés (modules, QMNA, VCN) sur le Drac Noir, par traitement des 3 années de la chronique étendue par corrélation, de 2008 à 2010 ;
- Application du coefficient d'hydraulicité calculé à la Guinguette pour l'extension de ces valeurs 2008-2010 à la décennie complète 2000-2009.

Les résultats sont les suivants :

Tableau 16 : Estimation des débits caractéristiques désinfluencés du Drac Noir à la station d'Orcières, par application d'un coefficient d'hydraulicité calculé pour 2008-2010 à la station de Guinguette

Débits caractéristiques désinfluencés	Série Guinguette 2000-2009	Série Guinguette 2008-2010	Coefficient d'hydraulicité (2008-2010)/(2000-2009) calculé à Guinguette	Série corrélée Drac Noir 2008-2010	Extension Drac Noir 2000-2009
VCN 3 (5 ans)	2.800 m3/s	3.398 m3/s	1.21	0.163 m3/s	0.134 m3/s
VCN 10 (5 ans)	2.878 m3/s	3.602 m3/s	1.25	0.199 m3/s	0.159 m3/s
QMNA moyen	4.122 m3/s	4.962 m3/s	1.20	0.335 m3/s	0.287 m3/s
QMNA5	3.215 m3/s	4.137 m3/s	1.29	0.270 m3/s	0.210 m3/s
QMNA2	3.997 m3/s	4.899 m3/s	1.23	0.330 m3/s	0.269 m3/s
module	13.621 m3/s	14.520 m3/s	1.07	2.742 m3/s	2.572 m3/s
1/10 module	1.362 m3/s	1.452 m3/s	1.07	0.274 m3/s	0.257 m3/s
Q50	9.140 m3/s	9.109 m3/s	1.00	1.200 m3/s	1.204 m3/s

4

Résultats de l'estimation des débits caractéristiques du Drac et des affluents

4.1 Définition des débits caractéristiques calculés

Le glossaire suivant, issu de la Banque Hydro, rappelle la définition des débits statistiques calculés dans cette phase de reconstitution de l'hydrologie dés influencée.

Module (ou débit interannuel)	<p>Le débit annuel interannuel est la moyenne des débits annuels sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués. Il est fréquemment dénommé module interannuel ou module.</p> <p>Il permet de caractériser l'écoulement d'une année "moyenne".</p>
Débit médian	<p>A partir d'un échantillon de débits journaliers mesurés sur l'ensemble d'une chronique, valeur du débit. correspondant à un pourcentage cumulé de 50 % (c'est-à-dire que 50 % des valeurs sont supérieures au débit médian et 50 % lui sont inférieures).</p> <p>On peut remarquer que le débit médian diffère du module.</p>
QMNA	<p>Débit mensuel minimal d'une année hydrologique. Il se calcule à partir des débits moyens mensuels (mois calendaire). A partir d'un échantillon de ces valeurs, on calcule, pour certaines périodes de retour (5 ans, 2 ans...), des valeurs de QMNA statistiques.</p>
QMNA 5 ans	<p>Valeur statistique du QMNA de période de retour 5 ans, calculé par la loi Log-Normale.</p> <p>Le QMNA 5ans est le débit de référence défini au titre 2 de la nomenclature figurant dans les décrets n° 93742 et 93743 du 29 mars 1993, pris en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992.</p>
QMNA 2 ans	<p>Valeur statistique du QMNA de période de retour 2 ans, calculé par la loi Log-Normale</p>
QMNA 1 an	<p>Valeur statistique du QMNA de période de retour 1 an</p>

VCN3	Débit moyen minimal annuel calculé sur 3 jours consécutifs
VCN10	Débit moyen minimal annuel calculé sur 10 jours consécutifs
VCN3 5 ans	Valeur statistique du VCN3 calculé pour une période de retour 5 ans, calculé par la loi Log-Normale
VCN10 5 ans	Valeur statistique du VCN10 calculé pour une période de retour 5 ans, calculé par la loi Log-Normale

4.2 « Saisonnalisation » des débits caractéristiques

L'analyse hydrologique a montré que les cours d'eau du bassin versant du Drac amont présentaient deux étiages :

- Un étiage hivernal sévère
- Un étiage estival moins marqué.

L'estimation des débits statistique d'étiage, au sens hydrologique classique, ne permet donc de disposer que de valeurs « absolues » survenant en période hivernale, c'est-à-dire à un moment où la tension sur la ressource, essentiellement constituée par les prélèvements agricoles, est la plus faible.

Afin de pouvoir appréhender la ressource réellement disponible au moment des prélèvements maximaux, nous avons donc défini des valeurs statistiques d'étiage « estival », calculées chaque année sur une période restreinte de 4 mois, de juin à septembre.

Dans la suite de l'étude, ces débits seront nommés débits statistiques « estivaux », par opposition aux débits statistiques absolus, calculés sur l'année entière.

4.3 Résultats aux stations hydrométriques

Les résultats de l'estimation des débits statistiques aux stations hydrométriques du Drac et des affluents sont présentés dans le tableau en page suivante.

Les débits présentés sont des débits naturels reconstitués, obtenus soit par les méthodes de corrélation pour les stations du Drac à l'amont du Pont de Chabottes (inclus), soit par modélisation pluie-débit pour les stations du Drac à l'aval du Pont de Chabottes, ainsi que les stations de la Souloise et la Séveraisse. Notons que pour cette dernière, du fait de l'impossibilité d'obtenir un calage satisfaisant pour les hautes et moyennes eaux, le modèle n'a été exploité que pour l'étiage hivernal. Les autres valeurs statistiques ont été obtenues par traitement direct des chroniques désinfluencées.

Ces débits ont été désinfluencés de l'ensemble des prélèvements et restitutions, à l'amont du point de calcul

Les valeurs ont été calculées sur la décennie 2000-2009.

Les codes couleur suivants ont été adoptés :

Valeur obtenue par modélisation pluie-débit sur la décennie 2000-2009
Valeur obtenue par une méthode de corrélation sur la décennie 2000-2009

Tableau 17 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques – QMNA et VCN

Cours d'eau	Superficie du bassin versant amont (km ²)	Débits naturels reconstitués (m ³ /s)										Débits influencés (m ³ /s)		
		Étiage absolu					Étiage estival (juin à septembre)					Étiage estival (juin à septembre)		
		QMNA5	QMNA2	QMNA1	VCN3 (5ans)	VCN10 (5ans)	QMNA5	QMNA2	QMNA1	VCN3 (5ans)	VCN10 (5ans)	QMNA5	QMNA2	QMNA1
Le Drac à Corps (Le Sautet)	1 019	9.020	11.010	11.286	6.369	6.658	11.791	16.894	18.458	9.653	10.219	10.371	15.122	16.676
Le Drac au Pont de Guinguette	516	3.340	4.240	4.392	2.800	2.878	3.834	5.505	6.021	3.211	3.318	2.373	3.670	4.194
Le Drac au Pont de Chabottes	253	1.257	1.304	1.314	1.088	1.099	2.176	2.944	3.303	1.714	1.796	1.387	1.764	1.978
Le Drac à Saint-Jean-Nicolas (Les Ricous)	207	0.264	0.310	0.320	0.100	0.110	1.161	1.911	2.260	0.710	0.790	0.310	0.650	0.870
Le Drac Blanc à Champoléon (Pont de Corbière)	103	0.295	0.375	0.402	0.188	0.220	0.821	1.459	1.719	0.550	0.620	0.811	1.440	1.705
Le Drac Noir à Orcières (Les Tourengs)	94	0.210	0.269	0.290	0.130	0.160	0.590	1.080	1.290	0.390	0.450	0.502	0.961	1.095
La Souloise au pont de l'Infernet	171	0.950	1.140	1.159	0.750	0.768	1.129	1.542	1.658	0.973	0.998	1.127	1.540	1.657
La Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy	40	0.030	0.050	0.062	0.008	0.013	0.039	0.063	0.073	0.029	0.030	0.020	0.050	0.059
La Séveraisse à Villar Loubière	130	0.760	1.050	1.118	0.477	0.520	2.728	3.675	3.879	1.849	2.104	2.728	3.675	3.880

Tableau 18 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques – module et médiane

Cours d'eau	Superficie du bassin versant amont (km ²)	Débits naturels reconstitués (m ³ /s)		
		Module	1/10e du module	Débit médian
Le Drac à Corps (Le Sautet)	1 019	27.700	2.770	23.600
Le Drac au Pont de Guinguette	516	11.900	1.190	9.380
Le Drac au Pont de Chabottes	253	7.126	0.713	3.385
Le Drac à Saint-Jean-Nicolas (Les Ricous)	207	5.989	0.599	2.341
Le Drac Blanc à Champoléon (Pont de Corbière)	103	3.325	0.333	1.669
Le Drac Noir à Orcières (Les Tourengs)	94	2.572	0.257	1.204
La Souloise au pont de l'Infernet	171	5.500	0.550	3.130
La Souloise à Saint-Etienne en Dévoluy	40	0.400	0.040	0.130
La Séveraisse à Villar Loubière	130	5.023	0.502	3.505

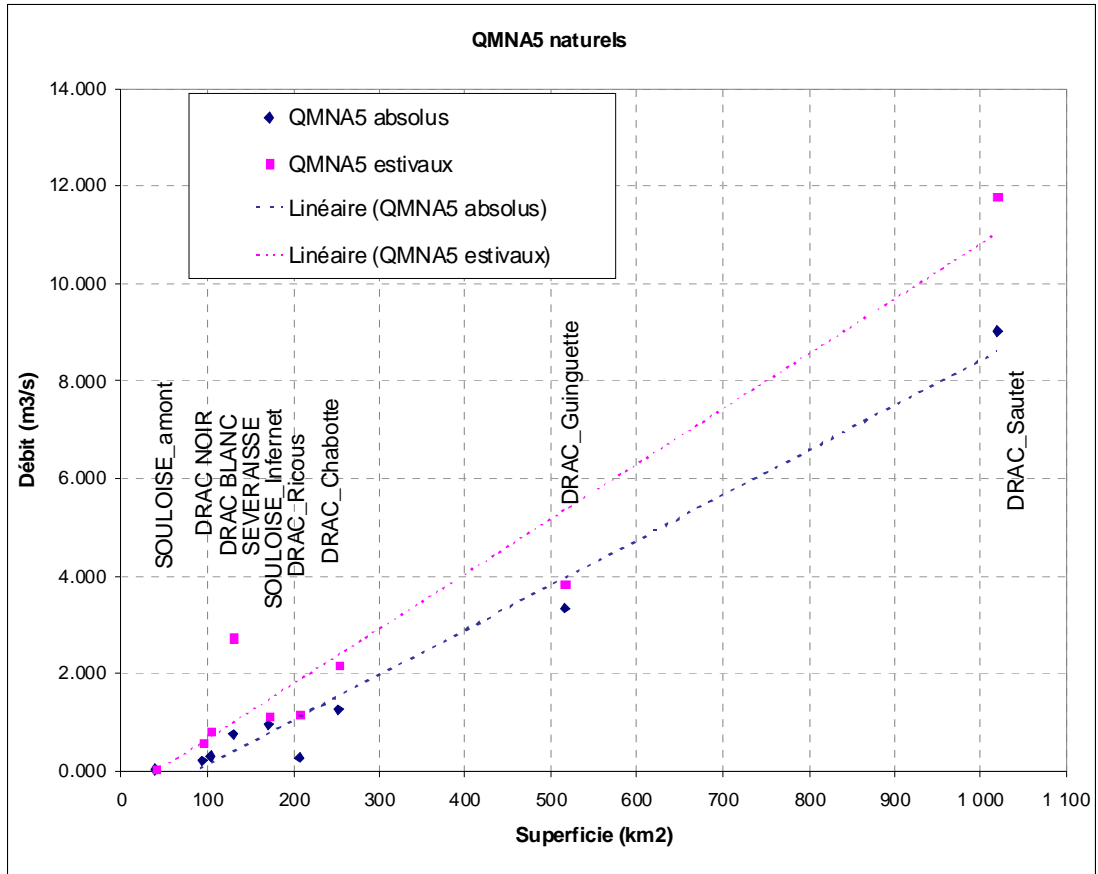


Figure 20 : Débits caractéristiques du Drac et affluents calculés aux stations hydrométriques

Les résultats confirment les observations précédentes ;

- Les étiages naturels « absolus » ont lieu en hiver ;
- Les étiages naturels estivaux sont moins prononcés.

Cette particularité est caractéristique des régimes nivaux à pluvio-nivaux. L'écart entre les étiages hivernaux et les étiages estivaux a tendance à s'amenuiser vers l'aval.

La comparaison des débits naturels et des débits influencés, pour la période d'étiage estival (juin à septembre), permet d'évaluer l'impact des prélèvements sur le QMNA5 estival.

Tableau 19 : Impact des prélèvements sur le QMNA5 estival

Cours d'eau	Diminution du QMNA5 estival du fait des prélèvements
DRAC_Sautet	- 12%
DRAC_Guinguette	- 38%
DRAC_Chabottes	- 36%
DRAC_Ricous	- 73%
DRAC NOIR	- 15%
DRAC BLANC	- 1%
SOULOISE_Infernet	0%
SOULOISE_amont	- 48%
SEVERAISSE	0%

4.4 Extrapolation des résultats aux tronçons piscicoles

La suite de l'étude a pour objectif l'estimation des débits minimum nécessaires au maintien de la vie piscicole dans les cours d'eau du bassin versant du Drac amont. Dix-huit tronçons piscicoles homogènes ont ainsi été définis, selon des critères détaillés dans la phase 5 de la présente étude. Des stations ont été positionnées au sein de chaque tronçon homogène, pour l'application de la méthode Estimhab.

Les stations Estimhab et les extrémités de chaque tronçon homogène ne coïncident pas avec les stations hydrométriques pour lesquelles les débits caractéristiques ont été précédemment définis.

Afin d'évaluer les débits au sein de chaque tronçon homogène, une méthode de transposition depuis les stations hydrométriques a donc du être mise en œuvre.

4.4.1 Cas général

Cette méthode a été appliquée à l'ensemble des affluents, à l'exception de l'Ancelle. Elle a consisté à appliquer le débit spécifique ou une combinaison des débits spécifiques des bassins versants modélisés les plus proches géographiquement, ou les plus comparables en termes d'exposition et d'hypsométrie.

4.4.2 Cas de l'Ancelle

Le bassin versant de l'Ancelle ne dispose que d'une chronique ancienne de débit, entre 1973 et 1990. Il n'a pas pu être modélisé pour la décennie 2000-2009.

Par ailleurs, ce bassin versant est peu comparable aux bassins versants modélisés, en termes d'altimétrie et de superficie. La comparaison des débits de l'Ancelle et du Drac Noir pour la seule année commune de mesure 1989-1990 a confirmé que les régimes d'étiage des deux cours d'eau n'étaient pas corrélés.

Nous avons donc décidé de calculer les débits caractéristiques d'étiage de l'Ancelle à partir de la chronique existante de débits journaliers, mesurés entre 1973 et 1990, au droit du pont à l'amont du village d'Ancelle. Malgré le caractère ancien des données, cette méthode est selon nous plus juste qu'une corrélation erronée à partir de l'un des 9 bassins versants modélisés.

La chronique des débits a été désinfluencée des prélèvements à partir de la connaissance des surfaces irriguées.

Les débits statistiques d'étiage ont été obtenus par traitement statistique de cette série désinfluencée.

4.4.3 Cas du Buissard

Le torrent du Buissard est un petit torrent qui ne dispose pas de station limnimétrique. Les seules mesures disponibles sont les jaugeages réalisés dans le cadre de cette étude.

Les caractéristiques physiques du bassin versant ne permettent pas d'appliquer les méthodes de corrélation employées pour d'autres bassins versants : en effet, son orientation et son altitude, notamment, en font un bassin versant singulier par rapport aux autres bassins versants du Drac amont.

De ce fait, il nous semble que la valeur théorique de QMNA5 estimée à 160 l/s par l'étude SERET, à partir de données générales sur les bassins versants, ne peut pas être vérifiée, en l'absence de calage possible.

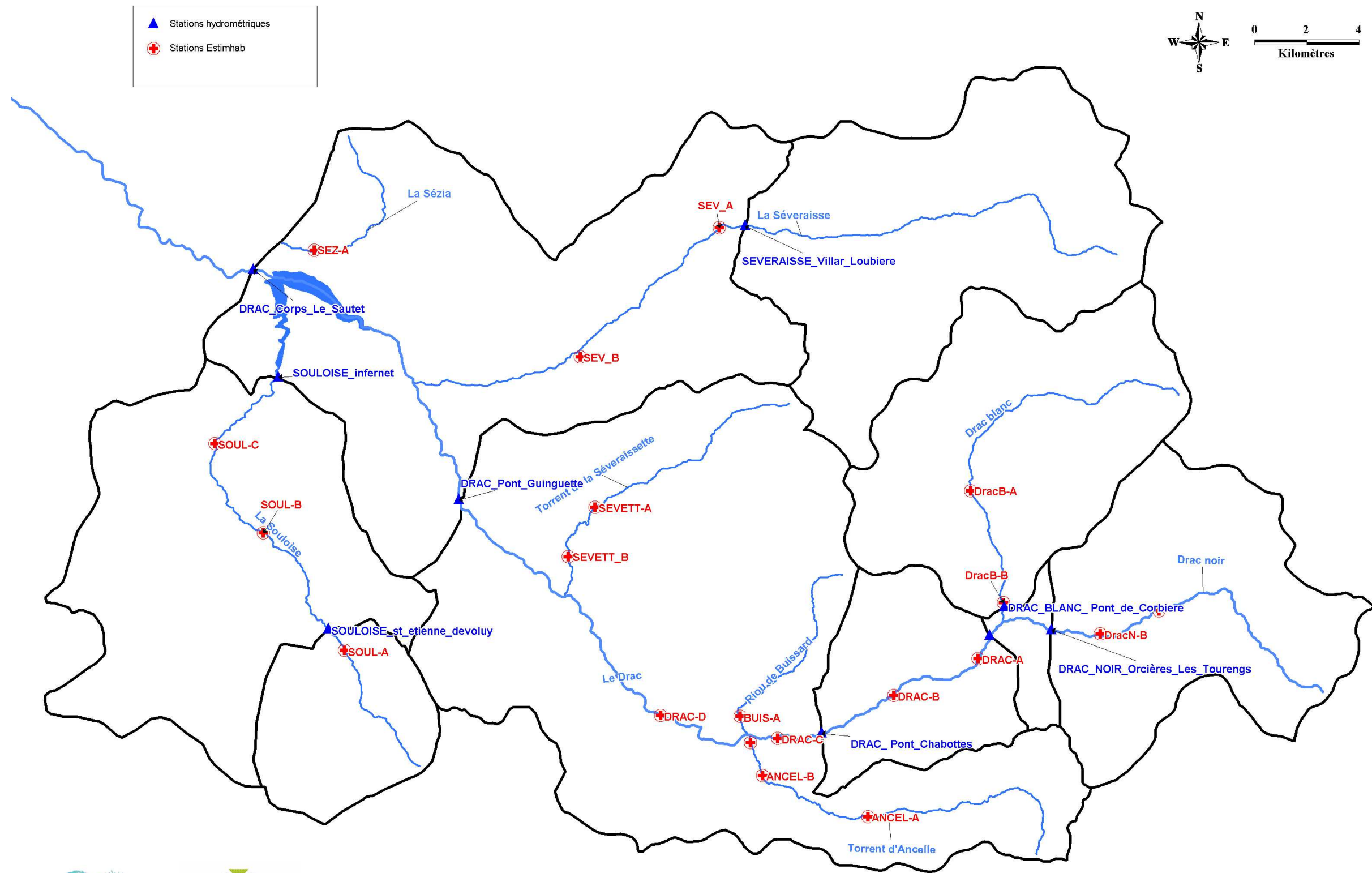
Aussi, le QMNA5 du Buissard a été déterminé à dire d'expert, sur la base de la connaissance locale de la CLEDA. Le débit retenu est de **80 l/s**.

Cette valeur est cohérente avec les estimations de débits du SRAE, qui ont évalué le VNC 30 quinquennal du Buissard à 75 l/s. Elle nous semble également cohérente avec les jaugeages effectués dans le cadre de cette étude : 20 l/s mesurés au mois de septembre à l'aval du bassin versant et une estimation d'environ 90 l/s prélevés sur ce bassin versant à la même période. Ce débit de 110 l/s estimé sur le Buissard en septembre 2010 se situe probablement au dessus du QMNA5 du torrent.

4.4.4 Résultats

La carte en page suivante présente la localisation des tronçons homogène, des stations Estimhab et des stations hydrométriques du Drac Amont et des affluents.

Le tableau qui suit présente les résultats de l'estimation des débits caractéristiques aux extrémités de chaque tronçon homogène. L'incertitude associée à ces débits est de l'ordre de 10 à 15 % pour les bassins versants modélisés. Pour les autres bassins, pour lesquels les débits ont été estimés par corrélation, celle-ci est difficilement quantifiable.



Sources :IGN, Paris - SCAN 25®; SAFEGE 2010

Figure 21 : Carte de localisation des tronçons homogènes, des stations Estimhab et des stations hydrométriques

Tableau 20 : Débits caractéristiques calculés pour chaque tronçon piscicole

Nom du tronçon piscicole	Bassin versant de référence pour le calcul	Débits naturels, étiage absolu					Débits naturels, étiage estival (juin à septembre)					Module (m3/s)	1/10e du module (m3/s)	Débit médian (m3/s)
		QMNA5 (m3/s)	QMNA2 (m3/s)	QMNA1 (m3/s)	VCN3 (5ans) (m3/s)	VCN10 (5ans) (m3/s)	QMNA5 estival (m3/s)	QMNA2 estival (m3/s)	QMNA1 estival (m3/s)	VCN3 estival (5ans) (m3/s)	VCN10 estival (5ans) (m3/s)			
DracN-A	DRAC NOIR	0.136	0.175	0.188	0.084	0.104	0.383	0.701	0.838	0.253	0.292	1.670	0.167	0.782
DracN-B	DRAC NOIR	0.228	0.292	0.315	0.141	0.174	0.640	1.172	1.400	0.423	0.488	2.791	0.279	1.307
DracB-A	DRAC BLANC	0.127	0.162	0.173	0.081	0.095	0.354	0.630	0.742	0.237	0.268	1.435	0.143	0.720
DracB-B	DRAC BLANC	0.295	0.375	0.402	0.188	0.220	0.821	1.459	1.719	0.550	0.620	3.325	0.333	1.669
DRAC-A	DRAC_Ricous	0.264	0.310	0.320	0.100	0.110	1.161	1.911	2.260	0.710	0.790	5.990	0.599	2.341
DRAC-B	Combinaison DRAC Chabottes et Ricous	0.511	0.557	0.567	0.346	0.356	1.411	2.164	2.514	0.959	1.039	6.258	0.626	2.595
DRAC-C	DRAC_Chabottes	1.315	1.364	1.375	1.139	1.150	2.277	3.081	3.456	1.793	1.879	7.456	0.746	3.543
DRAC-D	Combinaison DRAC Chabottes et Guinguette	2.503	3.112	3.216	2.106	2.160	3.036	4.319	4.742	2.518	2.608	9.504	0.739	4.336
ANCEL-A	Traitement de la chronique 1973-1990	0.077	0.134	0.170	0.049	0.054	0.138	0.243	0.282	0.212	0.216	0.920	0.092	0.475
ANCEL-B	Traitement de la chronique 1973-1990	0.086	0.149	0.190	0.055	0.060	0.154	0.271	0.314	0.236	0.241	1.024	0.102	0.529
ANCEL-C	Traitement de la chronique 1973-1990	0.087	0.150	0.191	0.056	0.060	0.155	0.273	0.317	0.238	0.243	1.190	0.119	0.534
SEV A	SEVERAISSE	0.903	1.248	1.329	0.567	0.618	3.241	4.367	4.609	2.197	2.500	5.969	0.597	4.165
SEV B	SEVERAISSE	1.303	1.801	1.918	0.819	0.892	4.678	6.303	6.653	3.171	3.608	8.615	0.862	6.012
SEVETT-A	DRAC BLANC	0.148	0.188	0.201	0.094	0.110	0.411	0.730	0.860	0.275	0.310	1.664	0.166	0.836
SEVETT-B	DRAC BLANC	0.190	0.241	0.258	0.121	0.141	0.528	0.938	1.105	0.354	0.399	2.138	0.214	1.073
DRAC-E	DRAC_Guinguette	4.345	5.515	5.713	3.642	3.744	4.988	7.162	7.833	4.176	4.316	15.480	1.548	12.202
SOUL-A	SOULOISE_amont	0.037	0.062	0.077	0.009	0.016	0.048	0.078	0.091	0.037	0.038	0.499	0.050	0.162
SOUL-B	Moyenne SOULOISE amont et aval	0.362	0.439	0.451	0.280	0.288	0.431	0.592	0.639	0.370	0.380	2.178	0.218	1.204
SOUL-C	SOULOISE_Infernet	0.950	1.140	1.159	0.750	0.768	1.129	1.542	1.658	0.973	0.998	5.500	0.550	3.130
SEZ-A	DRAC BLANC	0.083	0.105	0.113	0.053	0.062	0.230	0.410	0.483	0.154	0.174	0.934	0.093	0.469

PARTIE 2

HYDROGEOLOGIE

1

Préambule

La vallée du Champsaur est une combe monoclinale ouverte entre le Dévoluy et le Pelvoux par le creusement de la vallée du Drac sous les actions alternées des eaux et des glaciers.

Cette vallée est entaillée dans des terrains à prédominance marneuse du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur, en particulier les « terres noires » oxfordiennes.

Dans les vallées, le substratum est recouvert par des formations fluviales quaternaires.

Depuis l'amont vers l'aval, on distingue plusieurs bassins aquifères :

- La nappe des Ricous, depuis l'amont de la zone de confluence des Drac noir et Drac blanc, et Pont du Fossé ;
- La nappe de Chabottes, entre Pont du Fossé et Saint Julien en Champsaur ;
- L'aval de Saint Julien en Champsaur.

D'une manière générale les alluvions du Drac amont constituent un aquifère présentant une bonne productivité.

Néanmoins les études menées dans le bassin versant mettent en évidence que seuls les bassins de la nappe des Ricous et de la nappe de Chabottes présentent un enjeu en termes de ressource, eu égard à leurs bonnes potentialités.

On s'attachera donc, comme indiqué dans le cahier des charges de l'étude de détermination des volumes maximum prélevables du Drac amont, à caractériser l'hydrogéologie non influencée de ces bassins aquifères.

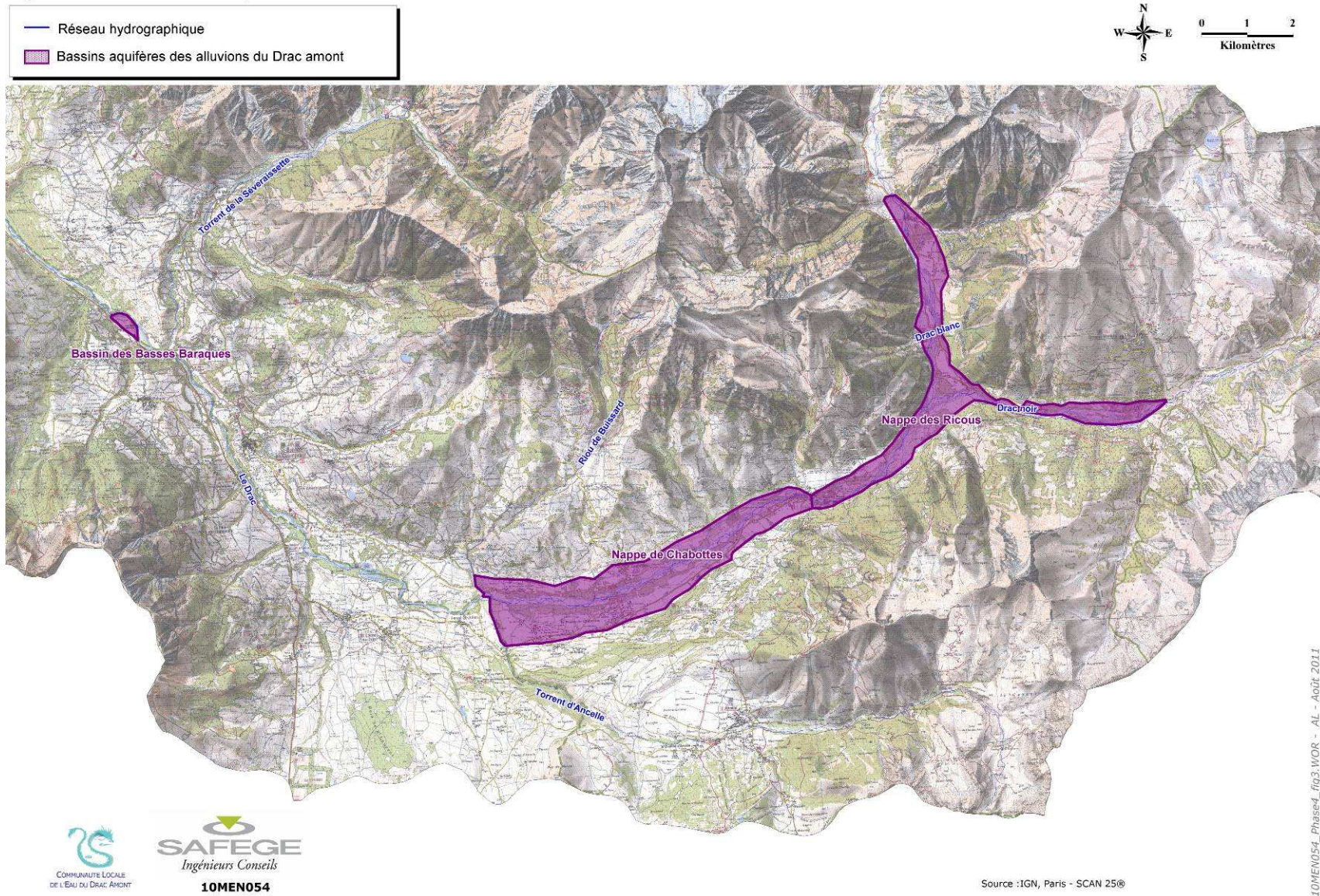


Figure 22 : Bassins aquifères des alluvions du Drac amont

2

Nappe des Ricous

2.1 Point stratégique de référence

Le piézomètre CLEDA S3 est défini dans le SDAGE comme point stratégique de référence. Il s'agit, dans une zone en « déficit chronique constaté » d'un ouvrage de suivi des objectifs de bon état et de pilotage des actions de restauration de l'équilibre quantitatif. Il est localisé sur la Figure 23.

2.2 Fonctionnement

Le fonctionnement de la nappe des Ricous est décrit dans le rapport de Phase II de la présente étude.

On en reprendra ici les caractéristiques principales.

2.2.1 Alimentation

La nappe des Ricous est alimentée en premier lieu par les infiltrations du Drac de façon moindre par les précipitations efficaces.

Les pertes du Drac vers la nappe sont évaluées à 330 l/s (jaugeages opérés par la CLEDA). Elles s'opèrent sur un linéaire de 5 km environ.

2.2.2 Exutoires

La nappe des Ricous se resserre vers l'aval et donne naissance à des émergences qui rejoignent ensuite le Drac. Ces émergences, les adoux, constituent l'interface entre écoulement souterrain et écoulement de surface.

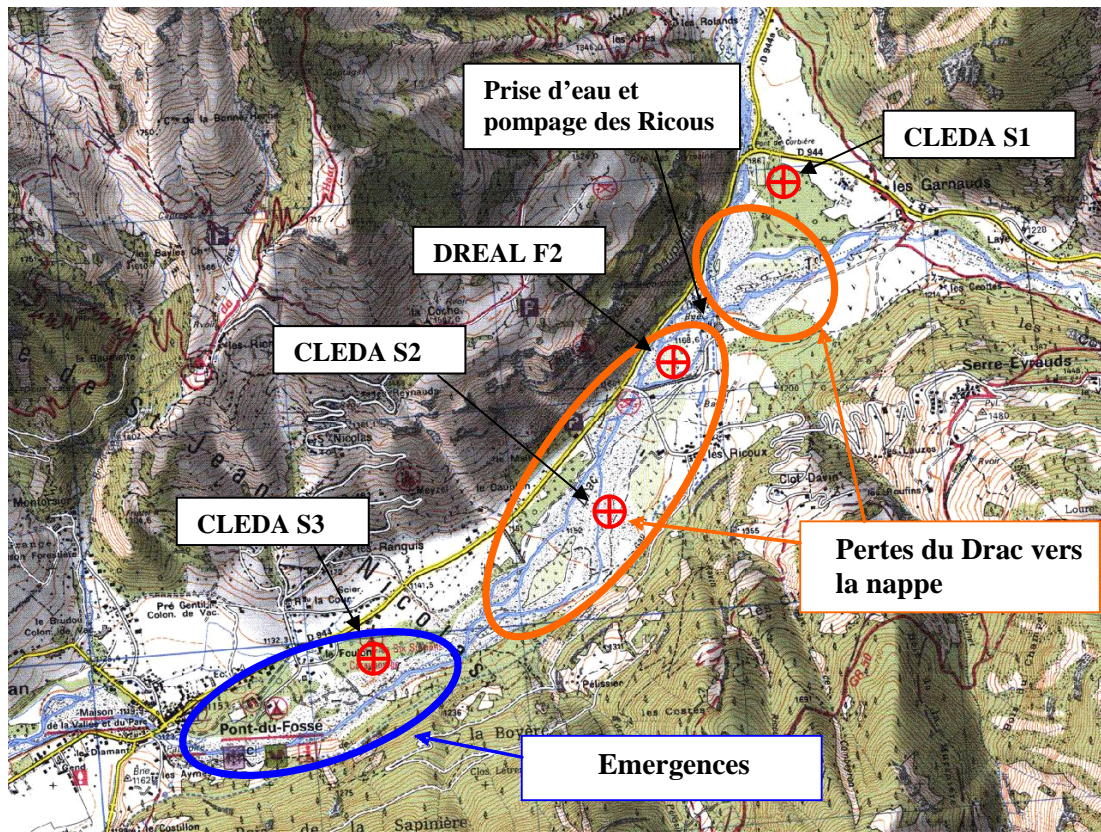


Figure 23 : Nappe des Ricous

2.3 Piézométrie

La nappe des Ricous est suivie par un réseau de 4 piézomètres gérés par la DREAL et la CLEDA.

Le piézomètre de la DREAL est situé immédiatement en aval des forages des Ricous. Il permet de caractériser l'influence des pompages sur la piézométrie de la nappe.

Le piézomètre S3 de la CLEDA est le point stratégique de référence défini dans le SDAGE. Il se situe en aval de la nappe des Ricous, en amont immédiat des adoux (Cf. Figure 23).

La position des ouvrages, alignés dans l'axe de la vallée, ne permet pas de tracer de carte piézométrique précise de la nappe des Ricous. En effet, ces ouvrages ne permettent pas d'observer les influences aux limites. Néanmoins ils permettent de tracer une carte globale de l'écoulement des eaux et d'apprécier le gradient piézométrique de la nappe des Ricous.

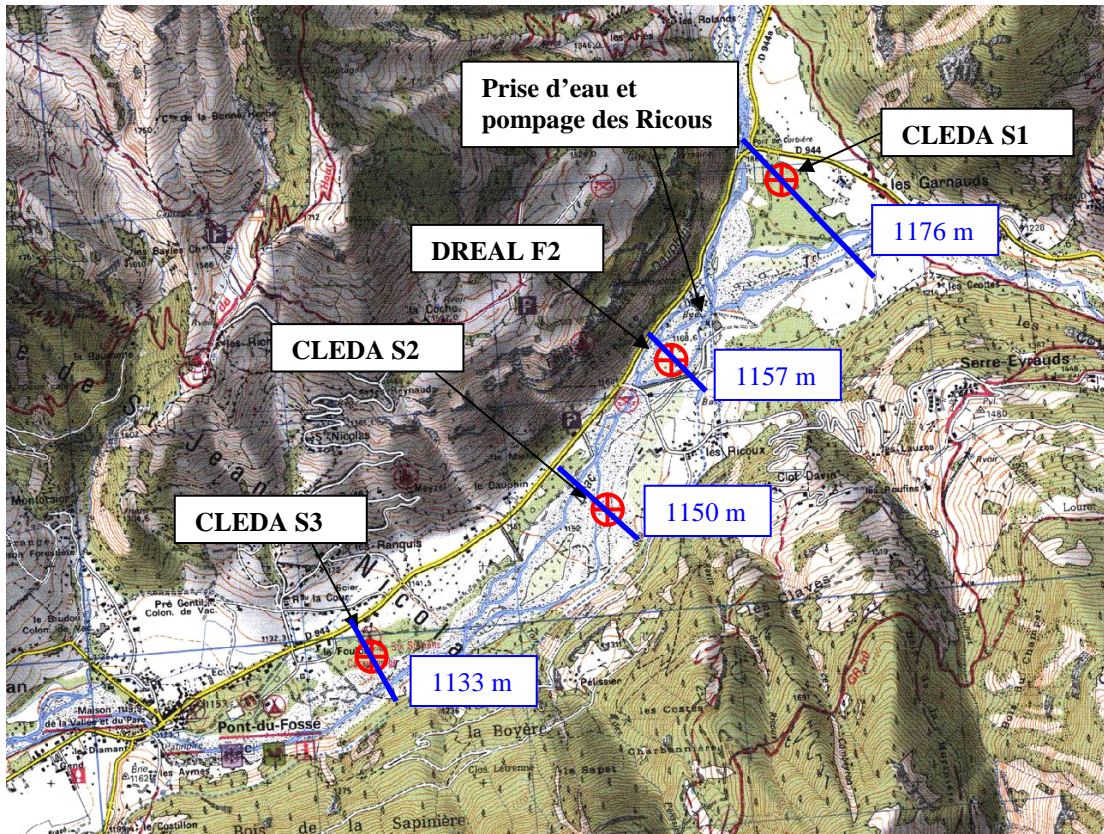


Figure 24 : Piézométrie moyenne de la nappe des Ricous

2.3.1 Variations piézométriques

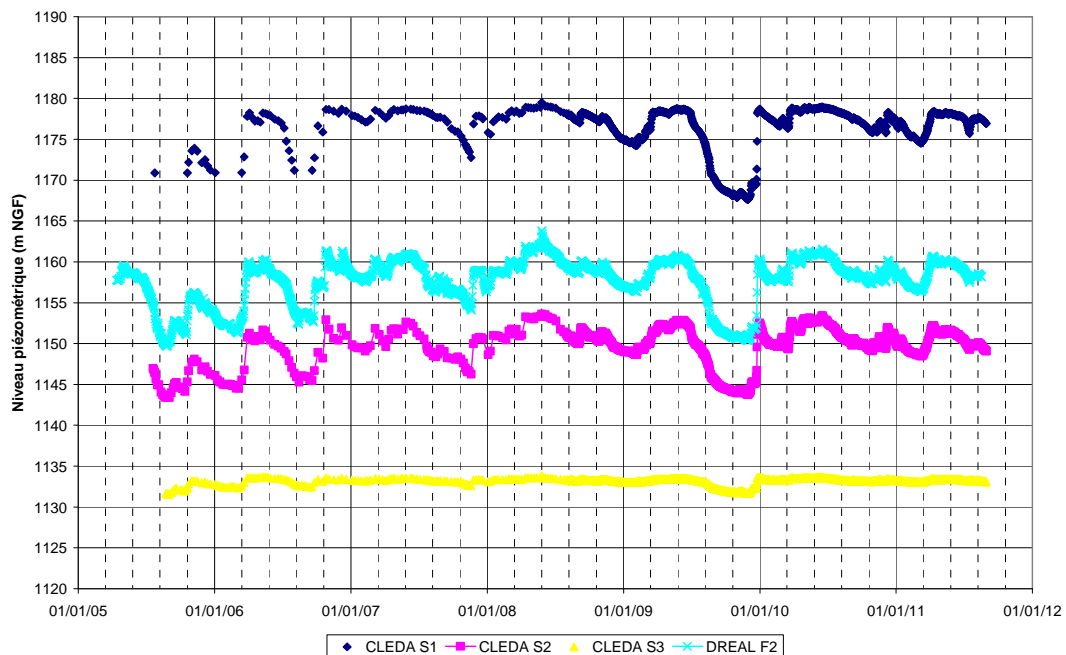


Figure 25 : Variations piézométriques de la nappe des Ricous 2005-2010

Les piézomètres de la nappe des Ricous présentent des réactions similaires d'un ouvrage à l'autre.

D'une année à l'autre la nappe des Ricous montre le même comportement avec deux périodes d'étiage : un étiage hivernal, aux mois de janvier/février, et un étiage estival voire automnal aux mois de septembre/octobre. Ce comportement est calé sur l'hydrologie du Drac qui présente un comportement comparable, avec un régime nival.

On observe cependant des amplitudes de variation très différentes entre l'amont de la nappe et l'aval : à l'amont de la prise des Ricous, l'amplitude de variation peut atteindre une quinzaine de mètres, alors qu'elle n'est que de 3 m sur S3, à l'aval.

Ces différences d'amplitude s'expliquent par la nature des échanges entre nappe et rivière :

- À l'amont, l'aquifère, dont le substratum est profond, est alimenté par la rivière. Néanmoins la connexion entre Drac et alluvions n'est pas bonne, probablement liée à un colmatage du lit mineur, ce qui se traduit par la persistance du réseau hydrographique et la profondeur importante de la nappe/sol ;
- A l'aval, le substratum remonte et impose l'affleurement de la nappe qui d'une part donne naissance aux adoux et d'autre part vient alimenter la rivière.

2.3.2 Relation entre le débit du Drac aux Ricous et la piézométrie

La Figure 26 présente les variations piézométriques et les mesures de débit du Drac en aval de la prise des Ricous. Ces mesures ont été corrigées du prélèvement opéré par la prise d'eau des Ricous.

Cette station hydrométrique n'est en service que depuis 2007.

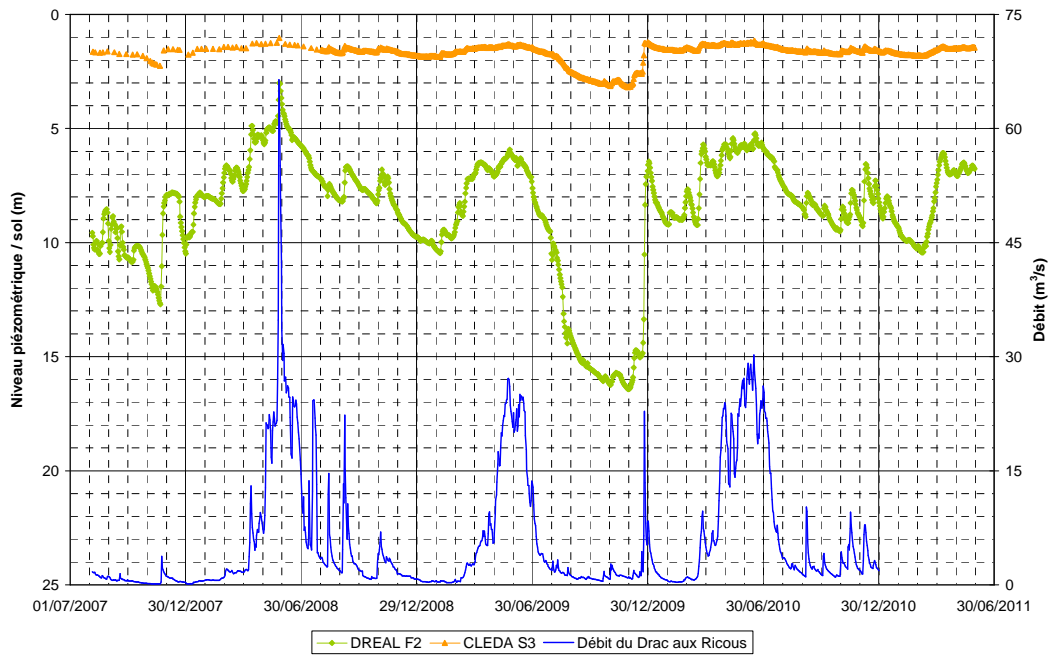


Figure 26 : Variations piézométriques et débit du Drac aux Ricous

Le graphique montre que le niveau piézométrique est fortement lié à l'hydrologie du Drac : les hausses de débit entraînent une remontée du niveau piézométrique et les baisses de débit s'ensuivent d'une baisse de la piézométrie. Cette relation est accentuée sur F2 qui présente une amplitude de variations importante.

Les baisses du niveau piézométrique semblent s'accroître lorsque le Drac atteint de très faibles débits.

Les doublets de graphiques présentés en Figure 27 et Figure 28 représentent la relation entre la piézométrie et le débit du Drac aux Ricous pour les piézomètres S3 (orange) et F2 (vert). Le premier graphique donne la situation influencée par le prélèvement (mesurée) et le deuxième la situation désinfluencée (mesure corrigée des prélèvements amont).

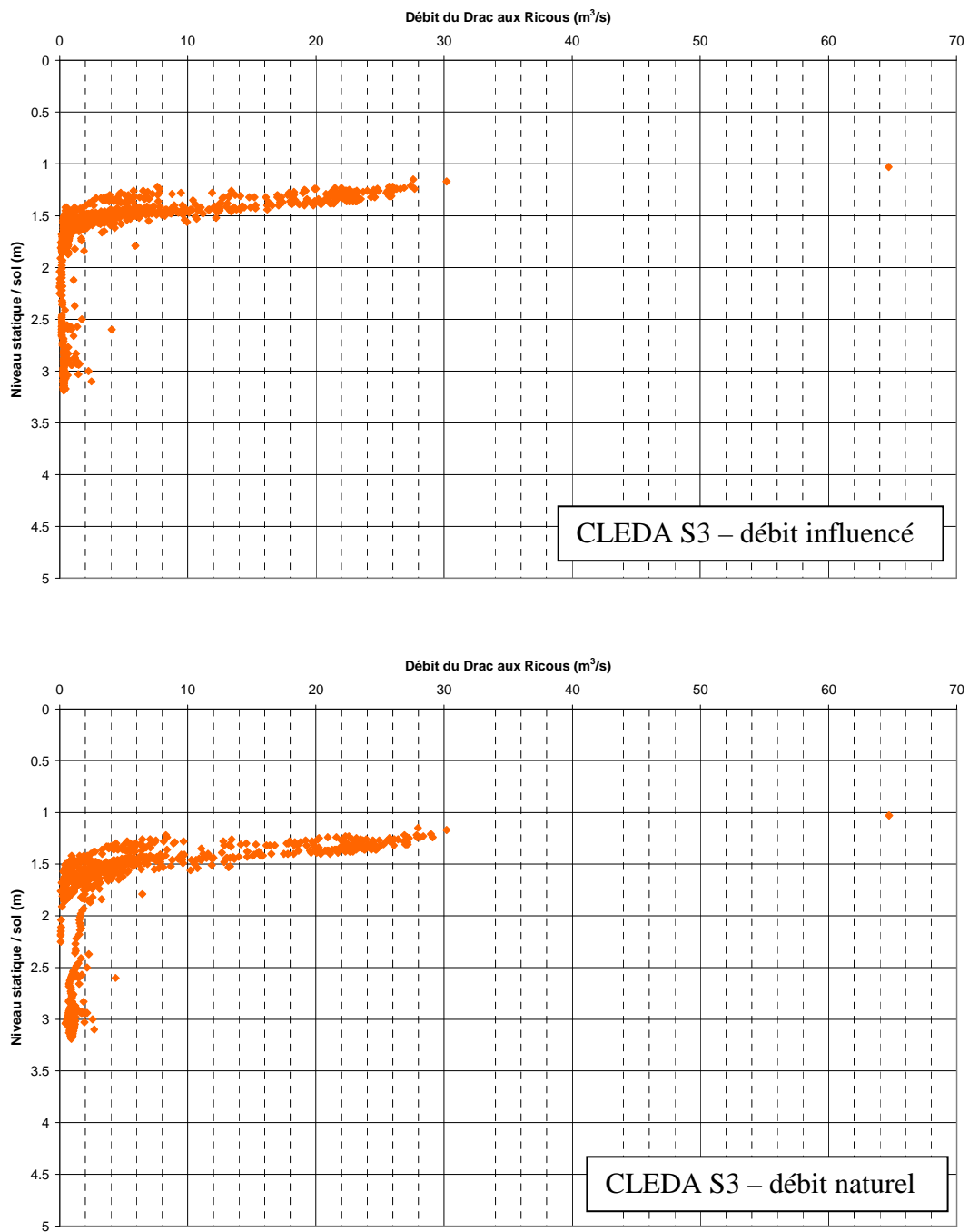


Figure 27 : relation entre le débit du Drac aux Ricous et le piézomètre S3

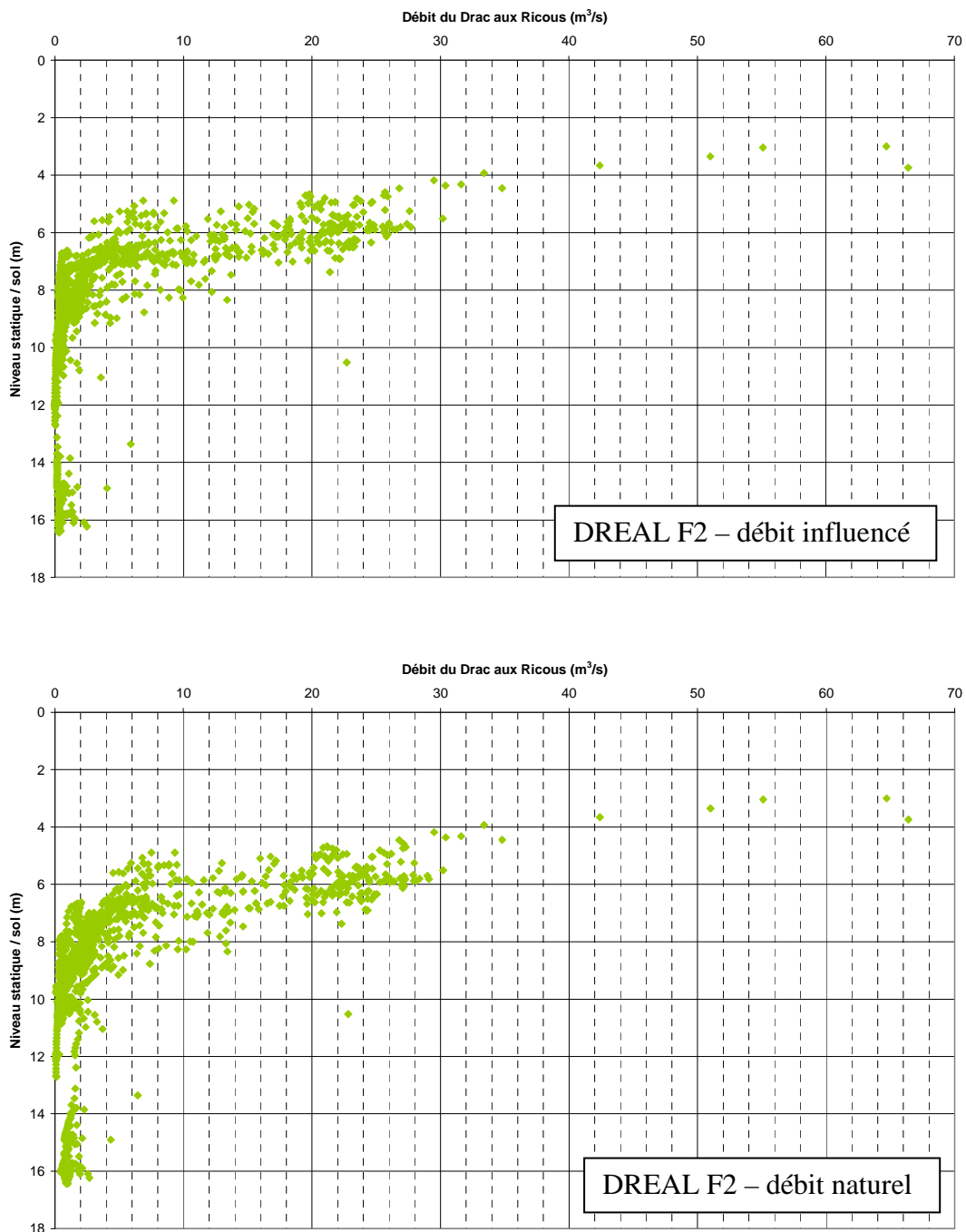


Figure 28 : relation entre le débit du Drac aux Ricous et le piézomètre F2

On remarque que d'une manière générale, que ce soit sur F2 ou S3 la relation entre débit du Drac aux Ricous et piézométrie est linéaire pour les forts débits du Drac : plus le débit est important et plus la piézométrie est haute.

Ce niveau est compris pour F2 entre -3 et -9 m par rapport au sol, pour S3, il s'agit d'un niveau compris entre -1 et -2 m/sol.

On remarque que sur l'ensemble des graphiques les courbes présentent un plongement lorsque le débit du Drac atteint de faibles valeurs. Ceci traduit le déficit d'alimentation de la nappe par le cours d'eau en étiage.

Sur la période couverte à la fois par les mesures piézométriques et la chronique de mesure de débits aux Ricous on observe que le niveau piézométrique sur S3 est passé à deux reprises en deçà du seuil de 2 m : en 2007, alors que le Drac était presque à sec aux Ricous et en 2009.

Les graphiques qui représentent la situation naturelle (ie. débit désinfluencé), montrent deux parties plongeantes distinctes en deçà de ce seuil qui correspondent à l'une et à l'autre année.

Les chroniques de mesure ne permettent pas de traiter l'année 2007 : le nombre de données n'est pas suffisant. La Figure 29 ci-dessous représente la relation entre débit du Drac (naturel et influencé) et piézométrie sur S3.

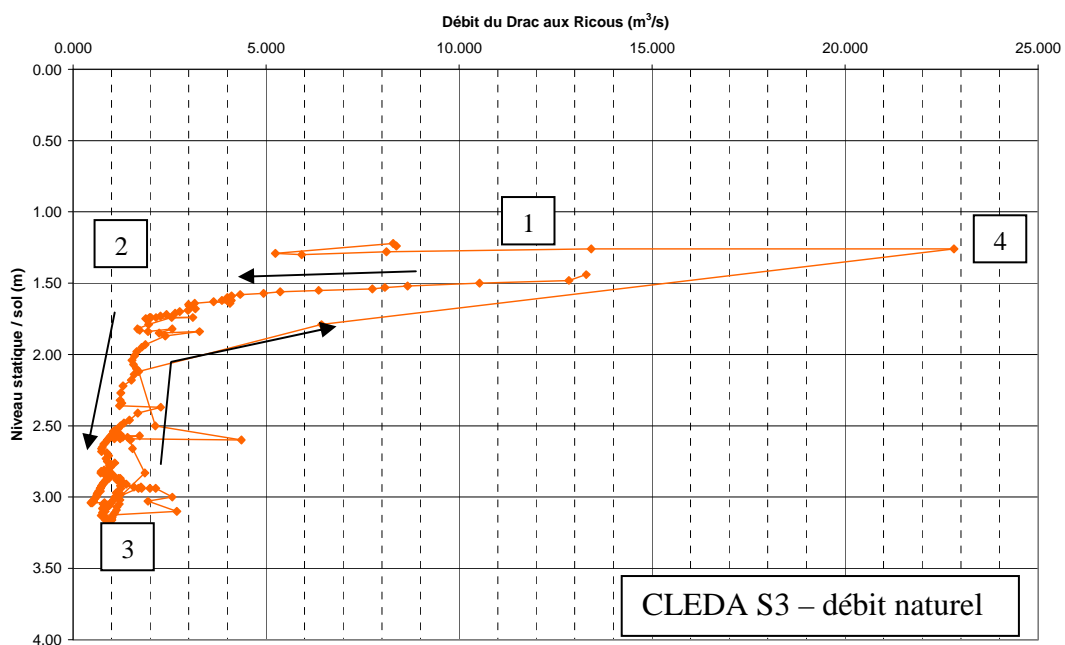


Figure 29 : Relation entre débit du Drac en amont des Ricous et piézométrie sur S3 à l'étiage 2009

Ce graphique montre que lorsque le débit du Drac en amont des Ricous diminue ([1] à [2]), et atteint au maximum 2 m³/s, le niveau piézométrique sur S3 chute rapidement ([2] à [3]). Il faut alors attendre une augmentation importante (> 2 m³/s) pour que le niveau piézométrique sur S3 remonte et retrouve son niveau initial.

On observe un comportement similaire sur F2.

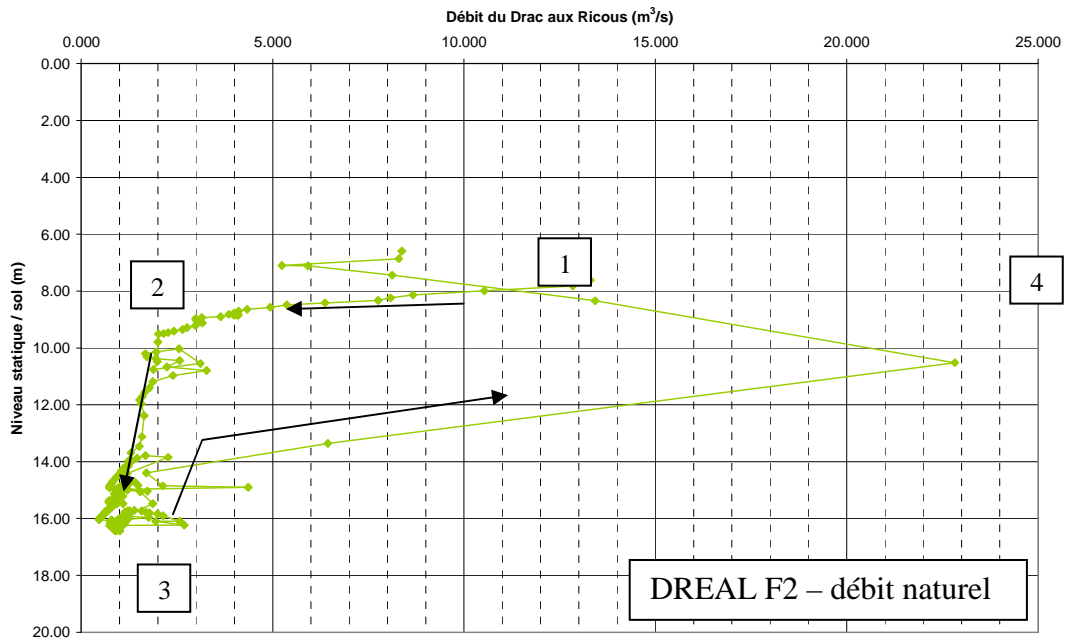


Figure 30 : Relation entre débit du Drac en amont des Ricous et piézométrie sur F2 à l'été 2009

Ces chutes de niveau correspondent également au passage en débit réservé de la prise d'eau des Ricous (env. 200 l/s), comme le montrent les figures ci-dessous.

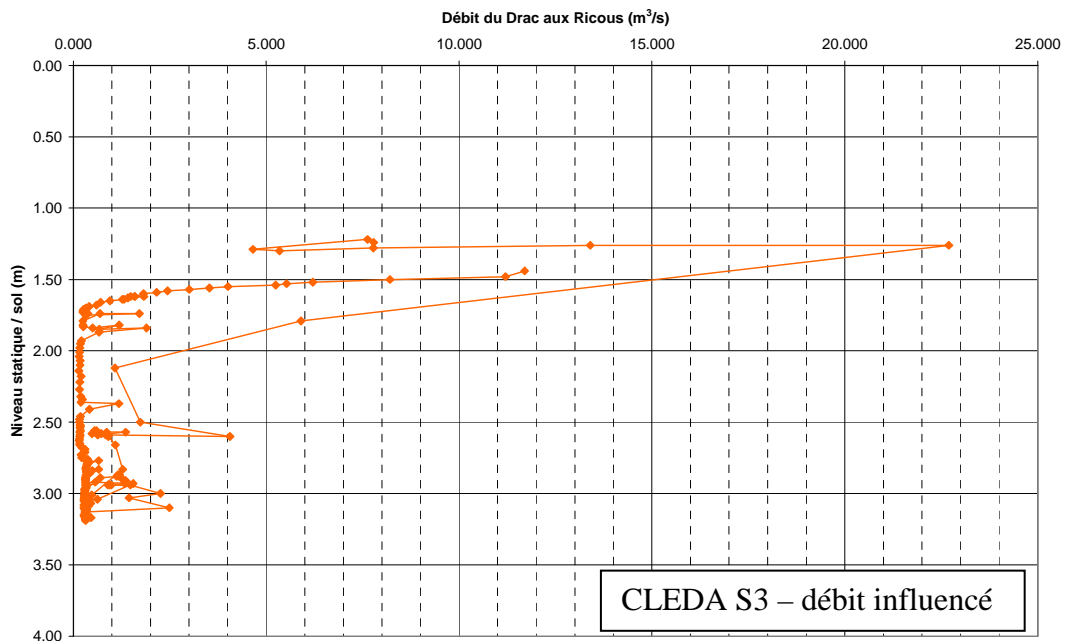


Figure 31 : Relation entre débit du Drac aux Ricous et piézométrie sur S3 à l'été 2009

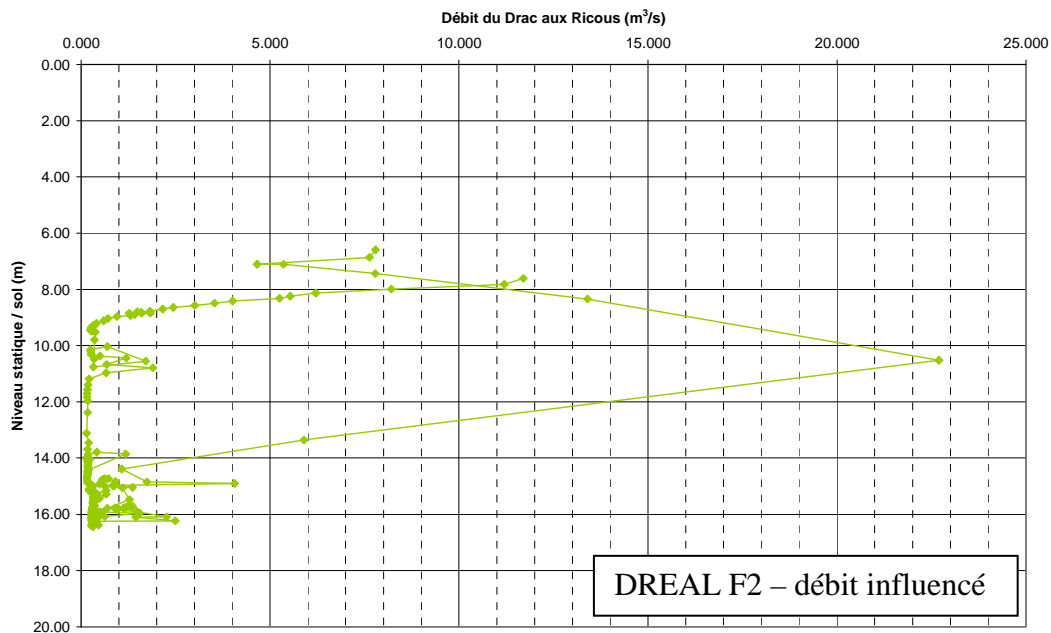


Figure 32 : Relation entre débit du Drac aux Ricous et piézométrie sur F2 à l'été 2009

Les chutes de niveau observées traduisent un défaut d'alimentation du Drac vers la nappe au droit des zones de pertes identifiées : amont et aval de la prise d'eau.

Le débit en amont de la prise d'eau, compris entre 1 et 2 m³/s lors de l'été 2009 n'est pas limitant pour l'infiltration et l'alimentation de la nappe des Ricous.

Ainsi la chute du niveau piézométrique observée est imputable au faible débit maintenu en aval de la prise lors de cette période.

A l'aval de la prise d'eau la connexion entre nappe et cours d'eau est difficile : à de tels débits (200 l/s), si la connexion était bonne la rivière s'infiltrerait totalement : le lit du Drac est donc colmaté.

Lorsque le débit augmente, le lit s'étend et l'infiltration vers la nappe est alors permise : la surface d'échange, plus grande, et l'espace de mobilité du Drac semble t-il plus perméable permettent la remontée du niveau piézométrique. Néanmoins, il est nécessaire que l'augmentation de débit soit suffisamment importante et longue pour réalimenter efficacement l'aquifère.

L'année 2009 est cependant singulière par rapport aux autres années (Cf. Figure 25). C'est la seule qui présente une baisse de la piézométrie aussi accentuée et régulière. La décrue du Drac de juillet 2010 entraîne une chute du niveau piézométrique de moindre ampleur, de même que la décrue d'août 2008.

Ces différences sont dues aux changements de nature et de morphologie du lit du Drac. En effet chacune des crues du cours d'eau modifie son lit et sa composition. Il est probable que la crue du printemps 2009, de faible ampleur, ait charrié et déposé

des fines dans le cours d'eau, avec pour conséquence une réduction voire à partir d'un certain seuil, un arrêt du flux en provenance de la rivière vers la nappe.

En 2008 et 2010 la connexion entre rivière et nappe était alors meilleure limitant l'amplitude de la baisse de la piézométrie.

Ainsi, selon les conditions hydrologiques de l'année (importance des crues, nature des matériaux transportés et déposés par la rivière), les relations entre nappe et rivière sont changeantes, avec des conséquences sur la piézométrie de la nappe des Ricous.

2.3.3 Pompages des Ricous

2.3.3.1 Régime de pompage

Il existe deux forages dans la nappe des Ricous. Ces ouvrages sont utilisés par les ASA du Champsaur et sont mis en fonctionnement lorsque le prélèvement effectué à la prise des Ricous ne permet pas de satisfaire leurs droits d'eau.

Les pompages sont également occasionnellement utilisés pour pallier la dégradation de la qualité des eaux et/ou un déficit quantitatif de la ressource en eau et secourir ainsi l'alimentation en eau de la ville de Gap.

Les forages de la nappe des Ricous sont équipés pour pomper respectivement 100 et 170 l/s pour un débit maximum de 270 l/s, soit 972 m³/h.

Le tableau suivant reprend les périodes de mise en service des forages des Ricous.

Année	Date début	Date fin	Volume
2005	16/07	31/07	118 276 m ³
	01/08	05/09	378 688 m ³
2006	Pas de suivi		
2007	19/07	10/11	1 500 000 m ³
2008	Pas de pompage		
2009	30/07	01/08	45 173m ³
	18/08	25/08	105 700 m ³
2010	Pas de pompage		

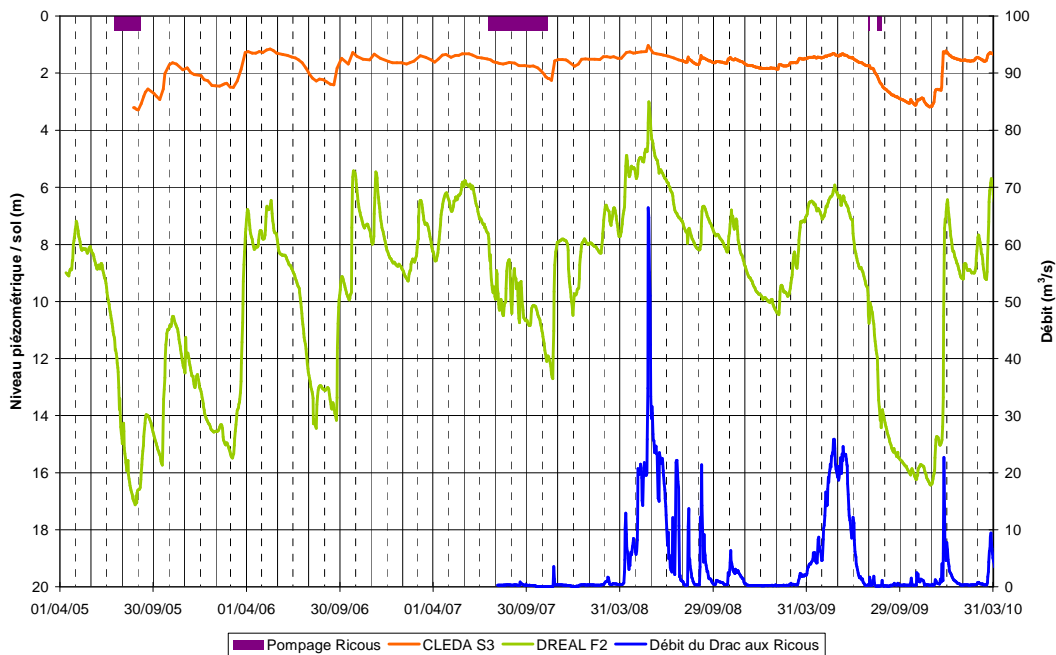


Figure 33 : Périodes de pompage aux Ricous

2.3.3.2 Influence sur le débit des adoux

Lors des essais de pompage conduits en 1989 sur les forages des Ricous, le SRAE a constaté une diminution du débit du Drac à Pont du Fossé, équivalente au débit pompé.

Ces baisses de débit ont été constatées sur une période de 10 et 15 jours (pompage de 100 l/s puis augmentation à 200 l/s).

A l'arrêt des pompes une augmentation du débit du Drac a été constatée, du même ordre de grandeur, après 15 jours.

Les variations de débit observées sont imputées aux pompes des Ricous, et sont liées à l'importance des débits prélevés dans la nappe.

L'assèchement des adoux est lié à la fois à l'importance du débit de pompage aux Ricous, mais également aux conditions climatiques : leur débit est dépendant du débit de la nappe, et donc de son niveau, ceux-ci fonctionnant comme un trop plein.

Cette influence sur le débit des adoux s'expliquerait par l'existence de chenaux très perméables au sein des alluvions des Ricous, qui seraient moins perméables. Ces chenaux seraient sollicités par les forages des Ricous et permettraient la transmission rapide de l'influence des pompes sur les adoux.

2.3.3.3 Influence sur la piézométrie

Les pompages aux Ricous ont une influence sur la piézométrie. On observe notamment au niveau du piézomètre F2 (200 à l'aval) des variations importantes liées aux pompages : en 2007, après 14 jours de pompage à 270 l/s (E1 et F1 en fonctionnement), le rabattement induit par pompage sur F2 est de 2,1 m.

Néanmoins, plus à l'aval au niveau du piézomètre S3, l'influence des pompages sur la piézométrie n'est pas perceptible. Dans ce secteur l'influence du débit du Drac est prépondérante.

De plus, la mise en route des pompages intervient en période sèche, pour compenser le manque d'eau depuis la prise d'eau superficielle des Ricous. Lorsque le débit du Drac est trop faible la nappe n'est alors plus alimentée du fait de l'imperméabilité du lit de la rivière.

La piézométrie est alors basse, influencée par l'hydrologie du cours d'eau.

2.4 Conclusions

Le débit du Drac constitue via les pertes par infiltration le principal facteur d'influence de la piézométrie de la nappe des Ricous.

L'importance de ces pertes varie au cours de l'année et d'un événement hydrologique à l'autre. Ces variations sont liées au débit du cours d'eau (qui fait varier la surface mouillée du lit, et donc la zone d'échange possible), et au colmatage du lit : la perméabilité du lit est liée à la proportion de fines.

Sur la zone amont (S1, S2), la piézométrie est déconnectée du Drac et nettement sous le sol et le fil d'eau : la nappe est alimentée par les pertes du Drac. L'amplitude de variation est plurimétrique. Les chutes de niveau observées à l'étiage traduisent un déficit d'alimentation de la nappe par le Drac, lié au débit réduit du cours d'eau, notamment en aval de la prise d'eau (débit réservé).

Dans la partie aval (S3) le niveau de la nappe est proche du sol et le niveau des hautes eaux est calé par le fil d'eau du Drac. L'amplitude de variation est réduite à moins de 2 m.

L'influence des pompages aux Ricous est importante en amont, sur F2 et S2. Elle est plus réduite en aval : les chroniques piézométriques ne mettent pas en évidence d'influence du pompage sur S3.

Le principal facteur d'influence de la piézométrie sur S3 est le débit du Drac à l'aval de la prise des Ricous. Ce débit, lorsqu'il est trop faible, ne permet pas d'alimentation la nappe du fait de l'imperméabilité du lit.

Néanmoins, les pompages peuvent avoir une influence sur les adoux à l'amont de Pont du Fossé. Ils semblent en effet solliciter au sein des alluvions des chenaux à

plus forte perméabilité, qui permettent une transmission rapide de l'influence du pompage (une quinzaine de jours) vers les adoux.

La relation entre débit du Drac et infiltration vers la nappe apparaît inconstante. D'une année à l'autre, à conditions hydrologiques similaires, la relation débit/niveau piézométrique varie et cela en fonction probablement des modifications du lit liées au transport solide du cours d'eau et à sa capacité d'érosion. Le recul sur les données disponibles n'est à l'heure actuelle pas suffisant pour permettre de caractériser les paramètres qui pilotent cette relation.

Il est alors difficile, en l'état actuel des connaissances sur le Drac et des mesures disponibles, d'établir une relation univoque entre débit du Drac et piézométrie de la nappe valide pour chaque année.

Le modèle de relation entre débit et niveau établi sur les chroniques passées permet toutefois d'évaluer un débit seuil à l'aval de la prise des Ricous en deçà duquel le niveau de la nappe ne peut être soutenu. Ce débit, **susceptible de varier d'une année à l'autre** en fonction de la morphologie du lit du cours d'eau est de l'ordre de 500 l/s.

3

Nappe de Chabottes

3.1 Fonctionnement

Le fonctionnement de la nappe de Chabottes est décrit dans le rapport de Phase II de la présente étude.

On en reprendra ici les caractéristiques principales.

3.1.1 Alimentation

La nappe de Chabottes est alimentée par :

- La pluie utile sur la surface des alluvions, représentant environ 30 l/s ;
- L'apport par la nappe au seuil de Pont du fossé, qui représente un débit estimé entre 700 et 900 l/s ;
- L'apport des affluents, dont les débits sont en général inférieurs à 10 l/s en fin de printemps, et taris à l'étiage.

3.1.2 Exutoires

Comme la nappe des Ricous, la nappe de Chabottes connaît un resserrement à l'aval. Elle passe alors en position d'alimentation de la rivière et donne naissance à un réseau d'adoux qui rejoint ensuite le Drac.

A l'aval du Pont de Chabottes, le Drac est en position drainante par rapport à la nappe.

La nappe de Chabottes est également sollicitée pour l'alimentation en eau potable par le puits de Chabottes, qui prélève un volume annuel de 200 000 m³ environ pour l'alimentation de Chabottes et qui sert de complément pour quelques communes avoisinantes.

Il existe également un autre captage, le puits de la piscine, qui sert de complément et de ressource de secours à la commune de Saint Léger les Mèlèzes. Ce captage n'est pas employé en temps normal.

3.2 Piézométrie

La nappe de Chabottes est suivie par un réseau de piézomètres de la CLEDA. On dispose ainsi de mesures régulières depuis 2005 et quotidiennes depuis août 2008.

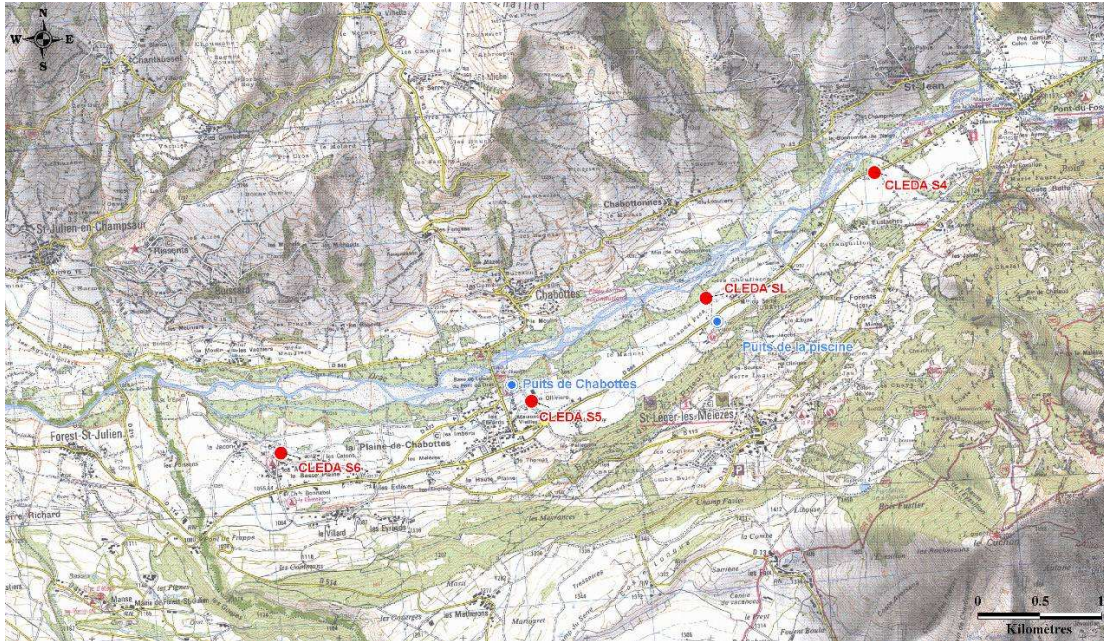


Figure 34 : Localisation des piézomètres de la nappe de Chabottes

3.2.1 Cartes piézométriques

Des cartes piézométriques ont été dressées dans le cadre de l'étude hydrogéologique menée par SAFEGE en 2006 (Cf. Figure 35, Figure 36).

En parallèle des profils en long de la nappe et de la rivière ont été dressés (Cf. Figure 37).

Ces documents montrent deux situations :

- En hautes eaux, la nappe est généralement en position d'alimenter le Drac ;
- En étiage, le Drac est perché à l'amont, puis vers l'aval, à partir des Choulières, le Drac est en position drainante.

Néanmoins, ces conditions sont susceptibles de modifications par les crues du Drac, qui peuvent changer la morphologie du lit, et la proportion de fines, modifiant ainsi les relations entre la rivière et sa nappe d'accompagnement.

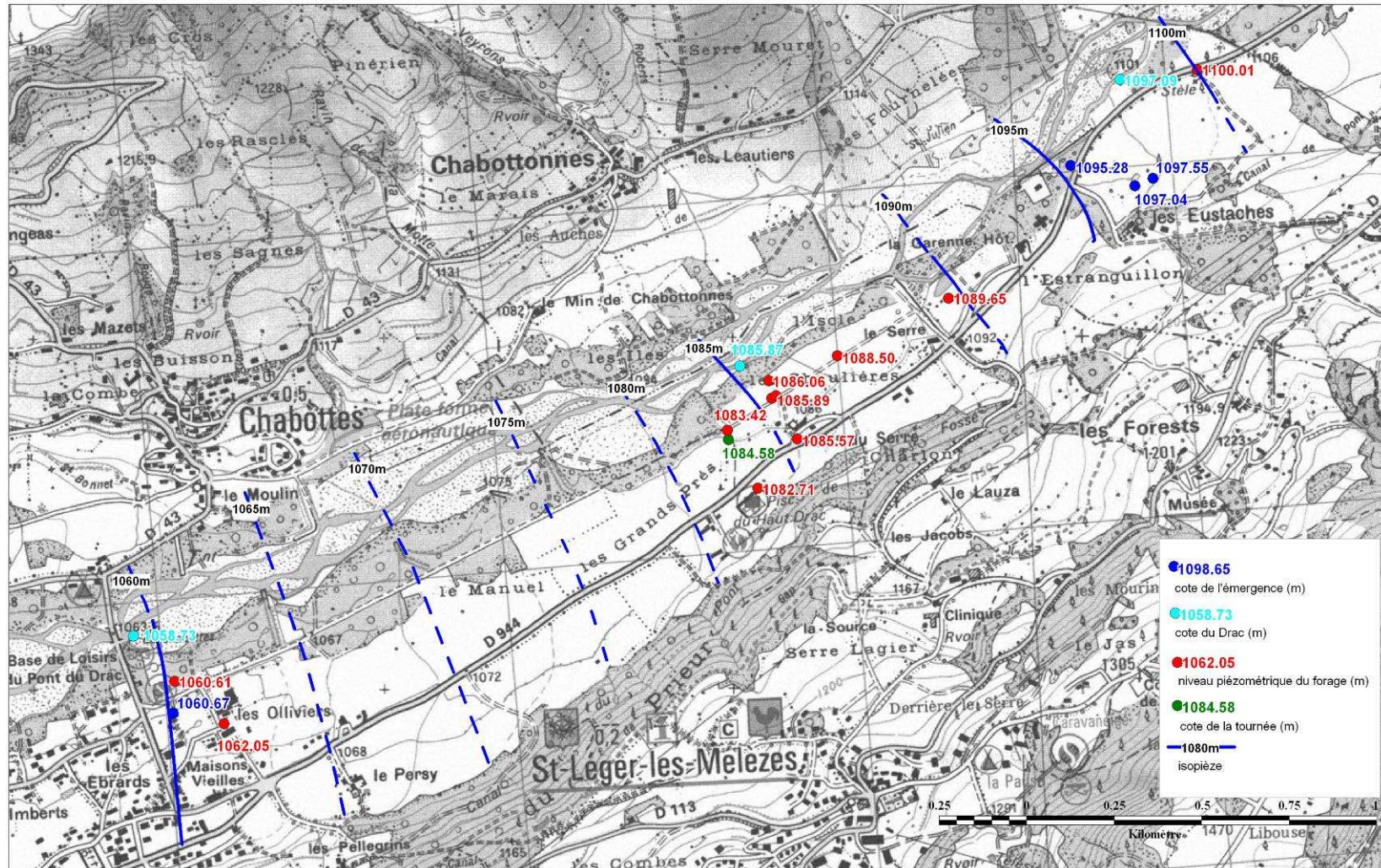


Figure 35 : Piézométrie de la nappe de Chabottes en hautes eaux (13 au 21 juin 2006)

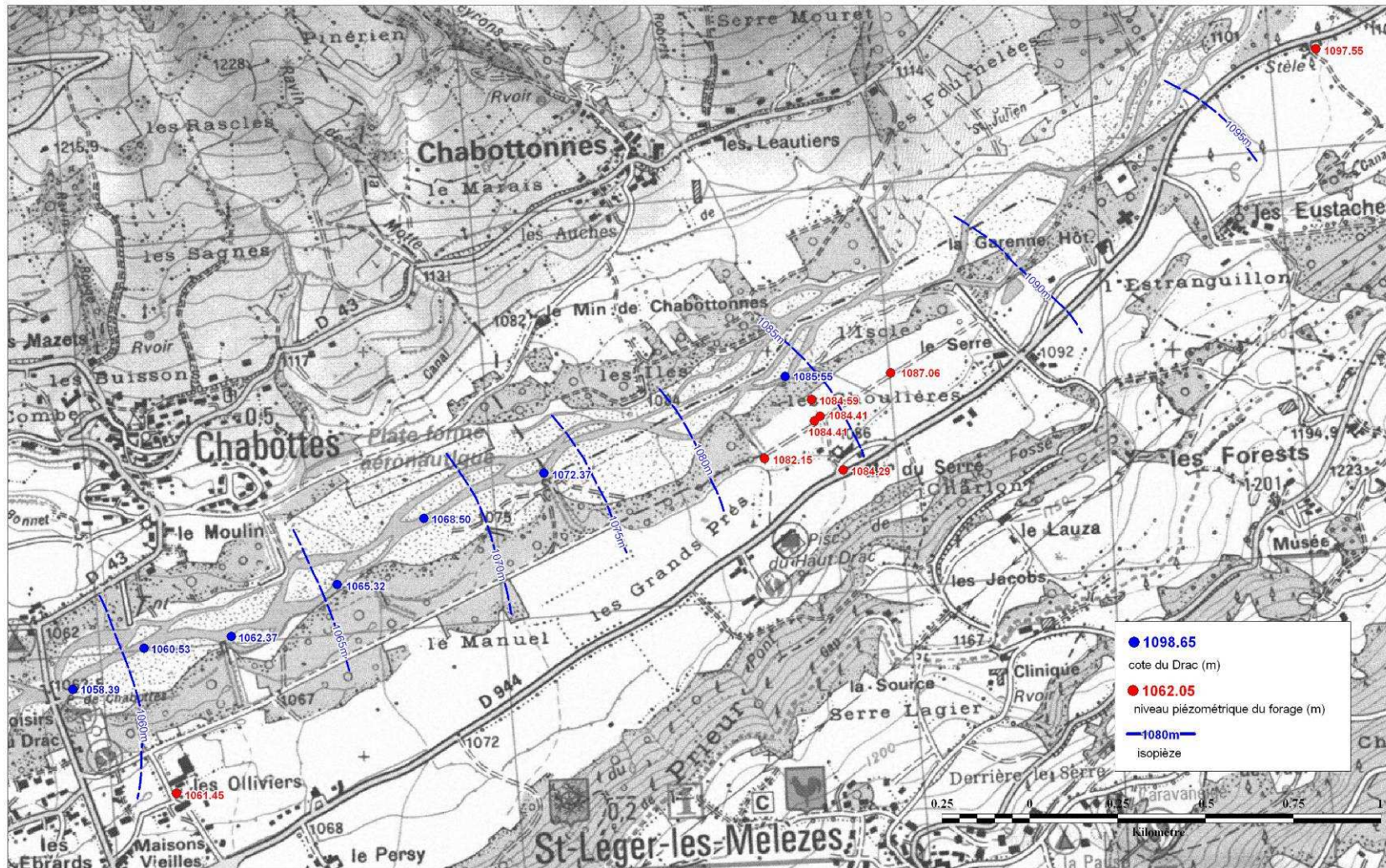
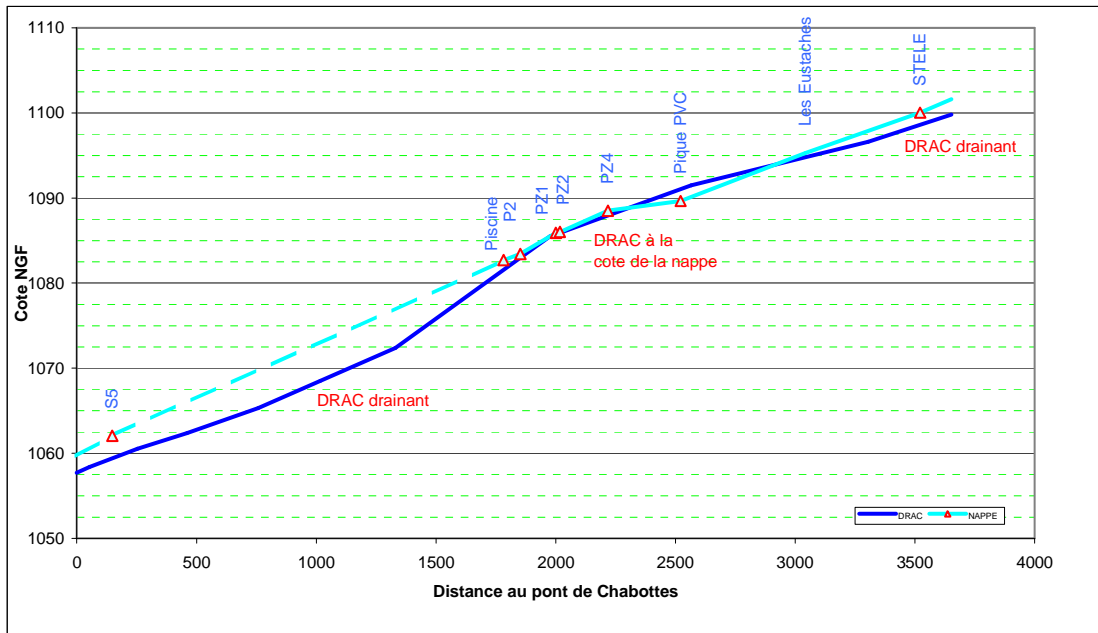


Figure 36 : Piézométrie de la nappe de Chabottes à l'été (12 septembre 06)

Hautes eaux : juin 2006



Basses eaux : septembre 2006

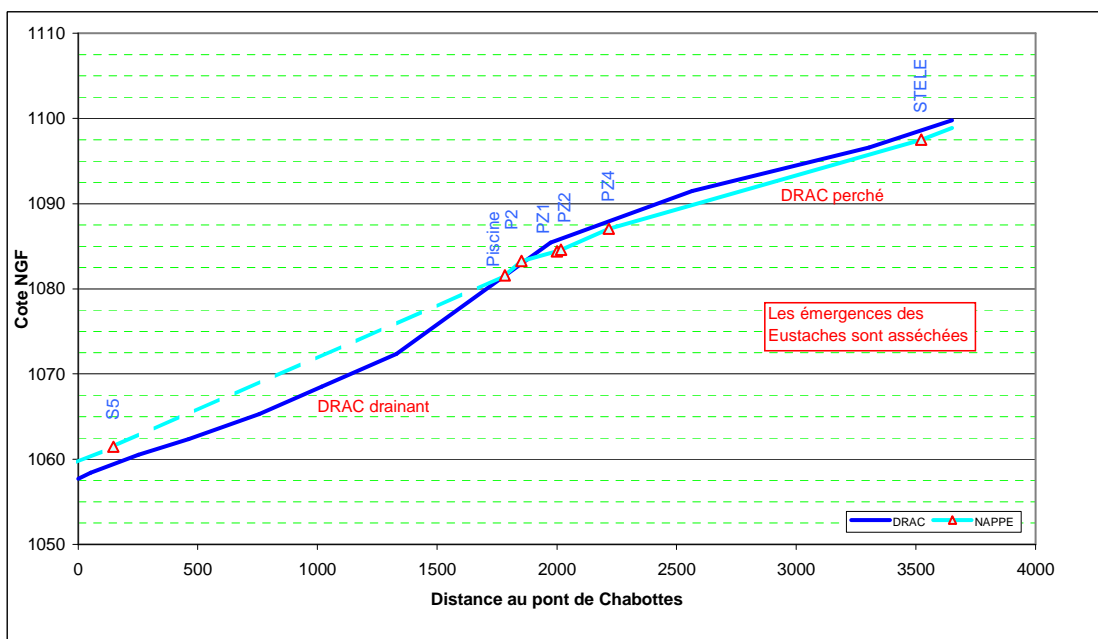


Figure 37 : Profil en long de la nappe de Chabottes et du Drac - 2006

3.2.2 Variations piézométriques

La Figure 38 présente les mesures effectuées depuis 2005 sur les piézomètres de la nappe de Chabottes.

On a, depuis l'amont de la nappe de Chabottes vers l'aval : S4, SL, S5, et S6.

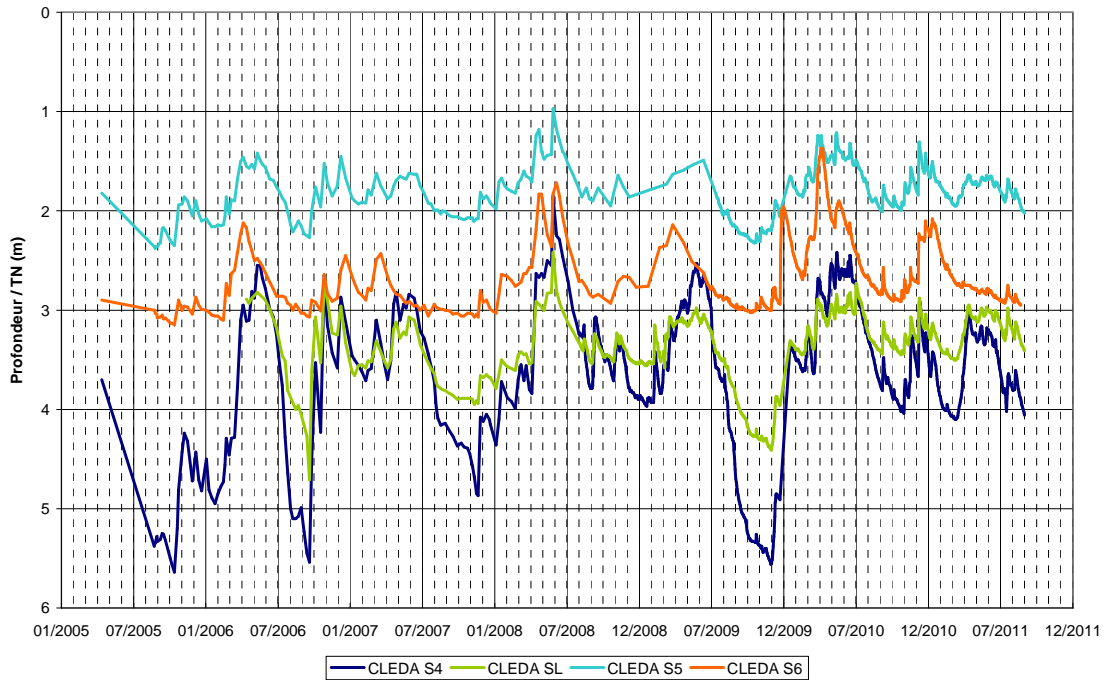


Figure 38 : Variations piézométriques enregistrées sur la nappe de Chabottes – NS / Sol

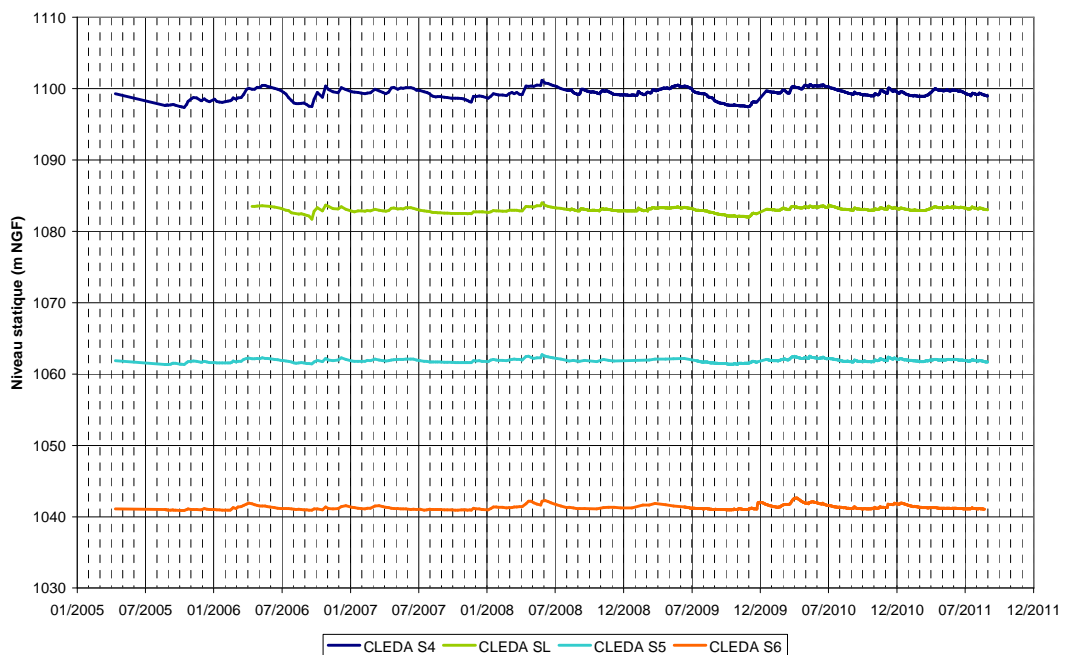


Figure 39 : Variations piézométriques enregistrées sur la nappe de Chabottes – m NGF

Les suivis montrent :

- Sur tous les ouvrages une variation annuelle marquée par :
 - une période de hautes eaux printanière ;
 - une baisse estivale de la nappe ;
 - une remontée automnale plus ou moins précoce ;
- Des comportements relativement différents entre les ouvrages :
 - les années 2005, 2006 et 2009, à l'étiage marqué sur S4, SL et S5 ;
 - le piézomètre S6 au droit duquel ces années sont moins marquées.

Le graphe montre globalement une diminution des amplitudes de variation de l'amont vers l'aval :

- S4 : amplitude de 3,79 m ;
- SL : amplitude de 2,29 m ;
- S5 : amplitude de 1,41 m ;
- S6 : amplitude de 1,78 m.

Ces amplitudes sont beaucoup plus faibles que celles observées aux Ricous.

Les différences observées entre les ouvrages de la nappe de Chabottes sont dues à l'aplatissement de la nappe, calée en aval sur la cote des émergences de Chabottes, et décrochant à l'amont lorsque l'apport est insuffisant.

L'assèchement des émergences des Eustaches a été constaté lors des étiages de 2006 et 2009, plutôt sévères à l'échelle de la chronique de mesures. Ces assèchements sont naturels.

3.3 Influence du pompage sur la piézométrie mesurée

Des essais de pompage ont été conduits dans le cadre du projet de forage des Choulières. Ils ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

Ceux-ci sont au niveau des Choulières :

	Descente				Remontée		
	Transmissivité	Perméabilité en m/s Min Max		Emmagasinement	Transmissivité	Perméabilité en m/s Min Max	
Forage	4.0E-02 m ² /s	6.7E-04 à	1.0E-03 m/s				
PZ 1	1.1E-01 m ² /s	1.8E-03 à	2.2E-03 m/s	1.4E-02	1.5E-01 m ² /s	2.5E-03 à	3.0E-03 m/s
PZ 2	7.2E-02 m ² /s	1.2E-03 à	3.6E-03 m/s		2.6E-01 m ² /s	4.3E-03 à	1.3E-02 m/s
P2	9.5E-02 m ² /s	1.6E-03 à	4.8E-03 m/s				
PZ 3	8.0E-02 m ² /s	1.3E-03 à	4.0E-03 m/s	1.0E-01	1.2E-01 m ² /s	2.0E-03 à	6.0E-03 m/s
PZ 4	8.6E-02 m ² /s	1.4E-03 à	4.3E-03 m/s	8.6E-02	2.5E-01 m ² /s	4.2E-03 à	1.3E-02 m/s
Piscine	6.3E-02 m ² /s	1.1E-03 à	3.2E-03 m/s				

A partir de ces paramètres on peut évaluer le rayon d'influence du puits de Chabottes. Les paramètres T et S ont été calés sur les rabattements observés lors du pompage d'essai de 2006.

Afin de maximiser l'influence du puits de Chabottes, le débit maximum autorisé par les pompes a été pris, soit 20 + 30 l/s (source : SDAEP de la commune de Chabottes, SIEE), pendant 24 h.

PUITS DE CHABOTTES : ESTIMATION DE L'INFLUENCE

Calcul d'influence à partir de la méthode de Jacob

Transmissivité = 1.20E-1 m²/s
 Puissance = 60 m
 K = 2.0E-3 m/s
 Emmagasinement = 1.0E-1

Débit = 180.0 m³/h
 Durée = 24 h
 Volume période = 4 320 m³
 Volume journalier = 4 320 m³

Delta au puits = 0.47 m
 Débit spécifique = 383.0 m³/h/m

Nom de l'ouvrage	CLEDA S5	CLEDA SL	CLEDA S6	CLEDA S4
A une distance de	200 m	1700 m	1900 m	3400 m
rabattement =	0.06 m	Nul	Nul	Nul
Rayon d'action =	483 m	483 m	483 m	483 m

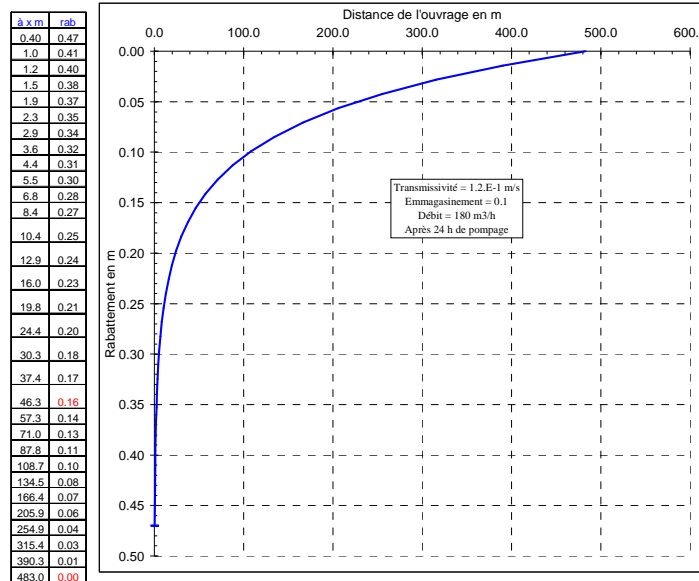


Figure 40 : Estimation de l'influence du puits de Chabottes

Le calcul donne, dans les conditions de pompage données ci-dessus, un rayon d'action de 480 m environ.

Dans ces conditions, l'influence maximale sur CLEDA S5, situé à 200 m environ de l'ouvrage est de l'ordre de 5 cm. Elle est nulle sur les autres ouvrages.

Ainsi les mesures piézométriques effectuées sur la nappe de Chabottes ne sont pas influencées directement par les ouvrages de pompage existants.

3.4 Conclusions

La nappe de Chabottes est pilotée à l'amont par le débit de la nappe à Pont du Fossé. Cette alimentation est, en proportions, la plus importante (Cf. Paragraphe 3.1.1).

En hautes eaux, le Drac est en position drainante, à l'amont et à l'aval de la nappe. En période d'étiage, les émergences de nappe en amont peuvent s'assécher, et le Drac passer en position perchée par rapport à la nappe.

A l'aval, le Drac est en position drainante, quelque soit la période hydrologique.

L'influence des ouvrages existants sur la piézométrie de la nappe est faible : elle est circonscrite aux environs immédiats des ouvrages.

Ainsi, la piézométrie actuellement mesurée sur les ouvrages de la nappe de Chabottes est une piézométrie qui n'est pas influencée par les prélèvements existants sur l'aquifère.



**ATTEINDRE
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF
EN AMÉLIORANT
LE PARTAGE
DE LA RESSOURCE EN EAU
ET EN ANTICIPANT
L'AVENIR**

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

Maître d'ouvrage :

- Communauté Locale de l'Eau du Drac Amont

Financeurs :

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse
- Union Européenne

Bureau d'études :

SAFEGE Ingénieurs Conseil