

# ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



## Sous bassin versant de l'YZERON

Phase 3 : Etude des relations entre prélèvements, nappes  
et cours d'eau • Janvier 2012





---

# ETUDE DES RELATIONS ENTRE PRELEVEMENTS, NAPPES ET COURS D'EAU

<b>1. METHODOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ESTIMATION DES PRELEVEMENTS DANS LES NAPPES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Estimation des prélèvements domestiques</b>	<b>5</b>
2.1.1 Étude bibliographique préalable	5
2.1.2 Application au bassin versant de l'Yzeron	8
2.1.3 Conclusions	20
<b>2.2 Estimations des prélèvements liés aux eaux claires parasites</b>	<b>21</b>
2.2.1 Problématique	21
2.2.2 Données bibliographiques	22
2.2.3 Conclusions	27
<b>3. RELATIONS ENTRE NAPPES ET COURS D'EAU .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Approche paramétrique de l'inertie des nappes</b>	<b>30</b>
3.1.1 Hypothèses	31
3.1.2 Simulations	38
3.1.3 Conclusions	50
<b>3.2 Impact des prélèvements sur les cours d'eau</b>	<b>52</b>
3.2.1 Simulations	52
3.2.2 Conclusions	58
<b>4. SYNTHÈSE GÉNÉRALE :.....</b>	<b>59</b>
<b>5. RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES .....</b>	<b>60</b>



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Nb par communes de parcelles bâties avec jardin de plus de 200 m <sup>2</sup> .	9
Figure 2 : Profondeur moyenne de nappe et coût estimatif de réalisation d'un forage, par commune.	11
Figure 3 : Rentabilité moyenne d'un forage par commune).	13
Figure 4 : Profondeur de la première nappe accessible, dans chaque commune des Pyrénées Orientales (Montginoul, 2008).	14
Figure 5 : Pourcentage de ménages avec des forages, par commune (Montginoul, 2008).	15
Figure 6 : Carte hydrologique des couloirs fluvio-glaciaires de l'Est Lyonnais (SAGE de l'Est Lyonnais, 2011).	16
Figure 7 : Exemple d'estimation des puits et forages, pour la commune de Colombier (Primus, 2008).	17
Figure 8 : Estimation du nombre de forages domestiques par commune et prélèvements associés.	19
Figure 9 : Phénomènes explicatifs des eaux claires parasites.	21
Figure 10 : Méthode pour mesurer les ECP.	21
Figure 11 : Mesures des ECP des communes extérieures au Grand Lyon par temps sec (SAFEGE, 2007).	26
Figure 12 : Part des communes extérieures au Grand Lyon dans les ECP mesurées en sortie de bassin versant (SAFEGE, 2007)	26
Figure 13 : Estimation des débits fictifs continus infiltrés dans le réseau d'assainissement par temps humide, à partir des données du grand Lyon (BRLi, 2011).	27
Figure 14 : Eléments de contrainte pour l'estimation des débits liés aux ECP en période d'étiage.	28
Figure 15 : Estimation des débits liés aux ECP en période d'étiage.	29
Figure 16 : Problématique de l'inertie des nappes et stratégie de modélisation.	30
Figure 17 : Moyennes mensuelles des pluies efficaces.	32
Figure 18 : Distribution annuelle des pluies efficaces de 1970 à 2009.	33
Figure 19 : Exemple de débits simulés selon le type de conditions aux limites censées représenter un cours d'eau.	35
Figure 20 : Débits mensuels des sources de socle (de 2004 à 2008).	36
Figure 21 : Débits des cours d'eau à l'étiage - Octobre 2011.	37
Figure 22 : Structure de l'aquifère de socle modélisé.	38
Figure 23 : Exemple de piézométrie simulée dans les aquifères de roche de socle (simulation S6).	39
Figure 24 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour un aquifère de socle sans prélèvements domestiques.	40
Figure 25 : Décomposition mensuelle de la participation des nappes de socle à l'alimentation des cours d'eau.	41
Figure 26 : Structure de l'aquifère de Méginant	42
Figure 27 : Piézométries simulées dans l'aquifère Méginant.	43
Figure 28 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère Méginant sans prélèvements domestiques.	44

---

Figure 29 : Décomposition mensuelle de la participation de la nappe de Méginant à l'alimentation de l'Yzeron.....	45
Figure 30 : Structure de l'aquifère de Francheville.....	46
Figure 31 : Piézométries simulées dans l'aquifère Francheville. ....	47
Figure 32 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Francheville sans prélèvements domestiques.....	48
Figure 33 : Décomposition mensuelle de la participation de la nappe de Francheville à l'alimentation de l'Yzeron.....	49
Figure 34 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour un aquifère de socle avec prélèvements domestiques.....	52
Figure 35 : Piézométrie simulée dans les aquifères de roche de socle avec prélèvements domestiques. ....	53
Figure 36 : Distribution des forages fictifs censés représenter les forages domestiques sur l'aquifère de Méginant. ....	54
Figure 37 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Méginant avec prélèvements domestiques.....	55
Figure 38 : Piézométrie simulée dans l'aquifère de Méginant avec prélèvements domestiques.....	55
Figure 39 : Distribution des forages fictifs censés représenter les forages domestiques dans l'aquifère de Francheville.....	56
Figure 40 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Francheville avec prélèvements domestiques.....	57
Figure 41 : Piézométrie simulée dans l'aquifère de Francheville avec prélèvements domestiques.....	57
Figure 42 : Synthèse des relations nappes-rivières.....	59

# PREAMBULE

Le bassin versant de l'Yzeron est soumis à des étiages sévères. Ces étiages, récurrents, mettent en évidence un déséquilibre structurel entre offre et demande en eau en période estivale. Le rétablissement de l'équilibre entre offre et demande en eau est un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de l'eau. Cet objectif s'inscrit aussi pleinement dans celui, plus large, de la mise en oeuvre de la DCE2. Cette dernière exige l'atteinte du bon état des ressources en eau à l'horizon 2015, et pour ce faire le rétablissement de l'équilibre offre/demande en eau.

La notion de volume prélevable est au cœur de la démarche du rétablissement de l'équilibre offre /demande en eau. Défini de manière simplifiée, le volume prélevable sur un bassin donné est la différence entre la ressource disponible a priori (ressource naturelle et volumes de régulations éventuellement disponibles) et ce qu'il faut laisser dans le milieu pour garantir son bon état.

La présente étude a ainsi pour premier objectif d'établir un bilan entre la ressource en eau et les besoins de prélèvement en eau (agriculture, eau potable, industrie et milieu naturel) afin de caractériser la pression exercée actuellement sur le milieu et de déterminer les volumes prélevables à l'avenir.

Conscients des déséquilibres existants sur l'Yzeron, le Syndicat d'Aménagement et de Gestion de l'Yzeron, du Ratier et de Charbonnières (SAGYRC), ainsi que les acteurs de l'eau et les partenaires techniques concernés par le bassin versant de l'Yzeron, ont décidé de lancer un Protocole de Gestion Concertée de la Ressource (PGCR) en 2007.

La présente étude a pour objet la détermination des volumes maximum prélevables sur le bassin versant de l'Yzeron. Elle s'inscrit dans la poursuite de l'étude de faisabilité pour une meilleure gestion des étiages réalisée en 2006 par BRL. Cette dernière avait permis une appréciation technique et financière des solutions d'aménagement proposées par BCEOM en 1999, et avait également contribué à améliorer la connaissance des usages de l'eau sur le bassin.

L'étude est programmée comme suit :

- ▶ Phase 1 : Caractérisation des sous-bassins et aquifères et recueil de données complémentaires.
- ▶ Phase 2 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution.
- ▶ Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes.
- ▶ Phase 4 : Détermination des débits minimums biologiques et des objectifs de niveau de nappe.
- ▶ Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et des Débits d'Objectif d'étiage.
- ▶ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et proposition de périmètre d'organisme unique.

**Le présent rapport présente les aspects liés aux eaux souterraines de la phase 3 de l'étude des volumes prélevables du bassin versant de l'Yzeron.**

**Son rédacteur principal est l'expert hydrogéologue Pascal Fénart de la société HYDROFIS.**





## 1. METHODOLOGIE

Dans le cadre de l'étude sur les volumes prélevables dans le bassin versant de l'Yzeron, HYDROFIS en sa qualité de sous-traitant de BRLi travaille sur tous les aspects relatifs à l'hydrogéologie.

Le CCTP prévoyait l'opportunité d'une étude spécifique sur les prélèvements dits domestiques qui seraient susceptibles d'avoir un impact non négligeable sur les étiages des cours d'eau superficiels.

On peut résumer la problématique suivant le schéma suivant. La détermination des volumes prélevés domestiques cumule trois niveaux d'incertitude :

- Une incertitude sur le nombre de forages/puits actifs.
- Une incertitude sur les volumes domestiques prélevés.
- Une incertitude sur la réelle contribution des eaux prélevés aux cours d'eau durant les étiages (inertie des nappes et impact des pompages en fonction de la distance aux cours d'eau).

HYDROFIS a travaillé depuis un mois (étude préliminaire composée d'une pré-étude sur photographie aériennes, d'une revue bibliographique, de reconnaissances terrain et d'entretiens semi directifs...), pour définir une méthode qui tente de réduire chacune de ces incertitudes. Cette méthode a été présentée au SAGYRC en Comité technique restreint le 6 juillet 2011.

Nous avons suivi une approche phasée de la façon suivante :

### (1) Estimation du nombre de points d'accès à la nappe :

L'étude préliminaire avait permis de faire les constats suivants :

- Critères discriminants : existence d'une surface libre au sol de plus de 200 m<sup>2</sup> + nappe peu profonde + prix de l'eau
- Critères socio-économiques sur les catégories d'usagers sont non discriminants.
- Attributs physiques des propriétés sont non discriminants : piscine, surface des terrains,...
- Approche par cartes topographiques ou photographies aériennes impossible (manque de précision pour repérer les têtes de puits et de forages).
- Approche de terrain fastidieuse et non exhaustive.

Au vu de ces constats, nous avons mis en oeuvre, donc pour réduire l'incertitude sur ce paramètre une approche comparative avec des études existantes, avec une analogie pondérée aux critères discriminants. Les deux études de référence sont les études de M. Montginoul du CEMAGREF (Secteur d'étude dans les PO) et celle de la DDT69 sur l'est Lyonnais. Dans ces études, le nombre de forage a été estimée par des moyens jugés a priori fiables. L'idée est de transposer leurs résultats en les pondérant au moyen d'une grille de variation sur des paramètres jugés significatifs.

### (2) Estimation des usages liés aux prélèvements dits domestiques :

Elle repose sur une analyse bibliographique et sur des entretiens semi-directifs avec des acteurs du territoire.

### (3) Estimation des débits d'eaux claires parasites :

Le rapport de phase 1 a fait apparaître une problématique forte autour des eaux drainées par les collecteurs d'eaux usées. certaines études font en effet apparaître des volumes drainés très importants (> 100 l/s en sortie de bassin versant).

Nous avons donc recollé les informations relatives aux eaux claires parasites pour les contextualiser vis à vis des connaissances acquises sur les caractéristiques hydrogéologiques du bassin versant.

### (4) Estimation de l'inertie des nappes :

L'impact des prélèvements sur le débit des cours d'eau dépend à la fois des propriétés hydrodynamiques des aquifères, du contexte hydrogéologique (distance aux encaissements, relations avec d'autres nappes,...) et de la distance des points de prélèvements aux cours d'eau.

Nous proposons une étude spécifique sur ces questions au moyen d'une étude paramétrique. Elle a été réalisée à l'aide du progiciel MODFLOW. L'objectif final est de déterminer quelles sont les nappes du bassin versant qui participent de manière significative au soutien d'étiage en période estivale.

Cette étude est basée sur l'exploitation des principales informations acquises en phases 1 et 2 de l'étude : configurations hydrogéologiques observées sur le bassin versant de l'Yzeron, paramètres hydrodynamiques mesurés,....

**Le présent rapport décrit l'application de cette méthode et présentent les résultats à intégrer dans l'étude globale de détermination des volumes prélevables dans le bassin versant de l'Yzeron.**

## 2. ESTIMATION DES PRELEVEMENTS DANS LES NAPPES

### 2.1 ESTIMATION DES PRELEVEMENTS DOMESTIQUES

#### 2.1.1 Étude bibliographique préalable

L'étude bibliographique préalable a consisté à collecter puis à analyser toutes les études relatives à l'estimation du nombre de forages domestiques et à l'approche des volumes prélevés associés.

Cette approche documentaire a été complétée par des entretiens ciblés auprès de professionnels sachant : ingénieur du BRGM, entreprises de forages, ingénieurs des services déconcentrés de l'État en charge de la Police de l'Eau,...

##### 2.1.1.1 Informations sur les points d'accès aux nappes

Cette étude préalable a permis de recenser toutes les méthodes utilisables pour dénombrer les forages domestiques. Chacune présente avantages et inconvénients :

###### Exploitation de la Banque de données du sous-sol (BSS).

Depuis de nombreuses années, le BRGM compile les données de forages sur le site Infoterre.fr. Malheureusement, les forages et puits renseignés dans la BSS sont trop peu nombreux pour être représentatifs de leurs réels nombres. La plupart des retours d'expérience d'études centrés sur un territoire spécifique arrivent à une estimation d'environ seulement 10% de forage déclarés.

###### Enquête auprès des fournisseurs de pompes ou des foreurs.

C'est une approche difficile car les acteurs se montrent peu collaboratifs. Peu de professionnels acceptent de donner des informations ; ce n'est pas leur rôle. Qui plus est, il est difficile de faire correspondre une activité professionnelle avec un territoire délimité.

###### Comptage sur photographies aériennes.

Il existe de nombreux outils pour travailler sur de photographies aériennes ou satellitaires pour localiser les têtes de forages. Ils présentent deux limites fortes: les résolutions sont insuffisantes pour localiser la majorité des têtes de forage et toutes les anomalies doivent faire l'objet d'une vérification sur site pour valider leur nature (toute anomalie n'est pas nécessairement une tête de forage ou un puits). Or l'accès aux propriétés pour vérifier les observations faites est souvent difficile.

###### Enquête par lettre de sollicitation à tous les particuliers.

Mise en place par les collectivités locales en 2008, cette méthode est jugée inadaptée pour plusieurs raisons :

- ✓ Les particuliers sont réticents à déclarer leurs installations de peur d'être un jour taxer ou interdit de prélèvements (risque de non divulgation et donc d'obtenir des données erronées).
- ✓ Envoyer des demandes de déclarations aux particuliers d'un secteur représenterait un travail très coûteux en temps et en argent pour un secteur comme le bassin versant de l'Yzeron.

###### Comptage par du porte-à-porte.

La méthode du porte-à-porte est certainement celle qui donne les résultats les plus précis. Elle n'est cependant pas envisageable pour les secteurs de grande envergure. Le temps et les moyens à mettre en œuvre pour aller voir chaque personne aurait un coût non acceptable.

Cependant, dans son étude M. Primus (2008) a choisi d'affiner les résultats de sa méthode en se déplaçant sur le terrain pour glaner des informations lors d'échanges informels avec les personnes rencontrées « au hasard ». En effet, selon M. Primus, le fait de questionner des gens au hasard permet d'obtenir des informations fiables car les gens savent qui a un forage et qui n'en a pas, d'autant plus que la zone est hors agglomération. Il estime avoir obtenu de bons résultats avec cette façon de faire qui contourne le côté répressif du porte à porte. Bien que cette méthode soit

inapplicable dans les communes de forte population, elle permet de ainsi vérifier les chiffres obtenus par d'autres moyens.

#### Anomalies de consommation d'eau.

Il s'agirait d'étudier les répartitions de consommation d'eau pour identifier des secteurs en sous-consommation. Cette méthode, a priori séduisante, présente plusieurs limites fortes. Premièrement, il est coûteux d'obtenir des données suffisamment précises pour procéder à une analyse adéquate. De plus, les anomalies de consommation peuvent être dues à d'autres facteurs que la mise en place de prélèvements souterrains, tel que des appareils d'économie d'eau ou l'évolution du nombre d'habitants.

**D'un point de vue méthodologique, on retiendra qu'il n'existe pas de méthode pour un comptage réel des forages domestiques. Toute approche est entachée d'un degré plus ou moins fort d'incertitude.**

La plupart des auteurs se sont nécessairement intéressés aux motivations de réaliser un forage ou un puits. Il est intéressant de noter que l'étude de terrain la plus aboutie montre que les aspects socio-économiques relatifs au propriétaire ne sont pas déterminants dans le processus. Il y a une part d'irrationalité dans la prise de décision, ce qui conduit à relativiser les approches basées sur les seuls modèles socio-économiques. La dimension sociologique se retrouve au travers de différents profils de personnes :

- Les personnes issues d'un milieu campagnard ou ayant vécu des situations difficiles sont souvent plus regardantes de leur consommation d'eau ainsi que de son utilisation. Le « réflexe puits » est principalement lié aux personnes ayant une attache avec la terre.
- La population dite « aisée » veut pouvoir afficher une pelouse parfaite et arroser sans compter. En effet, le prix du m<sup>3</sup> d'eau potable dans lequel est compris le traitement et l'épuration, qui n'ont pas d'utilité pour l'arrosage, les poussent à réaliser un forage.
- Certaines personnes choisiront d'implanter un puits pour son côté éthique. Elles préfèrent éviter l'utilisation de l'eau chlorée pour le jardin et limiter la diffusion du chlore dans le sol et l'atmosphère.

Sur un terrain avec une nappe peu profonde, un campagnard fera rapidement un puits alors qu'un citadin n'y pensera même pas ou n'en verra pas l'utilité. Malgré tout, nombreux sont ceux qui voient seulement la presque gratuité de l'eau, sans prendre vraiment en compte l'investissement et le prix de revient de l'installation et de sa maintenance. Ainsi les critères sociologiques sont réels mais très difficilement quantifiables.

Au delà du besoin ressenti ou de l'usage projeté, il est évident qu'une des caractéristiques déterminante dans le processus est la configuration hydrogéologique. Plus la rentabilité attendue est forte (fonction principalement de la profondeur de la nappe versus le coût de la foration), plus la décision sera facilitée. De la même façon, le risque d'improductivité du forage peut rendre la décision plus difficile.

A ce sujet, notons que les études de référence de Primus (2008) et de Montginoul (2008) montrent que **lorsqu'il y a certitude de trouver de l'eau (cas des nappes alluviales sub-affleurantes) le taux d'équipement en forages domestiques "explose" : de 40 à 60 % des habitations avec jardins sur les deux territoires étudiés.**

Primus (2008) propose une description détaillée de la relation entre configuration hydrogéologique et foration :

- De 0 m à 5 m : le puits est facilement réalisable par n'importe quel particulier possédant un tuyau en acier et une masse.
- De 5 m à 7 m : bien qu'accessible, la réalisation d'un puits nécessite un peu de matériel et un minimum de connaissances. 7m est aussi la limite d'accessibilité de l'eau par une pompe

extérieure limitant la dimension du puits à des tuyaux de petite dimension (maxi 70 mm).

- Au-delà de 7 m : l'installation de pompage nécessite une pompe immergée donc un forage de minimum 100 mm. Celui-ci ne peut être exécuté que par une entreprise spécialisée pour un coût d'environ 100 € le mètre.

- Lorsque la nappe est située au-delà de 15-20 m de profondeur, il semble d'après les tournées de terrain que le ratio varie beaucoup en fonction de l'ancienneté des habitations (plus l'habitation est vieille, plus il y a de chance d'y avoir un ouvrage).

Au final, les méthodes d'estimation du nombre de forages domestiques peuvent être réduites à deux facteurs : une base de comptage BC (nombres d'habitations présentant les caractéristiques nécessaires pour supposer un équipement par forage et puits) et un taux d'équipement TE (pourcentage expliqué par certaines caractéristiques dont nécessairement la configuration hydrogéologique). Le nombre de forages sur un territoire est alors estimé en sommant les nombres de forages estimés pour chaque sous-secteur représentatif :

$$N_f = TE * BC$$

Deux études ont retenu notre attention en particulier :

- ❖ L'étude de Montginoul (2008) qui présente une estimation du nombre de forages domestiques sur le département des Pyrénées orientales. L'approche a été réalisée en deux temps : mise en place d'un modèle socio-économique qui exploite toutes les données connues susceptibles d'expliquer l'occurrence de forage (prix de l'eau, "chance" d'avoir de l'eau, données d'occupation des bâtis,...). Puis, validation par des experts qui ont une connaissance intime du territoire.

- ❖ L'étude de Primus (2008) qui présente une estimation du nombre de forages domestiques sur l'Est Lyonnais. Il a appliqué une approche combinée entre du comptage porte à porte et une analyse SIG du territoire ; l'idée est de définir un pourcentage représentatif du nombre de forages dans des sous-secteurs (définis par certains usages socio-économiques et des contextes hydrogéologiques) puis de l'extrapoler à l'ensemble du territoire.

Ce sont les deux études qui sont allées le plus en détail dans les estimations et l'on peut juger leurs résultats comme représentatifs.

### 2.1.1.2 Informations sur les usages domestiques :

Les travaux consultés présentent de nombreuses informations sur les usages potentiels que l'on peut avoir avec des eaux souterraines prélevées sur forages domestiques:

- L'entreprise Ozon Forages affirme que la géothermie représente actuellement la plus grosse clientèle des entreprises de forages. Mais comme l'intégralité de l'eau prélevée est réinjectée dans la nappe, ces forages ne présentent pas a priori d'intérêt particulier pour notre étude.

- Selon de nombreuses sources, les eaux de forages ne seraient pas utilisables pour laver les voitures car, chargées en minéraux, elles laisseraient des dépôts en séchant. La présence d'une piscine n'est ainsi pas un critère déterminant à la présence d'un forage. L'influence de la présence d'une piscine sur la consommation serait en effet minime car les piccinistes recommandent de ne pas remplir les piscines avec de l'eau de puits et de ne renouveler que d'un tiers de l'eau de piscine par an. La consommation induite par une piscine est ainsi estimée entre 10 et 20 m<sup>3</sup>/an.

- La présence d'un jardin potager fait partie des motivations importantes pour l'utilisation d'un forage simple (maximum 7 m).

- L'utilisation pour les sanitaires et la machine à laver est difficile à estimer. Cette utilisation serait plus fréquente pour les nouvelles maisons lorsque la nappe est peu profonde, mais les utilisateurs restent discrets à ce sujet. De plus, selon Ozon Forages, de nombreuses personnes seraient réticente à laver leur linge avec de l'eau de forage.

L'étude préliminaire permet de proposer les constats suivants :

- Peu d'utilisation pour les piscines ou le nettoyage des voitures.
- Utilisation marginale pour les eaux grises.
- Utilisation principale : arrosage des espaces verts. C'est une conclusion logique : l'arrosage des espaces verts se fait par une mobilisation quotidienne de l'utilisateur et cela va nécessairement influencer le processus de choix.

**Les données bibliographiques sont donc relativement conclusives. Actuellement, ces prélèvements peuvent être estimés à 100 à 150 m<sup>3</sup>/an par point de prélèvement en fonction de la superficie de la surface à arroser.**

Nous proposons de conserver cet ordre de grandeur.

## 2.1.2 Application au bassin versant de l'Yzeron

### 2.1.2.1 Base de comptage

Les habitudes de consommation ont permis d'estimer que les particuliers installent un système de prélèvement principalement pour l'arrosage du jardin. Les acteurs du métier indiquent que les personnes ayant des terrains de moins de 200 m<sup>2</sup> ne rentabilisent pas leur installation suffisamment rapidement pour justifier le coût du forage.

**Nous avons donc retenu comme base de comptage toutes les parcelles bâties présentant une surface de jardin d'au moins 200 m<sup>2</sup>.**

Périmètre de l'estimation :

Etant donné que notre étude a pour but de déterminer les prélèvements domestiques ayant pour impact, la diminution des débits d'étiages, nous avons éliminé certains secteurs du bassin versant de l'Yzeron :

- Les secteurs de l'Est de l'Yzeron (Oullins, Ste Foy Lés Lyon, Lyon , La Mulatière et Tassin Demi Lune) car ils ne participent pas aux débits d'étiage.
- Les communes St-Pierre-la-Palud, Sourcieux les Mines et Courzieu car les surfaces présentes sur le bassin versant sont extrêmement faibles et donc négligeables.

Les communes Montromant, Yzeron, Brindas, Chaponost, St Genis Laval, Lentilly, Charbonnières les Bains, Dardilly, La Tour de Salvagny et Lentilly ne sont pas entièrement situées sur le bassin versant de l'Yzeron. Seules les parcelles situées sur le bassin versant sont prises en compte dans nos calculs.

Les communes Chaponost, Craponne, Francheville, Grézieu la Varenne, Marcy l'Etoile, Pollionnay, St Genis les Ollières, St Laurent de Vaux, Ste Consorce et Vaugneray sont situées en partie intérieur du bassin versant et sont donc totalement prises en compte.

Détail méthodologique :

Le paramètre principal sur lequel se basent nos calculs est la « surface des jardins ». Afin de déterminer le nombre de forages ou puits domestiques, nous avons fait l'hypothèse que tous propriétaires ayant un jardin de plus de 200 m<sup>2</sup> pourraient posséder un forage dans son jardin.

Les résultats obtenus ont été obtenus grâce à des simulations sur un modèle SIG. Dans le cadre de notre étude, Vincent Dodane de l'université de Lyon, a réalisé les simulations pour toutes les communes concernées à partir du SIG construit dans le cadre du projet de recherche ANR AVuPUR.

Il a ainsi fourni les informations suivantes :

- Nombre de parcelles habitées
- Parcelles habitées avec un jardin de plus de 200m<sup>2</sup>.

Étapes de création de la donnée :

1. Identifier l'ensemble des parcelles cadastrales du BV de l'Yzeron qui portent du bâti.
2. Sélectionner les parcelles cadastrales bâties à vocation d'habitation grâce aux données sur les usages des sols (habitation = bâti individuel de type pavillonnaire + habitat collectif + centre ancien + grandes propriétés + exploitations agricoles).
3. A partir de la donnée d'occupation du sol (propriétés physiques), calculer la surface des espaces verts (Herbe/pelouse + forêt/bois) dans chacune des parcelles cadastrales bâties à vocation d'habitation.
4. On obtient une couche d'information sur les parcelles cadastrales bâties à vocation d'habitation avec plus de 200 m<sup>2</sup> de jardin.

Explications complémentaires sur les données utilisées :

○ La couche « parcelles Bâties » utilisée reflète l'état des constructions entre 2002 et 2005 selon les communes (assemblages de couches à l'échelle communales provenant de versions différentes de la BD TOPO). Ainsi, quelques parcelles bâties à vocation d'habitation échappent à l'inventaire.

○ La BD TOPO ne permet pas de faire la différence entre une maison d'habitation et un garage attenant par exemple, de telle sorte que si le garage est situé sur une parcelle cadastrale différente de celle de la maison, alors la parcelle à laquelle il se rapporte est considérée comme une parcelle bâtie à vocation d'habitation. Des critères surfaciques au niveau du bâti pourraient permettre de parer à ce problème.

Le tableau ci-dessous présente ces données.

Figure 1 : Nb par communes de parcelles bâties avec jardin de plus de 200 m<sup>2</sup>.

Communes	Parcelles bâties avec un jardin de plus de 200 m <sup>2</sup>	Parcelles bâties
Brindas	1421	1729
Chaponost	796	1020
Charbonnières les Bains	864	958
Craponne	1850	2460
Dardilly	104	126
Francheville	2144	2574
Grézieu la Varenne	1280	1568
Lentilly	337	365
Marcy l'Etoile	659	799
Pollionnay	471	658
Ste Consorce	575	689
St Genis Laval	519	559
St Genis les Ollières	1120	1479

St Laurent de Vaux	82	109
La tour de Salvagny	786	903
Vaugneray	1174	1633
Yzeron	175	332
<b>Totaux</b>	<b>14357</b>	<b>17961</b>

### 2.1.2.2 Taux d'équipement :

#### 1. Estimation d'un coût moyen de forage par commune :

Le bassin versant de l'Yzeron est une zone complexe où les masses d'eau sont réparties de manière diverse.

✓ Dans le socle, les écoulements sont guidés par la fracturation. Un forage implanté aléatoirement peut avoir des rendements nul ou très faible ( $<2 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

✓ Dans le quaternaire, les forages peuvent être implantés soit dans des nappes perchés soit plus profondément dans le socle sous-jacent. Les débits obtenus seront généralement faibles et incertains.

✓ Des forages peuvent également être implantés dans les nappes d'accompagnements des cours d'eaux. Mais au vu des données cadastrales (peu de parcelles avec bâtis), leur nombre est certainement limité.

Ainsi le bassin versant de l'Yzeron ne semble pas être propice à l'implantation de forages. Le risque d'obtenir un forage sec ou de faibles débits est important.

Le critère profondeur de la nappe est un des plus importants. Il détermine le coût de forage et donc sa rentabilité.

Afin de pouvoir estimer le coût prévisionnel d'un ouvrage, nous avons préalablement estimé une profondeur moyenne du niveau statique. La profondeur de forage retenu est celle du niveau statique majoré de 20 mètres.

Ces estimations sont fournies en fourchette haute et basse en fonction d'une variabilité supposée des coûts de forage.



Le calcul du coût de forage est réalisé sur la base des estimations suivantes :

FORATION	Coût fixe	Coût au ml	Coût pompe
Hypothèse basse	300	75	1000
Hypothèse haute	1000	100	1500

*Exemple de la Commune de Craponne : le coût moyen d'un forage sur Craponne peut être estimé de la manière suivante :*

*Estimation haute :  $300 + (75 \times 40) + 1000$  soit 4 300 euros*

*Estimation basse :  $1000 + (100 \times 40) + 1500$  soit 6 500 euros.*

Nous avons ainsi estimé le coût moyen d'un ouvrage commune par commune en fonction de la profondeur moyenne supposée des nappes (cf. tableau ci-dessous).

Figure 2 : Profondeur moyenne de nappe et coût estimatif de réalisation d'un forage, par commune.

Communes	Profondeur de la nappe (en m)	Coût de forage (calculé selon la profondeur de nappe) (en €)
Brindas	40	4350 à 6500
Chaponost	40	4350 à 6500
Charbonnières les Bains	20	2850 à 4500
Craponne	20	2850 à 4500
Dardilly	20	2850 à 4500
Francheville	20	2850 à 4500
Grézieu la Varenne	40	4350 à 6500
Lentilly	20	2850 à 4500
Marcy l'Etoile	40	4350 à 6500
Pollionnay	60	5850 à 8500
Ste Consorce	40	4350 à 6500
St Genis Laval	20	2850 à 4500
St Genis les Ollières	40	4350 à 6500
St Laurent de Vaux	60	5850 à 8500
La tour de Salvagny	20	2850 à 4500
Vaugneray	40	4350 à 6500
Yzeron	60	5850 à 8500

## 2. Estimation de la rentabilité du forage :

Un des facteurs déterminants est le coût de l'eau. Les études montrent que les particuliers, calculent quasiment systématiquement la rentabilité d'un forage. Ainsi ils comparent le coût de leur consommation avec celui du forage et calculent en combien d'années celui-ci sera amorti.

L'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Yzeron est gérée par trois organismes : SIDESOL (Syndicat Intercommunal de Distribution d'Eau du Sud-Ouest Lyonnais), GRAND LYON et SIEVA (Syndicat Intercommunal des Eaux du Val d'Azergues). Nous avons contacté ces organismes afin de connaître les villes qu'ils gèrent et les prix qu'ils pratiquent. L'intégralité des données nous a été fournie lors d'appels téléphoniques.

○ SIDESOL gère Brindas, Grézieu la Varenne, Chaponost, Marcy l'Etoile, Pollionnay, Ste Consorce, St Genis Laval, St Laurent de Vaux, Vaugneray et Yzeron.

○ GRAND LYON gère Charbonnières les Bains, Craponne, Dardilly, Francheville, St Genis Laval et St Genis les Ollières.

○ SIEVA gère Lentilly et La tour de Salvagny.

Les prix comprennent la distribution de l'eau, la redevance assainissement et les taxes sur l'eau. Le tableau, ci-dessous, présente le prix au mètre cube pour chaque commune. Ils ont été calculés selon une consommation annuelle de 120 m<sup>3</sup>.

Puis un seuil de rentabilité R d'un forage a été estimé, commune par commune. Pour ce faire, nous avons appliqué la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Coût du forage}}{150 * \text{Prix m}^3}$$

Dans cette formule, le nombre 150 correspond ainsi à une estimation projetée "raisonnable" en terme de volume prélevé annuellement. Le seuil R indique à partir de quelle durée, l'utilisateur pourra considérer qu'il aura amorti son ouvrage (forage et pompe).

*Exemple de Craponne : les seuils de rentabilité, fonction des coûts de forage, sont les suivants :*

$$2850 / (2,98 * 150) = \text{environ } 6 \text{ ans}$$

$$4500 / (2,98 * 150) = \text{environ } 10 \text{ ans}$$

*Un forage réalisé à Craponne sera amorti en une durée comprise entre 6 et 10 ans.*

Toutes ces données sont représentées dans le tableau ci-dessous.

On peut faire les observations suivantes :

- ▶ L'absence de nappes sub-affleurantes implique l'absence de rentabilité "forte" avec des amortissements de moins de 5 ans.
- ▶ Globalement, l'amortissement d'un ouvrage se fait entre 5 et 15 ans, hormis sur certains secteurs caractérisés par des nappes profondes. On peut ainsi considérer que le secteur reste attractif en terme de forage.

Figure 3 : Rentabilité moyenne d'un forage par commune).

Communes	Prix du m <sup>3</sup> d'eau	Rentabilité supposée en années (optimiste)	Rentabilité supposée en années (pessimiste)
Brindas	3,42	8	13
Chaponost	2,58	11	17
Charbonnières les Bains	2,98	6	10
Craponne	2,98	6	10
Dardilly	2,98	6	10
Francheville	2,98	6	10
Grézieu la Varenne	3,42	8	13
Lentilly	2,65	7	11
Marcy l'Etoile	2,91	10	15
Pollionnay	3,17	12	18
Ste Consorce	3,57	8	12
St Genis Laval	2,98	6	10
St Genis les Ollières	2,98	10	15
St Laurent de Vaux	2,8	14	20
La tour de Salvagny	2,15	9	14
Vaugneray	3,42	8	13
Yzeron	3,42	11	17

### 3. Déduction du taux d'équipement en fonction de la rentabilité supposée de l'ouvrage :

C'est le point délicat de l'étude.

Il s'agit de passer d'une donnée approximative (rentabilité supposée d'un puits ou d'un forage) à une donnée objective (taux d'équipement sur une commune). Notons d'abord que cela induit l'hypothèse forte que les processus de décision étaient sensiblement les mêmes à des époques antérieures.

Afin de proposer une fonction de transfert, nous avons entrepris une analyse de détail des deux études de référence (Primus, 2008; Montginoul, 2008).

Le travail de M. Montginoul apporte des éléments de comparaison pour notre étude.

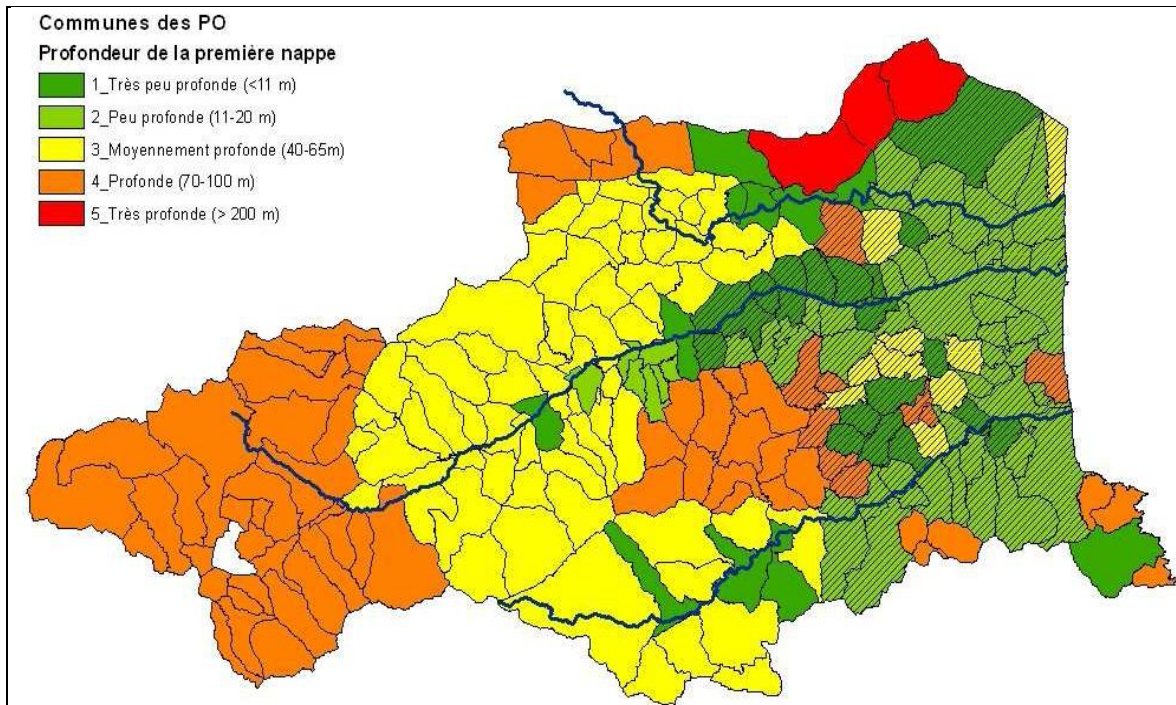
En termes de formations géologiques et de profondeurs de la nappe, on peut schématiser son terrain d'étude en trois secteurs principaux (cf. figure ci-dessous) :

- L'Est alluvionnaire avec des nappes peu profondes : 10 à 20 mètres.
- La partie centrale constituée de socle avec des nappes moyennement profondes : 40 à 65 mètres.
- La partie Ouest constituée de socle avec des nappes profondes : 70 à 100 mètres.

De plus, il est proposé un découpage du territoire en termes de probabilités de trouver de l'eau dans chaque commune des Pyrénées Orientales. On obtient les pourcentages suivants :

- L'Est alluvionnaire peu profond (10 à 20 mètres) : probabilité de trouver de l'eau de 90 à 100%.
- La partie centrale constituée de socle moyennement profonde (40 à 65 mètres) : probabilité de trouver de l'eau de 20 à 40 %.
- La partie Ouest constituée de Socle profond : 70 à 100 mètres : probabilité de trouver de l'eau de 30 à 65%.

**Figure 4 : Profondeur de la première nappe accessible, dans chaque commune des Pyrénées Orientales (Montginoul, 2008).**



La partie centrale des Pyrénées-Orientales est composée de socle et sa nappe est située à une profondeur comprise entre 40 et 65 mètres. C'est donc la partie qui a des caractéristiques hydrogéologiques les plus semblables avec le bassin versant de l'Yzeron.

Montginoul (2008) fournit une carte de résultats sous forme de pourcentages de ménages avec des forages pour chaque commune des Pyrénées Orientales. Le décompte des forages domestiques est calculé selon :

- Le nombre de ménages
- Le nombre de résidences principales

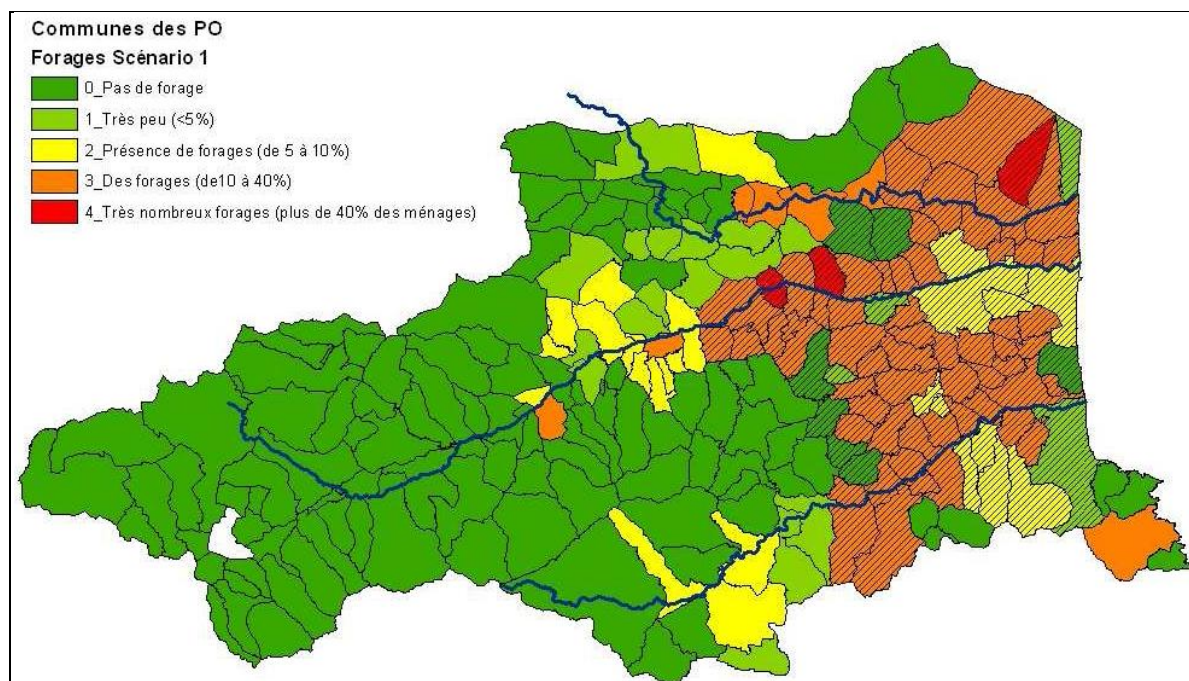
Ainsi, en partie centrale, celle qui présentent des caractéristiques hydrogéologiques proches du bassin versant de l'Yzeron, les communes possèdent entre 0 et 10 % de forages.

Ces pourcentages établis par M. Montginoul ne prennent en compte que les résidences principales. Or, notre approche ne permet pas de faire la distinction entre les résidences principales et secondaires. Pour que les deux approches puissent être comparées, nous avons réévalué les pourcentages en prenant en compte toutes les parcelles bâties (résidences principales et secondaires). Si on part de l'hypothèse que les communes ont le même nombre d'habitants, le pourcentage de résidences secondaires sur la partie centrale des Pyrénées-Orientales est d'environ 30 %.

Ainsi, après révision de l'assiette de comptage, le pourcentage de forage en partie centrale des Pyrénées Orientales devrait être compris entre 0 et 7 %.

De même, l'étude de M. Montginoul comptabilise toutes les parcelles cadastrales bâties. Pour équilibrer les données avec le Bassin versant de l'Yzeron, il faut prendre en compte non pas toutes les parcelles cadastrales bâties mais seulement les parcelles cadastrales bâties avec un jardin de plus de 200 m<sup>2</sup>. Sachant que ce rapport est de 1,3 sur notre secteur d'étude, si on part de l'hypothèse que les communes des Pyrénées Orientales ont le même ratio, alors il faut multiplier le pourcentage de forage par 1,3.

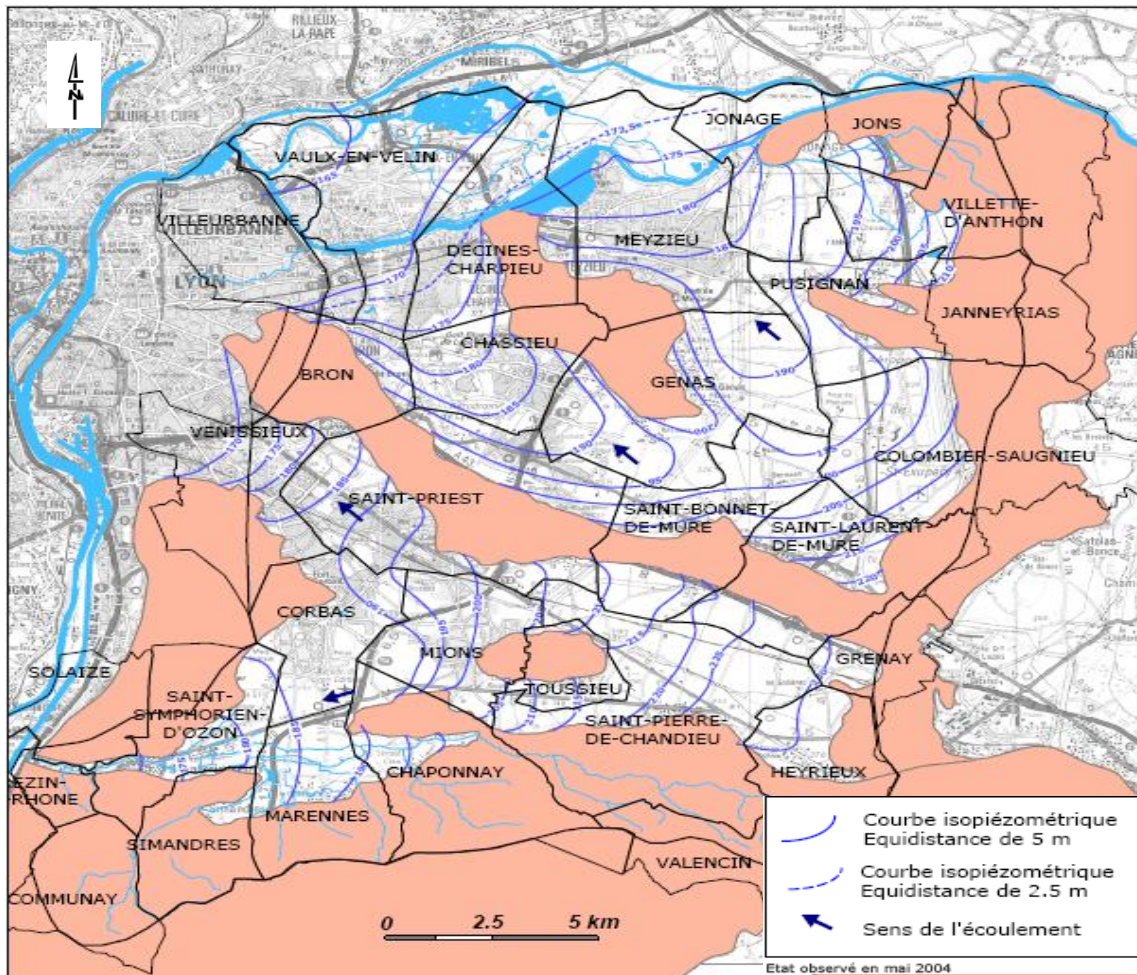
Figure 5 : Pourcentage de ménages avec des forages, par commune (Montginoul, 2008).



On obtient ainsi, après équilibrage des données, des pourcentages compris entre 0 et 10 %. La valeur de 0 nous paraît irréaliste. Pour des configurations semblables au bassin versant de l'Yzeron, le nombre de forages dans les Pyrénées Orientales concernerait 5 à 10 % des parcelles cadastrales avec un jardin de plus de 200 m<sup>2</sup>.

De la même façon, le travail de Primus (2008) apporte des éléments de comparaison pour notre étude.

Figure 6 : Carte hydrologique des couloirs fluvio-glaciaires de l'Est Lyonnais (SAGE de l'Est Lyonnais, 2011).

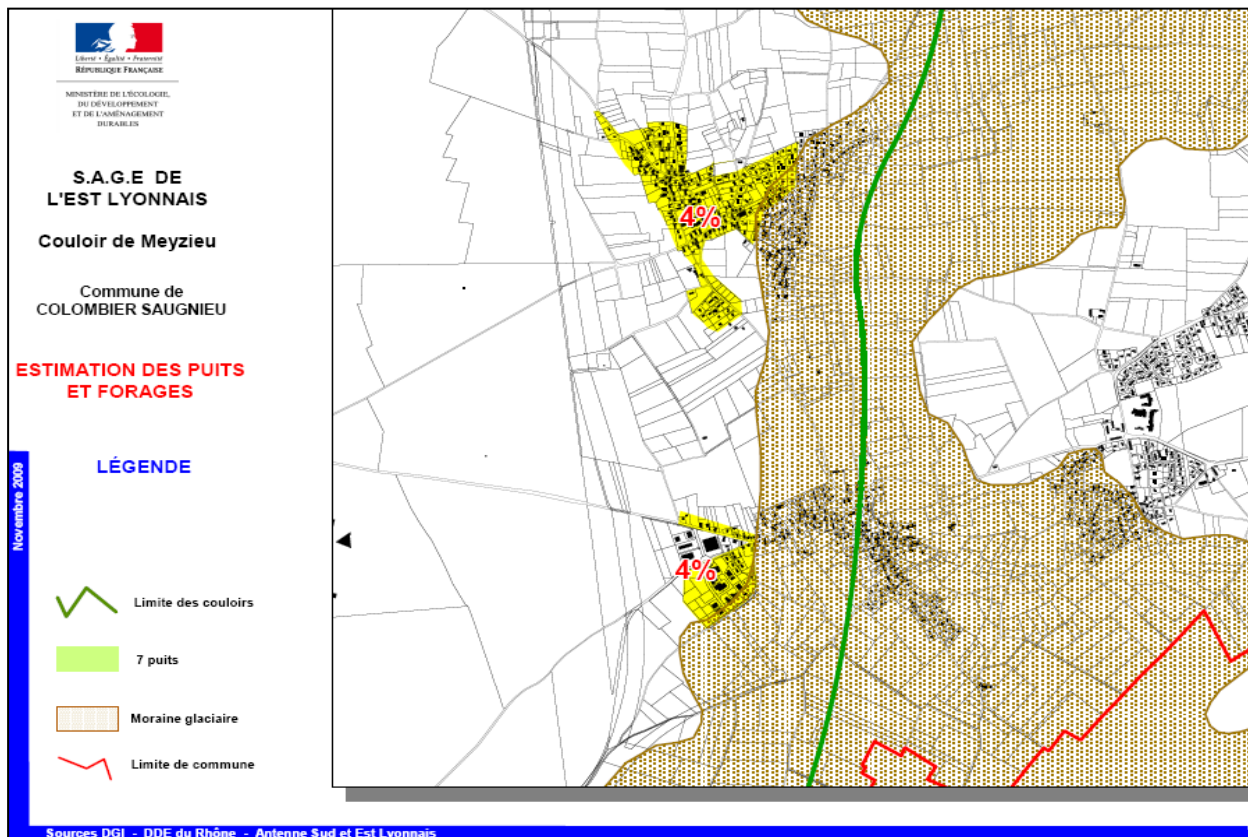


Nous avons commencé par déterminer la profondeur des nappes de l'Est Lyonnais en comparant la topographie et la piézométrie. On peut ainsi estimer une profondeur moyenne de nappe pour chaque commune.

Profondeur de la nappe (en mètres)	< 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40
Communes	St Symphorien d'Ozon, Chaponnay et Marennes	Mions	Saint-Priest, Decines, Meyzieu, Chassieu et Genas	Colombier-Saugnieu

Rappelons que l'étude donne pour chaque commune des cartes qui définissent un taux d'équipement (en %) en forage par quartiers (cf. figure ci-dessous).

Figure 7 : Exemple d'estimation des puits et forages, pour la commune de Colombier (Primus, 2008).



Nous avons gardé comme base de comparaison les communes ayant les caractéristiques les plus proches des communes du bassin versant de l'Yzeron (en termes de configurations hydrogéologiques et de structures urbaines) :

- Mions (Profondeur de nappe de 10 à 20 m) : 4 à 7 % de forages.
- Genas (Profondeur de nappe de 20 à 30 m) : 4 à 10 % de forages.
- Colombier (Profondeur de nappe de 20 à 30 m) : 4 % de forages.

On obtient ainsi un ordre de grandeur pour le taux d'équipement compris entre 4 et 10 %

Pour comparer ces pourcentages à notre étude, nous devons utiliser la même base de comptage Or, Primus (2008) utilise les parcelles cadastrales bâties tandis que notre approche propose d'utiliser les parcelles cadastrales bâties avec un jardin de plus de 200 m<sup>2</sup>. Si l'on fait l'hypothèse que le ratio de parcelles cadastrales bâties sur les parcelles cadastrales bâties avec un jardin de plus de 200 m<sup>2</sup> est le même dans le BV de l'Yzeron que le BV de l'Est Lyonnais, il faut nécessairement corriger les taux d'équipement en les multipliant par un coefficient de 1,3.

On obtient ainsi des taux d'équipement corrigés compris entre 6,5 et 13 %.

**Il est remarquable que les deux études de référence proposent des taux d'équipement du même ordre de grandeur (de 5 à 15%) pour des conditions socio-économiques et hydrogéologiques proches et pour une base de comptage identique (parcelles bâties avec jardin de plus de 200 m<sup>2</sup> sans distinction entre résidences secondaires ou principales).**

On peut alors proposer les relations suivantes entre seuil de rentabilité et taux d'équipement :

$$R < 5 \text{ ans} \rightarrow TE = 20\%$$

$$5 < R < 10 \text{ ans} \rightarrow TE = 15\%$$

$$10 < R < 15 \text{ ans} \rightarrow TE = 10\%$$

$$R > 15 \text{ ans} \rightarrow TE = 5\%$$

Ces relations traduisent une tendance supposée : plus la rentabilité est forte, plus il est probable d'arriver à un taux d'équipement maximum pour une configuration donnée.

On peut alors estimer un nombre de forages par commune puis un prélèvement théorique associé, en faisant l'hypothèse que les volumes prélevés par forage sont compris entre 100 et 150 m<sup>3</sup>/an.

*Exemple de la Ville de Craponne : selon cette approche, le nombre de forages peut ainsi être estimé par les formules suivantes :*

$$1850 * 0,10 = 185 \text{ forages (hypothèse basse)}$$

$$1850 * 0,15 = 277 \text{ forages (hypothèse haute)}$$

*La commune de Craponne compterait ainsi entre 185 et 277 forages domestiques. On peut alors proposer un volume prélevé :*

$$\text{Volumes prélevés minimum : } 185 * 100 = 18\,500 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$\text{Volumes prélevés maximum : } 277 * 150 = 27\,750 \text{ m}^3/\text{an}$$

*Les volumes prélevés sur la commune de Craponne sont estimés entre 18 500 et 27 750 m<sup>3</sup>/an*



### 2.1.2.3 Résultats

Selon l'approche proposée, le nombre de forages ou puits présents sur le bassin versant de l'Yzeron serait compris entre 1 300 et 2 100 pour des volumes prélevés compris entre 130 000 et 320 000 m<sup>3</sup>/an. Les résultats pour chaque commune sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Figure 8 : Estimation du nombre de forages domestiques par commune et prélèvements associés

Communes	Seuil de rentabilité (ans)	Taux Equip. (%)	Nb de forages domestiques	Volumes prélevés minimum (m <sup>3</sup> /an)	Volumes prélevés maximum (m <sup>3</sup> /an)
Brindas	8 à 12	10 à 15	142 à 213	14 210	31 972
Chaponost	11 à 16	5 à 15	39 à 80	3 980	11 940
Charbonnières les Bains	6 à 10	10 à 15	86 à 129	8 640	19 440
Craponne	7 à 10	10 à 15	185 à 277	18 500	41 625
Dardilly	8 à 10	10 à 15	10 à 15	1 040	2 340
Francheville	9 à 10	10 à 15	214 à 321	21 440	48 240
Grézieu la Varenne	8 à 12	10 à 15	128 à 192	12 800	28 800
Lentilly	7 à 11	10 à 15	33 à 50	3 370	7 582
Marcy l'Etoile	9 à 14	10 à 15	65 à 98	6 590	14 827
Pollionnay	12 à 17	5 à 15	23 à 47	2 355	7 065
Ste Consorce	8 à 12	10 à 15	57 à 86	5 750	12 937
St Genis Laval	6 à 10	10 à 15	51 à 77	5 190	11 677
St Genis les Ollières	9 à 14	10 à 15	112 à 168	11 200	25 200
St Laurent de Vaux	13 à 20	5 à 15	4 à 8	410	1 230
La tour de Salvagny	8 à 13	10 à 15	78 à 117	7 860	17 685
Vaugneray	8 à 12	10 à 15	117 à 176	11 740	26 415
Yzeron	11 à 16	5 à 15	8 à 17	875	2 625
<b>Totaux</b>			<b>~ 1 350 à 2 100</b>	<b>~ 135 000</b>	<b>~ 310 000</b>

Il nous a semblé intéressant de proposer une première approche distribuée de ces données. Cela donne une première idée des impacts potentiels des prélèvements domestiques par masses d'eau.

Nappe de socle en partie amont (U1) :

- Communes concernées : St Laurent de Vaux et Yzeron.
- Nombre de forages : 12 à 25 forages (1 285 à 3 855 m<sup>3</sup>/an).
- Recharge annuelle par infiltration des eaux météoriques : entre 2 et 2,8 Mm<sup>3</sup>/an.
- Pourcentage d'eau potentiellement prélevée sur la recharge annuelle : entre 0,05 à 0,2 %.

Nappe de socle partie aval (U2) :

- Communes concernées : Pollionnay, Ste Consorce, Lentilly, La Tour de Salvagny, Brindas, Chaponost, Vaugneray et Grézieu la Varenne.
- Nombre de forages : 822 à 1 264 (81 520 à 199 078 m<sup>3</sup>/an).
- Recharge annuelle par infiltration des eaux météoriques : entre 1,9 et 3,4 Mm<sup>3</sup>/an.
- Pourcentage d'eau potentiellement prélevée sur la recharge annuelle : entre 2 et 10 %.

Nappe de Méginant (U4) :

- Communes concernées : St Genis-les-Ollières (50%), Marcy l'Etoile (70%) et Charbonnières les Bains (30%).
- Nombre de forages et volume : 126 à 190 forages (13 205 à 18 810 m<sup>3</sup>/an).
- Recharge annuelle par infiltration des eaux météoriques : entre 0,3 et 0,8 Mm<sup>3</sup>/an.
- Pourcentage d'eau potentiellement prélevée sur la recharge annuelle : entre 1,5 et 6,5 %.

Nappe de Craponne et Francheville (U5 et U6) :

- Communes concernées : Craponne et Francheville.
- Nombre de forages et volume : 399 à 598 forages (39 940 à 89 865 m<sup>3</sup>/an).
- Recharge annuelle par infiltration des eaux météoriques : entre 0,6 et 1 Mm<sup>3</sup>/an.
- Pourcentage d'eau potentiellement prélevée sur la recharge annuelle : entre 4 et 15 %.

Excepté pour les nappes de socle en partie amont du bassin versant, on peut considérer les prélèvements comme potentiellement non négligeables sur les bilans des masses d'eau. Ils peuvent ainsi représenter jusqu'à 10 à 15% du volume de recharge annuelle par infiltration des eaux météoriques.

### 2.1.3 Conclusions

La connaissance actuelle sur les forages domestiques est très faible. La réglementation en vigueur est peu contraignante et les particuliers sont réticents à déclarer leurs forages.

À ce jour, la quantification des prélèvements domestiques est un problème difficile, peu d'études ont été réalisées et la dispersion des résultats obtenus est parfois très importante. Si l'on souhaite dénombrer leurs nombres et les quantités prélevées, il est nécessaire soit de conduire des enquêtes de terrain, soit de réaliser des modèles comportementaux. Notons qu'il n'existe pas de méthode pour un comptage réel des forages domestiques. Toute approche est entachée d'un degré plus ou moins fort d'incertitude.

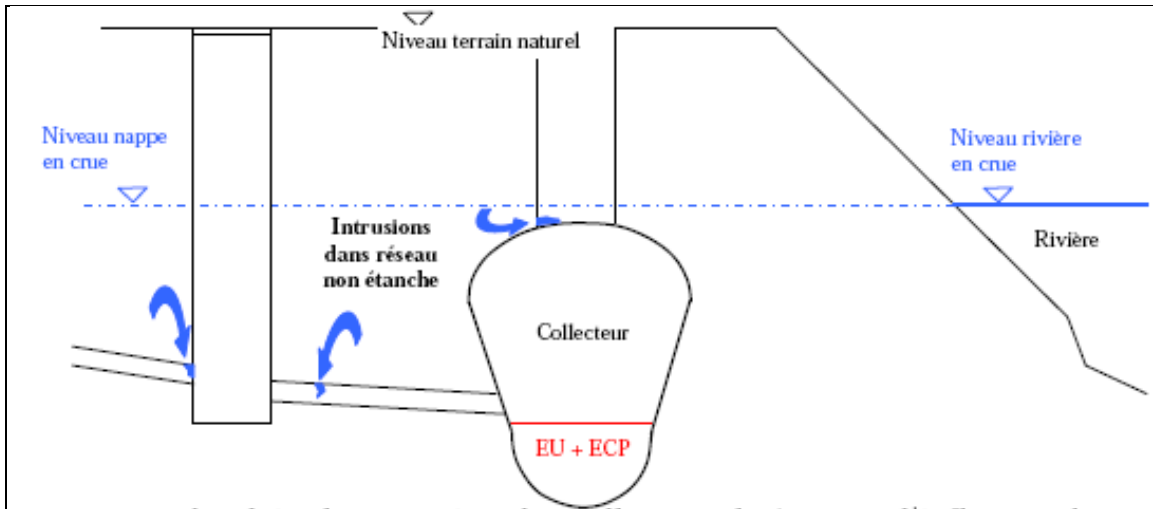
Au vu de ces considérations, il semble que la méthode proposée permette d'obtenir des résultats vraisemblables. Elle présente deux avantages forts : une base de comptage rationnelle et précise (parcelles bâties avec jardin de + de 200 m<sup>2</sup>) et des coefficients modulés par la rentabilité du forage (avec une intégration de la profondeur de nappe qui joue sur le coût de l'ouvrage). Ajoutons que l'amplitude de variation de ces coefficients est contrainte par les résultats d'études basées sur un comptage de forages sur un territoire donné.

## 2.2 ESTIMATIONS DES PRELEVEMENTS LIES AUX EAUX CLAIRES PARASITES

### 2.2.1 Problématique

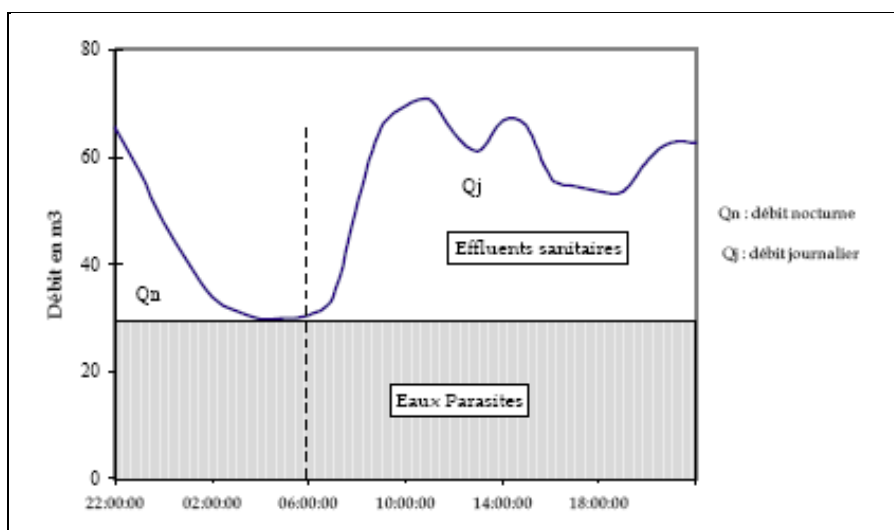
La problématique des eaux claires parasites est résumée dans la figure ci-dessous. Il s'agit d'eaux en provenance d'hydro système superficiel ou souterrains qui sont captées par les réseaux d'eaux usées.

Figure 9 : Phénomènes explicatifs des eaux claires parasites.



Les venues d'eau peuvent être temporaires ou permanentes. La donnée fondamentale pour expliquer ce phénomène est la position relative de la canalisation par rapport au niveau piézométrique ou à la cote de la rivière. La méthode la plus fiable pour estimer ces flux est une mesure continue des débits dans les canalisations. Il est admis que les débits nocturnes donnent une bonne estimation des débits liés aux ECP.

Figure 10 : Méthode pour mesurer les ECP.



## 2.2.2 Données bibliographiques

Nous avons étudié les données bibliographiques avec pour objectif un recensement systématique de toutes les informations liées aux ECP. Il s'agit principalement des études de dimensionnement ou des schéma directeur d'eaux usées. Les données sont recollées par commune pour une meilleure lisibilité.

### Pollionnay :

Elle est située dans l'unité Ra avec une géologie dominante correspondant à du socle en position intermédiaire. Le village encadré par deux cours d'eau ( $d < 500$  m) : Ratier et Presles.

$$Q \text{ ECP} = 0,6 \text{ l/s}$$

il est noté une prise d'eau claire localisée en tête du réseau qui correspond probablement une source captée et connectée

### Brindas :

La commune appartient au sous bassin versant Yz1 (socle en position intermédiaire). Le village est proche de l'Yzeron ( $500 < d < 1000$ )

On recense deux tronçons en position de drain :

(1) Sous la Route Neuve (juste en amont du raccord au réseau COURLY au niveau du pont Chabrol) : environ 2 l/s.

(2) Dans le vallon de la Garenne : environ 2 l/s. Suite une inspection caméra, ce collecteur est apparu en mauvais état :

- Nombreuses casses et fissurations avec traces d'infiltration
- Trois effondrements partiels sur la partie plus aval
- Entrées de racines importantes

Les auteurs (SOGREAH, 2006) diagnostiquent qu'au vu des défauts relevés et compte tenu de sa position, (le collecteur est situé en fond de thalweg dans une zone « humide »), les ouvrages existants doivent participer au drainage de la zone (entrée d'eaux claires parasites).

Notons que les deux tronçons correspondent aux zones les plus basses en topographie du réseau.

### Grézieu la Varenne

La commune est partagé entre Ra et Yz1 (socle en position intermédiaire). Le village est encadré par deux cours d'eau ( $d < 500$  m) : Chaudanne et Mercier.

On observe deux tronçons en position de drain :

(1) Amont route de Bordeaux : environ 1 l/s.

(2) Sous la route de Bordeaux : environ 2 l/s.

Une inspection caméra (SOGREAH, 2006) a mis en évidence les défauts suivants :

- Sous le futur giratoire : 8 déboîtements avec pénétration de racines pour certains, une casse.
- A l'aval de la rue des Voyageurs : nombreuses entrées de racines avec obturation partielle du collecteur.

Les investigations de l'époque (1992) mettent en évidence des entrées de racines au niveau des joints entraînant des problèmes d'étanchéité. Au vu des inspections réalisées dans le cadre du schéma directeur sur quelques tronçons ciblés, les problèmes liés aux racines ont certainement dû s'aggraver.

Notons que les deux tronçons correspondent aux zones les plus basses en topographie du réseau (croisement du vallon de la Chaudanne).

### Vaugneray :

La commune est située sur le sous bassin Yz1 (socle en position intermédiaire). Le village est proche du Dronau (d<500m)

Il est mesuré des ECP avec en cumulé environ 1 l/s dans le versant rive gauche du Dronau (d<200 m). Les inspections rue du Dronau et rue Babillon (SOGREAH, 2006) mettent en évidence les défauts suivants :

- De nombreux piquages directs mal reformés
- Des casses plus ou moins importantes
- Des flaches
- Des problèmes de joints pendants
- Des fissurations longitudinales localisées en voûte

Aucune entrée flagrante d'ECP n'a cependant été mise en évidence, même si certains branchements couleraient en permanence.

#### Yzeron :

La commune est localisés dans le sous bassin versant Yz1 (socle en position haute) Le village est proche de l'Yzeron.

Les meures montrent des ECP en flux négligeables : ECP < 1l/s.

#### Commune du Grand Lyon :

Selon la Communauté Urbaine de Lyon, les ECP sont de deux types :

- ▶ les ECP liées au mauvais état structurel du collecteur et donc à l'infiltration du ruisseau dans le réseau,
- ▶ les ECP liées à des raccordements non-conformes tels que les captages de sources ou de ruisseau, les raccordements de drains.

Des campagnes de mesure des ECP par temps humide (2002) ont donné les résultats suivants :

- Sur la commune de la Tour de Salvagny, le débit des ECP est estimé à environ 2 000 m<sup>3</sup>/jour (environ 25 l/s). On se situe en tête de réseau et ce débit correspond probablement au cumul du raccordement de nombreuses sources ou drains.

- Il n'y a ni gains ni pertes significatives en ECP sur les réseaux qui longent la Charbonnières jusqu'à la confluence avec le Ratier (léger gain de l'ordre de 600 m<sup>3</sup>/j soit environ 7 l/s). C'est un résultat attendu car les réseaux dans ce secteur sont peu enfouis (moins de deux mètres de profondeur) avec une géologie caractérisée par du socle majoritaire.

- Sur le sous bassin du Ratier, on mesure des ECP avec un débit d'environ 5 000 m<sup>3</sup>/j (soit environ 60 l/s). Notons que la partie amont de ce sous-bassin versant est très peu urbanisé (communes de St Consorce et de Pollionnay avec des débits ECP inférieurs à 1l/s). On peut donc considérer que la majorité des prélèvements se fait sur l'unité aquifère U4 qui correspond aux altérites de couverture du plateau de Méginant.

- Entre la confluence Charbonnières/Ratier et la limite Sud de la commune de Craponne, le débit des ECP est majoré de 5300 m<sup>3</sup>/j (environ 60 l/s). Le réseau est alors implanté dans la nappe d'accompagnement de la Charbonnières.

- Avant sa confluence avec le Charbonnières, on mesure des ECP à hauteur de 3 700 m<sup>3</sup>/j (soit 45 l/s) dans la branche du réseau qui longe l'Yzeron.

- C'est dans la partie la plus aval du bassin versant que les intrusions d'ECP deviennent les plus fortes avec des débits fictifs continus de l'ordre de 100 l/s.

Afin de résorber ces phénomènes, deux types d'actions sont envisagés :

(1) La déconnexion des eaux claires parasites, pour décharger le collecteur et les rendre au milieu naturel. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de raccordements non conformes de résurgences permanentes :

Commune	Problème recensé	Localisation
Oullins	Ruisseau du Prieuré raccordé au réseau	Bd Kennedy
Oullins	Ruisseau du Prieuré raccordé au réseau	Chemin des Célestins
Francheville	Drain raccordé au réseau	Chemin de Cachenoix
Tassin la demi lune	Source raccordée au réseau	Place de Tassin

On notera qu'il s'agit bien de captages déguisés des eaux en provenance des hydro systèmes souterrains ou superficiels.

(2) La réhabilitation du collecteur existant dès la mise en service du nouveau collecteur. En effet, les différentes jonctions envisagées entre les deux T180 vont permettre une mise au chômage du collecteur existant pour envisager un diagnostic réseau complet et une réhabilitation en conséquence.

Bilan des eaux parasites sur le collecteur structurant

N° point	Localisation des eaux parasites	Explication possible sur la présence d'eaux parasites	Améliorations apportées depuis la campagne de mesure	Solutions envisagées
1	Avenue de Bergeron (Charbonnières), à l'aval de l'exutoire du BV sur réseau de l'Yzeron	Provenance des BV amont. Pas d'explication particulière sur ces apports par temps de pluie.	Plusieurs points de rejet EP direct dans le réseau ont été supprimés	Recherche d'eaux parasites avec campagne de mesures complémentaires. Restructuration du collecteur.
2	Rue Marius Poncet (St Genis les Ollieres), à l'aval après défluence.	Pas d'explications particulières sur ces apports d'eaux parasites par temps de pluie.	Au Vorlat, un bassin de rétention a été créé sur le réseau unitaire. Plusieurs déconnexions des eaux pluviales du réseau ont été réalisées.	Recherche d'eaux parasites avec campagne de mesures complémentaires. Evoluer vers une mise en séparatif, déconnexion des EP.
3	Rue du Pont Chabrol (Craponne), au point de rejet du SIAVHY	Provenance des communes du SIAVHY + Possible infiltration du ruisseau de l'Yzeron dans le collecteur.	Mise en conformité réalisée sur les fosses sceptiques reliées aux fossés, eux mêmes raccordés au réseau. Le réseau qui vient de Brindas a été mis en séparatif. Action réalisée en 2001 sur 15 à 20 habitations .	Les communes du SIAVHY doivent réaliser un bilan d'eaux parasites.
4	Chemin de Cachenoix (Francheville)	Raccordement des drains au réseau pour les eaux des petits ruisseaux, des boutasses, et des zones humides, en l'absence de proximité immédiate dur ruisseau.	Des travaux ont été fait pour réparer la canalisation sous la ruette Mulet par laquelle le ruisseau s'infiltrait . Le réseau qui vient de Brindas a été mis en séparatif.	Recherche d'eaux parasites avec campagne de mesures complémentaires. Evoluer vers une mise en séparatif, déconnexion des EP.
5	Route de la Libération ( Ste Foy), en amont de son raccordement sur le collecteur de l'Yzeron.	Infiltration possible du ruisseau des Razes dans le réseau. Création d'une surverse du ruisseau des Razes dans le réseau d'eaux pluviales qui surverse lui-même dans le réseau eaux usées.		Confirmation de la provenance et du débit des eaux parasites avec campagne de mesures complémentaires
	Route de Brignais	Provenance hors communauté		le SEAGYRC doit effectuer

Le collecteur de l'Yzeron connaît un problème d'eaux parasites, difficile à quantifier. Une campagne de mesures a été effectuée sur le collecteur de l'Yzeron et ses antennes du 20 septembre 2000 au 27 octobre 2000, afin d'identifier au mieux ces eaux parasites. Le tableau ci-dessous présente des résultats en terme de localisation et d'explications des eaux parasites.

Selon le bureau d'études EAU(2006), la présence aussi importante d'eau parasite dans le réseau est confirmée par des raccordements voulus ou non de sources ou drains dans le réseau. Mais ces branchements ne sauraient expliqués à eux seul les quantités importantes d'eaux parasites rencontrées. En effet, cette présence importante d'eaux parasites traduit également un mauvais état général du réseau.

Ceci est validé par des observations pendant la campagne de mesures de pertes d'eau d'un point de mesure à un autre. En effet, la campagne de mesure montre sur deux secteurs : à l'amont sur le Charbonnières et tout à l'aval à Oullins, qu'entre deux points de mesure on perd de l'eau en temps sec. Ceci peut s'expliquer soit par des déversements de temps sec, ce qui n'est pas le cas sur le bassin versant de l'Yzeron, soit par des erreurs de mesure (à ne pas écarter), soit par des problèmes d'infiltrations et d'exfiltrations entre le réseau et le milieu. Cette observation est confortée par les taux importants d'eaux parasites analysés sur le bassin versant. Ceci ne peut s'expliquer que par un mauvais état du réseau.

Les inspections et observations de terrain menées sur le bassin versant confirment ces problèmes d'état général du réseau avec des secteurs plus ou moins touchés. Sur la partie aval du collecteur, aucune inspection n'a pu être menée du fait d'une présence trop importante d'eau en permanence dans le collecteur. Toute intervention dans le réseau serait dangereuse pour les personnes. Cependant, les quelques informations et observations faites corrélées aux résultats de la campagne de mesure montrent que l'état du réseau est médiocre sur cette portion aval.

Plus à l'amont sur le Charbonnières, une inspection de 2001, confirmée par une visite de 2005, montre que la zone amont du Charbonnières (avant le raccord du collecteur du Ratier) serait en assez bon état général mais que l'aval entre le Ratier et la confluence Yzeron serait en mauvais état généralisé avec pénétration d'eaux parasites.

Les dossiers d'autorisation pour la réalisation d'un nouveau collecteur donne quelques informations intéressantes sur l'environnement géologique immédiat des collecteurs :

- Le secteur étudié part d'environ 300 m à l'amont du Pont d'Alaï sur le Charbonnières (prochaine cuvette de la retenue sèche du SAGYRC) jusqu'à l'aval au Rhône à Oullins. La géologie sur le versant se caractérise par des alluvions fluviales modernes au fond des talwegs, essentiellement des sables graveleux localement argileux, sur une profondeur plus ou moins importante qui repose :
  - soit sur des formations fluvioglaciales : composées de trois faciès bien individualisés : argiles silteuses ou sableuses, poudingues ou sables grésifiés (très forte compacité).
  - soit sur du substratum rocheux.
- Il est à noter que l'on retrouve sur l'ensemble du tracé une première couche identifiée de remblais urbains composée essentiellement de matériaux sablo graveleux et de limons sur une épaisseur variant de 1 à 4m.
- On retrouve également sur l'ensemble du tracé une présence d'eau souterraine entre 2 et 5 m qui peut varier en fonction du niveau de l'Yzeron et du Rhône à l'aval.
- Un autre point dur a été recensé sur l'aval à Oullins. Une étude de géotechnique spécifique a été menée sur le quai Pierre Sémard en bordure de l'Yzeron. Le projet initial prévoyait un tracé sur la quai avec un profil débutant à -7m de profondeur. Les premiers tests réalisés ont montré qu'à partir de -4m, on se trouvait en présence de la nappe d'accompagnement du Rhône qui est très puissante.

Le rapport intermédiaire de la SAFEGE (2006) note que, concernant les eaux claires parasites, sur le bassin de l'Yzeron, elles sont estimées à 23 100 m<sup>3</sup>/j en novembre 2002 (soit 250 l/s) ; Au vu des enregistrements du piézomètre de la Doua, on peut considérer qu'on se situait en période de nappes hautes.

Le rapport final de la SAFEGE (2007) rappelle que suite à au constat de 2006, des campagnes complémentaires avaient été demandées, dont une campagne sur les apports des communes hors Grand Lyon, essentiellement sur le BV de l'Yzeron. Elle a été réalisée en juin 2006, hors point

d'entrée au niveau du SAMINE (nord de la Presqu'île). Cette campagne a permis de définir les apports extérieurs au bassin de collecte Yzeron, par temps sec.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Figure 11 : Mesures des ECP des communes extérieures au Grand Lyon par temps sec (SAFEGE, 2007)

Pt	Localisation	Ville	Commune collectée	ECP (m3/j)	Total (m3/j)	EU (m3/j)	% ECP de l'apport extérieur
Pt 1	Rte ste consorce	Marcy l'étoile	Ste Consorce village	13	31	19	42%
Pt 2	Rue des Monts d'Or	Tassin la Demi-Lune	Ste Consorce - Le	214	420	206	51%
Pt 3	Rue des Pierres Blanches	Craponne	Greyzieu la Varenne -	57	195	138	29%
Pt 4	Rue de Ponterle	Craponne	Craponne	10	57	47	18%
Pt 5	Rue du 8 mai 1945	Craponne	Greyzieu la Varenne - Vaugneray	396	1390	994	28%
Pt 6	Ch des eaux	Craponne	Brindas	302	1023	721	30%
Pt 7	Rte de Brignais	St Genis Laval	Chaponost	499	1443	944	35%
<b>TOTAL APPORTS EXTERIEURS</b>				<b>1491</b>	<b>4559</b>	<b>3069</b>	

On constate des apports anecdotiques (<1 l/s, soit environ 100 m<sup>3</sup>/j) excepté pour les réseaux en provenance de Vaugneray, St Genis Laval, Greyzieu la Varenne et Brindas. Les ordres de grandeur (environ 11 l/s en cumulé) sont conformes à ceux acquis par des études spécifiques sur ces communes.

**Insistons sur le caractère novateur de ces estimations : elles correspondent à des prélèvements en période d'étiage (environ 18 l/s en cumulé).**

Le tableau suivant compare ces apports aux eaux parasites recensées sur le bassin versant de l'Yzeron pour estimer la responsabilité des communes extérieures dans la surcharge de ce réseau.

Figure 12 : Part des communes extérieures au Grand Lyon dans les ECP mesurées en sortie de bassin versant (SAFEGE, 2007)

Pt extérieur 2006	Commune collectée	ECP (m3/j)	BC Yzeron 2002	Débit d'ECP campagne de mesure de nov. 2002 (m3/j)	Part ECP extérieures
Pt 1	Ste Consorce village	13	Y-BC2	2730	0.48%
Pt 2	Ste Consorce - Le Quincieux	214	Y-BC3	5096	5.51%
Pt 3	Greyzieu la Varenne - Pollionnay	57			
Pt 4	Craponne	10			
Pt 5	Greyzieu la Varenne - Vaugneray	396	Y-BC5	3800	18.37%
Pt 6	Brindas	302	Y-BC6	2800	17.82%
Pt 7	Chaponost	499			

Les auteurs notent ainsi qu'à l'échelle du BV de l'Yzeron, les apports d'eaux parasites extérieurs ne représentent que 6,5% de la totalité des E.C.P mesurées en 2002.

Cette étude présente aussi une analyse spécifique pour étudier la vulnérabilité des collecteurs aux périodes de crues des nappes. Elle porte pour partie sur les 3 km de l'Yzeron en amont de sa confluence avec le Rhône. Il est précisé les éléments suivants :



- Les eaux claires parasites peuvent être chroniques pour un niveau normal de la nappe et devenir plus importantes en période de nappe haute mais aussi lors de crue. Leur étude permet de repérer les tronçons du réseau potentiellement vulnérables aux intrusions de nappe en période de crue annuelle. Le recensement est réalisé en comparant le niveau du toit de la nappe et la profondeur des tronçons. Seules les zones à faible relief en bordure de rivières sont prises en compte dans cette étude. En effet, les zones accidentées ne sont pas concernées par les remontées de nappes associées aux crues de la Saône et du Rhône.
- La cote de la nappe a été déterminée en période de crue annuelle à partir de l'hypothèse que le niveau de la nappe est égal au niveau des rivières en crue. Cette hypothèse a été confirmée par le BRGM pour les zones situées en bordure de fleuve. Le profil altimétrique de la nappe a été créée par interpolation sous SIG des niveaux de crues annuelles de la Saône et du Rhône. Notons que c'est une approche optimiste. En fonction de la perméabilité des matériaux constitutifs des appareils aquifères, il est possible et probable que les niveaux piézométriques soient supérieurs à ces cotes estimatives.
- L'ensemble des tronçons présentant des cotes radiers inférieures au toit de la nappe a ainsi été recensé. Le collecteur dans le BV Yzeron est en totalité sous le niveau de la nappe. De plus, il est précisé que l'aval du collecteur de l'Yzeron, dont l'état structurel est très mauvais, est très vulnérable aux intrusions de nappes. D'après ces observations, un fort taux d'intrusion d'eaux parasites peut être soupçonné dans ce secteur.

### 2.2.3 Conclusions

Les débits relatifs aux ECP sont majoritairement assimilables à des prélèvements permanents dans les nappes d'eau souterraine.

On peut distinguer deux modalités de prélèvements :

(1) Des prélèvements localisés, liés aux raccordements de sources ou à des passages dans des fonds de thalwegs (captage de ruisseau alimenté par les nappes). C'est ce qu'on observe dans la partie amont du bassin versant ou sur certains réseaux secondaires installés sur les plateaux dans la partie aval du bassin versant.

(2) Des prélèvements plus globaux avec des réseaux installés de façon temporaire ou permanente sous la niveau des nappes ; c'est en particulier le cas du collecteur principal qui longe la Charbonnières et l'Yzeron dans la partie aval du bassin versant. On peut alors considérer que les prélèvements correspondent à des prélèvements de type tranchées drainantes.

La difficulté réside dans une quantification précise des ECP à l'étiage.

En effet, les campagnes de mesure les plus extensives ont été réalisées durant des périodes de hautes eaux. Ramenés à un débit fictif continu, elles représentent les valeurs suivantes proposées par BRLi (2011) pour chaque sous bassin versant :

Figure 13 : Estimation des débits fictifs continus infiltrés dans le réseau d'assainissement par temps humide, à partir des données du grand Lyon (BRLi, 2011).

Sous Bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )	N° point contrôle BV Grand Lyon	Dfc (l/s)	Débit spécifique (l/s/km <sup>2</sup> )
Yz1	47	Point 12	50	1,1
Yz2	18	Point 5	-6	-0,3
Yz3	16	Point 1	108	6,8
Ch1	29	Point 9	32	1,1
Ch2	6	Points 6+7	25	4,1
Ra	31	Point 8	59	1,9

Soit un débit fictif continu important, de l'ordre de 260 l/s.

Les mesures en période basses eaux sont plus rares.

(1) Il est fait mention dans un rapport d'un débit de l'ordre de 20 l/s pour les apports en ECP extérieurs au grand Lyon avec la répartition approximative suivante :

- Yz1 : environ 8 l/s.
- Ra : environ 3 l/s.
- Yz2 : environ 6 l/s.

(2) Il nous a été confirmé oralement (P. Breil - CEMAGREF) que le débit cumulé des ECP en sortie de BV au niveau de Oullins avait été mesuré entre 80 et 120 l/s en période estivale (moyenne autour de 100 l/s).

On observe donc une diminution d'un facteur 2 à 4 des flux totaux liés aux ECP en période estivale de basses eaux.

C'est un résultat attendu. Il correspond à l'inertie des nappes observées au droit de sources captées. On peut proposer en première approximation une diminution plus forte des débits pour les ECP qui proviennent d'un drainage des aquifères de socle que celles en provenance des nappes alluviales (plus faible variabilité des niveaux piézométriques).

La difficulté consiste à répartir ce flux dans les différents sous-bassins versants. Les éléments de contrainte sont les suivants :

- Dominante hydrogéologique : aquifère de type fissuré ou aquifère de type poreux.
- Superficie du sous bassin versant (données BRLi).
- Linéaire cumulé de canalisations d'eaux usées. Ces linaires ont été calculés par BRLi à partir des cumuls communaux (données AVUPU, GRAND LYON et SYAHVY fournies gracieusement dans le cadre de cette étude).

Ces éléments de contraintes sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

**Figure 14 : Eléments de contrainte pour l'estimation des débits liés aux ECP en période d'été.**

Sous bassin versant	Type d'aquifère	Superficie		Linéaire EU	
		Km <sup>2</sup>	%	m	%
YZ1	Fissuré	47	32%	80 000	22%
YZ2	Poreux	18	12%	53 000	14%
YZ3	Poreux	16	11%	104 000	28%
Ch1	Mixte	29	20%	47 000	13%
Ch2	Poreux	6	4%	31 000	8%
Ra	Mixte	31	21%	53 000	14%

On peut supposer en première approximation que les ECP sont proportionnelles au linéaire de canalisations dédiées à la collecte des eaux usées. On observe en effet une bonne concordance entre pourcentage de linéaire cumulé à l'échelle du bassin versant et débits des ECP mesurés en campagne hivernale. Ceci avec deux réserves : le cas de YZ2 avec un secteur non gagnant et celui de RA avec des ECP mesurées surreprésentées relativement au poids du réseau. On affectera arbitrairement une participation relative très faible (5%) pour le secteur YZ2.

On peut proposer en première approximation que la participation au débit total des ECP diminue d'environ 50% (de 20 à 10%) entre hautes et basses eaux pour YZ1 caractérisé par des nappes en milieux fissurés. Selon la même logique, on peut proposer une diminution relative de 25% pour le sous bassin versant CH1. Le sous bassin RA, bien que caractérisé par un comportement hydrogéologique mixte, semble caractérisé par des ECP importantes ; on conservera donc une participation relative identique à celle des ECP en période hivernale.

Ces proportions relatives doivent être considérées avec prudence ; il s'agit d'estimations indirectes basées sur des données partielles.

On peut ainsi proposer les ordres de grandeur suivants pour les débits des ECP en période estivale :

Figure 15 : Estimation des débits liés aux ECP en période d'été.

Sous bassin versant	DFc mesuré en période hivernales (l/s)		DFc estimé en période estivale (l/s)	
	DFc	Proportion	DFc	Proportion
YZ1	50	19%	8-12	10%
YZ2	-6	-2%	4-6	5%
YZ3	108	40%	36-54	45%
Ch1	32	12%	8-12	10%
Ch2	25	9%	8-12	10%
Ra	59	22%	16-24	20%

On aurait ainsi un débit ECP en sortie de BV en période d'été, compris entre 80 et 120 l/s.

De par la permanence des prélèvements de type ECP, on peut considérer en première approximation que les phénomènes d'inertie susceptibles de minimiser l'impact de ces prélèvements sur les cours d'eau, sont négligeables. On peut donc assimiler en première approximation ces prélèvements à des pertes directes en terme de débit de soutien d'été aux hydro systèmes superficiels.

### 3. RELATIONS ENTRE NAPPES ET COURS D'EAU

#### 3.1 APPROCHE PARAMETRIQUE DE L'INERTIE DES NAPPES

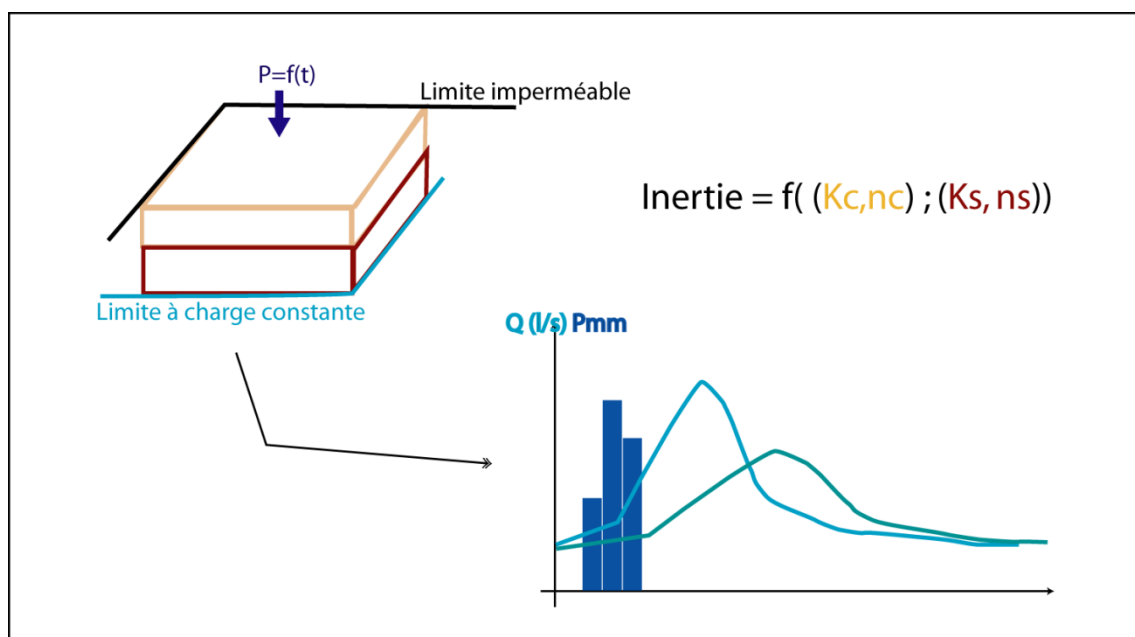
L'étude présentée dans le rapport de phase 2 a permis d'identifier trois catégories de nappes :

- ▶ Nappes de socles.
- ▶ Nappes de couverture avec des sédiments meubles en recouvrement du socle fissuré.
- ▶ Nappes alluviales.

Le problème de l'inertie de la nappe en terme de restitution au cours d'eau intéresse les deux première catégories de nappes. On peut en effet considérer que les nappes alluviales du bassin versant, de par leur géométrie (faible espacement latéral, au plus quelques dizaines de mètres), sont nécessairement connectés au cours d'eau. La question de savoir si une partie de la lame d'eau précipitée puis infiltrée en période hivernale participe au soutien d'étiage en période estivale est superflue.

Le diagramme ci-dessous rappelle le principe global des phénomènes en jeu.

Figure 16 : Problématique de l'inertie des nappes et stratégie de modélisation.



Les paramètres hydrodynamiques vont conditionner les modalités de transfert d'une lame d'eau précipitée et infiltrée vers un exutoire, en l'occurrence les cours d'eau qui sont enfoncés dans les séries aquifères.

Les paramètres hydrodynamiques sont de deux ordres :

- ▶ Paramètres relatifs à la capacité du milieu à laisser s'écouler les fluides (notion de perméabilité).
- ▶ Paramètres relatifs à la capacité du milieu à stocker puis à libérer les fluides (porosité efficace en nappe libre ou coefficient d'emmagasinement en nappe captive).

La stratégie de modélisation s'appuie sur les phases suivantes :

- Recherche dans les données existantes des valeurs probables des paramètres hydrodynamiques des principaux milieux étudiés : sables de Méginant, séries quaternaires hétérogènes de Craponne et Francheville, socle fissuré.
- Construction d'un modèle géométrique simplifié. Le domaine modélisé doit être conforme aux dimensions élémentaires des structures modélisés et reproduire au mieux les conditions aux limites des systèmes naturels.
- Définition d'une chronologie en terme de lame d'eau infiltrée. Le pas de temps retenu pour pouvoir étudier l'inertie des hydro systèmes souterrains est le mois.
- Approche paramétrique avec simulations de type plan d'expérience (exploration de toutes les combinaisons possibles en termes de paramètres hydrodynamiques) avec reconstitution des débits d'alimentation des cours d'eau aux limites des hydro systèmes souterrains.

### 3.1.1 Hypothèses

#### 3.1.1.1 Paramètres hydrodynamiques

La recherche bibliographique (BRLi, 2010) permet de récolter les valeurs suivantes pour les propriétés hydrodynamiques :

	K (m/s)	E (%)
Alluvions quaternaires	$10^{-2}$ à $10^{-6}$ , moyenne à $10^{-3}$ $5.10^{-3}$ à $2.10^{-2}$ $10^{-3}$ à $4.10^{-3}$	20 %
Loess	$10^{-6}$ à $10^{-7}$	Pas de valeur
Arènes sableuses	$10^{-3}$ à $10^{-4}$	Pas de valeur
Formations fluviatiles sous glaciaires	$8.10^{-3}$ $7.10^{-3}$ à $15.10^{-3}$ 2 à $8.10^{-3}$	12-18%
Formations morainiques	$10^{-4}$ à $10^{-5}$ $10^{-7}$ à $10^{-4}$ 1 à $5.10^{-4}$	2%
Formations fissurés de socle	Pas de valeur	Pas de valeur

Il s'agit généralement de valeurs proposées dans la littérature, sans référence explicite à des campagnes de mesure.

Les valeurs de porosité efficace peuvent être déduites des rares descriptions granulométriques proposées. Et nous avons retenu les valeurs moyennes proposées par Lachassagne et Wyns (2005) pour les formations fissurés du socle.

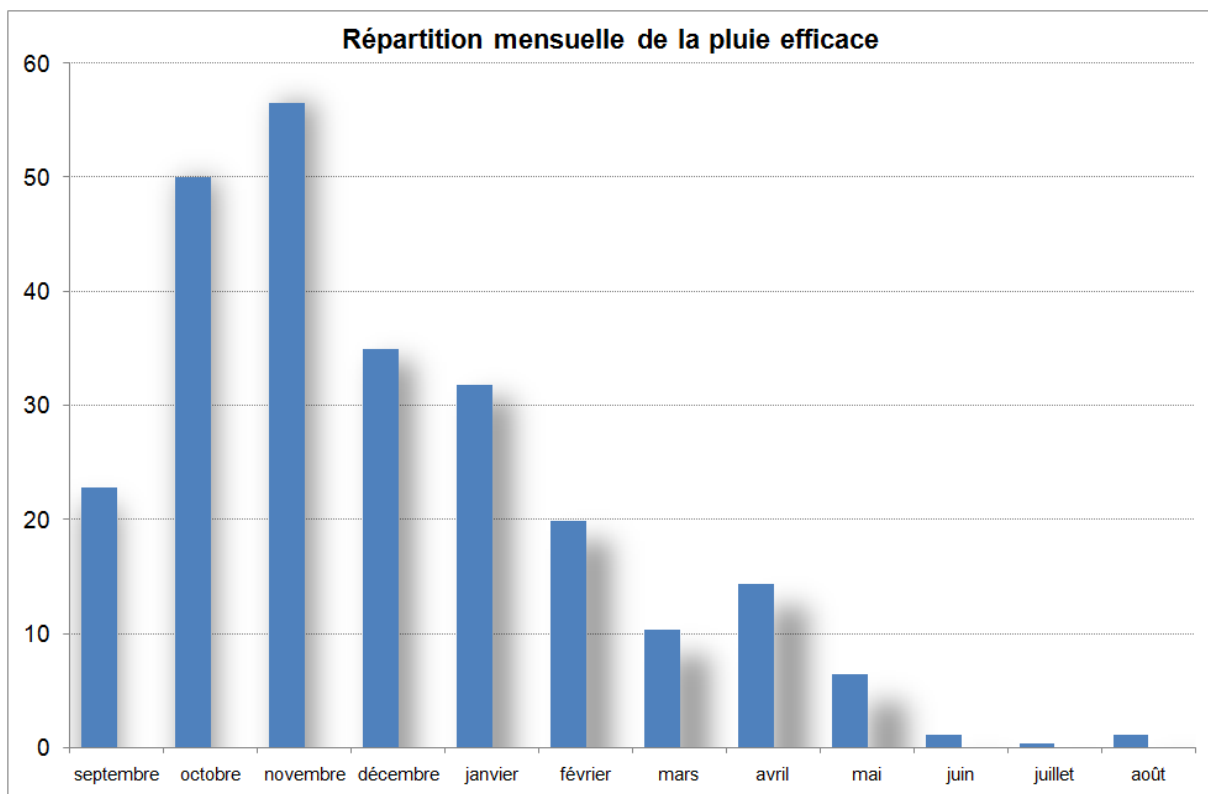
En synthèse, on peut donc proposer les ordres de grandeur suivant pour les paramètres hydrodynamiques :

	K (m/s)	E (%)
Alluvions quaternaires	$10^{-2}$ à $10^{-3}$	20%
Loess	$10^{-6}$ à $10^{-7}$	5 %
Arènes sableuses	$10^{-3}$ à $10^{-4}$	10 %
Formations fluviatiles sous glaciaires	$10^{-2}$ à $10^{-3}$	15%
Formations morainiques	$10^{-4}$ à $10^{-5}$	5%
Formations fissurés de socle	$10^{-4}$ à $10^{-5}$ (zone fissurée) $10^{-7}$ à $10^{-8}$ (zone de bloc)	2 à 5 % (zone fissurée) 0,5% (zone de bloc)

### 3.1.1.2 Reconstitution de la lame d'eau infiltrée

La pluie efficace a été estimée comme la différence positive entre les données mensuelles de pluie (station de Brignais) et les données mensuelles d'ETP (station de Lyon-Bron), de 1970 à 2009.

Figure 17 : Moyennes mensuelles des pluies efficaces.

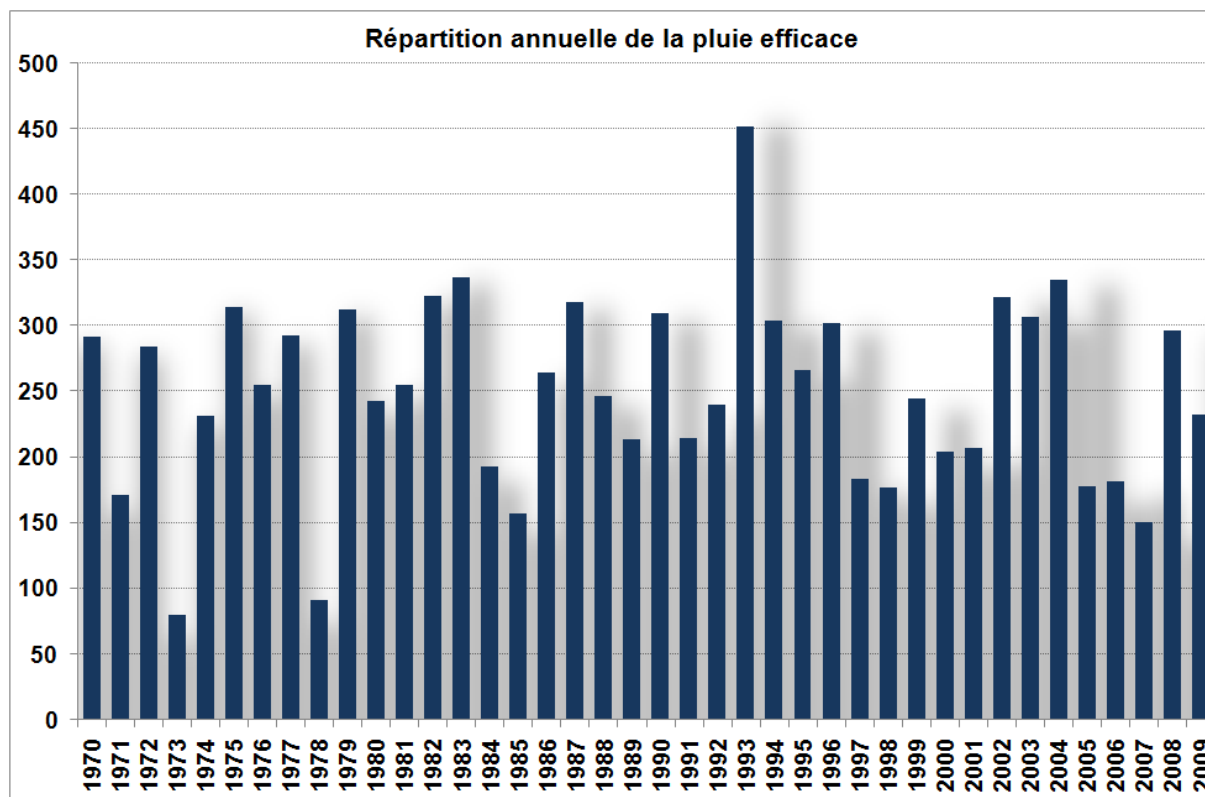


On observe ainsi une distribution des pluies efficaces concentrée de septembre à février avec un maxima statistique au mois de novembre.

La moyenne interannuelle est d'environ 250 mm/an.

Le graphe ci-dessous permet d'illustrer les variations en termes de pluies efficaces d'une année sur l'autre.

Figure 18 : Distribution annuelle des pluies efficaces de 1970 à 2009.



Rappelons que la pluie efficace se répartit entre infiltration et ruissellement.

La difficulté de l'exercice réside donc dans la détermination des quantités infiltrées versus les quantités ruisselées. Elle passe par la définition d'un coefficient d'infiltration qui dépend principalement de la texture du sol, et de la pente. Notons que ce coefficient fait l'objet de controverses dans la communauté scientifique, sa détermination étant très délicate. En effet, nombres de scientifiques ont pu observer que sa valeur varie pour un même sol en fonction de l'historique des pluies antérieures.

En nous basant sur les ordres de grandeur généralement acceptés dans la littérature, nous proposons en première approximation les coefficients suivants :

Texture	Absence de pente	Pente supérieure à 5%
Limoneux	5-10%	5%
Limoneux sableux	10-20 %	5-10%
Sableux	40%	30-40%
Sablo limoneux	30-40%	20-30%
Zones urbaines	5-20%	5-20%

Ces ordres de grandeur sont nécessairement hypothétiques. Les valeurs des flux qu'ils permettront d'estimer sont donc à considérer avec prudence.

Les coefficients retenus sont présentés ci-après dans le chapitre relatif aux systèmes modélisés.

Pour finir, rappelons que MODFLOW ne simule pas les effets de transfert en zone non saturée. Or, ceux-ci peuvent participer de façon non négligeable sur l'inertie des systèmes souterrains. Pour représenter ces phénomènes, nous avons lissé la courbe des pluies infiltrées avec une moyenne mobile de trois mois. Cela revient à dire que pour un mois M, la recharge est encore partiellement influencé par les pluies du mois M-1 et que les pluies du mois M auront encore un impact sur la recharge du mois M+1. C'est une hypothèse cohérente avec la granulométrie des séries étudiées, plutôt perméables, et la faible épaisseur de la zone non saturée pour les configurations étudiées.

### 3.1.1.3 *Domaine modélisé et conditions aux limites*

Trois hydro systèmes ont été modélisés :

1. Socle en position médiane.
2. Plateau de Méginant.
3. Plateau type Francheville.

En terme de structure, on propose les éléments suivants :

1. L'aquifère de socle a une profondeur utile aux écoulement de l'ordre de 50 mètres (5 couches de 10 m d'épaisseur). il est uniquement constitué de roches de socle. La dimension du domaine modélisé est de 1000x1000 m (dimension moyenne de l'écartement entre deux cours d'eau). Afin de pouvoir représenter l'hétérogénéité du réseau de fractures, le maillage est fin : 10x10x10 m.
2. L'aquifère Méginant a une structure en trois blocs. Un bloc profond constitué de 30 mètres de socle, surmonté par deux types de matériaux de couverture : en partie amont des arène sableuses et en partie aval des alluvions fluviales sous glaciaires. Ces matériaux ont une épaisseur moyenne de 20 mètres. La dimension du domaine modélisé est de 5000x3000 m (dimension approximative du plateau).
3. L'aquifère Francheville a une profondeur utile aux écoulement de l'ordre de 20 mètres (1 couche de 20 m d'épaisseur). Il présente une structure hétérogène avec une alternance très simplifiée dans la dimension horizontale, de fluvioglaciales, puis d'arènes sableuses puis de nouveau des sédiments fluvioglaciales. Le maillage dans le plan horizontal est de 100 x 100 m. La dimension du domaine modélisé est de 4000x3000 m (dimension approximative du plateau). Le soubassement rocheux du socle n'a pas été intégré dans les modélisations. Les contrastes de perméabilité sont tels qu'ils laissent supposer que les écoulements dans ce soubassement seront négligeables au regard de ceux simulés dans les séries quaternaires.

Rappelons que la modélisation de type MODFLOW est adaptée à la représentation des milieux poreux et homogènes. Ce qui est une condition acceptable en première approximation pour représenter les matériaux de couverture mais absolument pas pour représenter un milieu fissuré. Pour pallier cette limite intrinsèque, nous avons opté pour une représentation simplifiée du milieu fissuré : les roches de socle sont de type zones de blocs, excepté certaines zones faillées qui traversent de part en part le domaine modélisé, selon une direction N-S. En accord avec les observations données par la littérature, ces couloirs fracturés présentent 10 mètres de largeur et sont espacés tous les 200 mètres.

En terme de coefficient, on propose les valeurs suivantes, issues de l'exploitation des travaux de Gnouma (2006) et présentés dans le rapport de phase 2 (BRLi, 2010) :

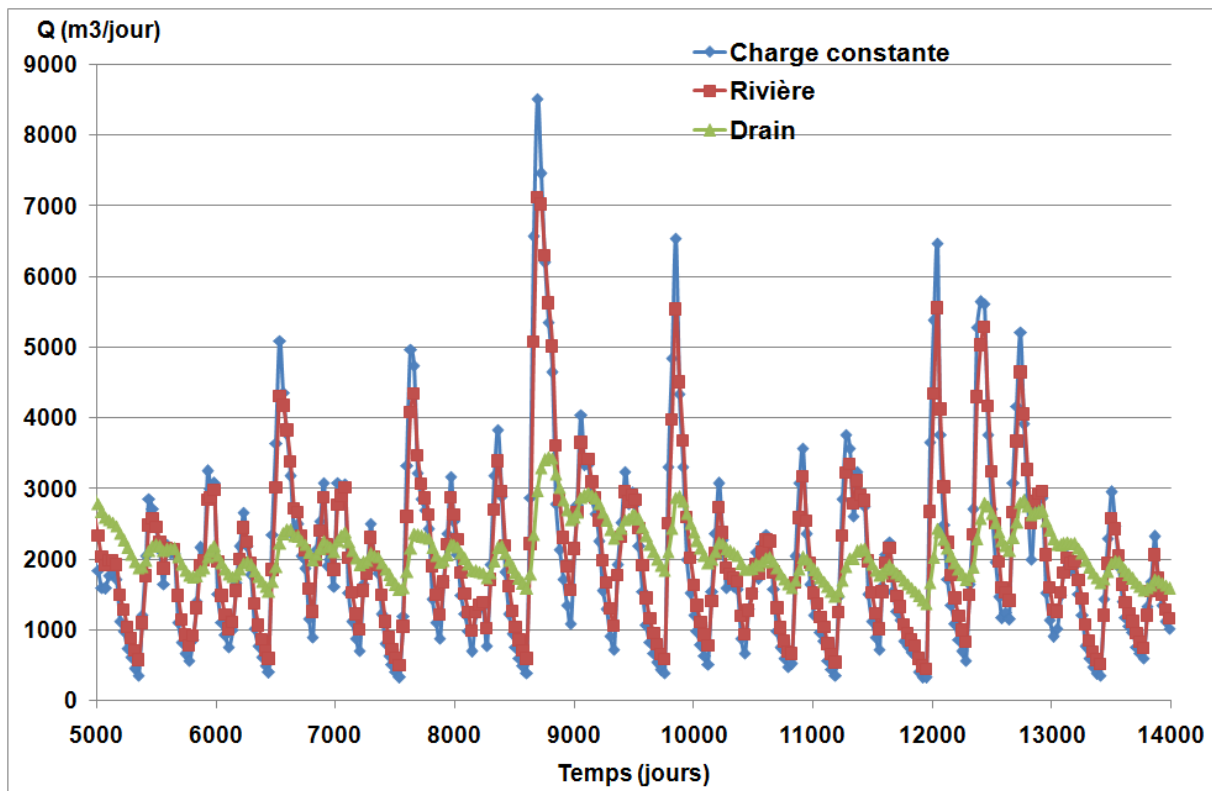
1. L'aquifère de socle a un coefficient moyen d'infiltration de l'ordre de 20%.
2. L'aquifère Méginant a un coefficient moyen d'infiltration de l'ordre de 14%.
3. L'aquifère Francheville a un coefficient moyen d'infiltration de l'ordre de 25%.

MODFLOW propose trois types de conditions aux limites pour représenter un cours d'eau :



- Limites à charge constante. Le niveau d'eau est indépendant du niveau de la nappe ; si la nappe descend sous le niveau fixé, on a alors une inversion des écoulements.
- Limites de type rivière. Il s'agit d'un fonctionnement similaire à celui d'une limite à charge constante (on ne peut pas dénoyer une cellule occupée par une rivière), sauf que les flux sont modulés par la perméabilité supposée des éléments constitutifs du fond du cours d'eau.
- Limites de type drain. En terme d'échanges de flux, le drain fonctionne comme une rivière mais il peut être dénoyé. En ce sens, ce module de calcul se rapproche le plus du fonctionnement des cours d'eau du bassin versant. Il présente cependant une limite importante : le fil de l'eau est affectée sur une altitude et ne peut donc pas représenter un corps alluvial dans toute son épaisseur. Une analyse numérique préalable montre les effets de cette condition aux limites sur les flux d'une nappe vers un cours d'eau :

Figure 19 : Exemple de débits simulés selon le type de conditions aux limites censées représenter un cours d'eau.



C'est la limite à charge constante qui induit les plus fortes variations. C'est un résultat cohérent : les échanges nappe-rivière sont instantanés et ne sont pas minorés par un coefficient d'échange. On note que le module Drain est celui qui induit la plus forte inertie dans les échanges : en plus de minorer les flux, le dénoyement de tout ou partie du drain durant les simulations implique une minoration supplémentaire des échanges de la nappe vers la rivière.

**Au vu de ces résultats, nous conserverons des limites à charge constante pour représenter les cours d'eau dans les simulations. C'est le choix de l'hypothèse la plus défavorable (plus faible inertie induite par ce choix) et cela évitera d'introduire un degré d'incertitude supplémentaire (non connaissance de la conductance des matériaux du fond de lit).**

En terme de conditions aux limites, on propose donc les éléments suivants :

1. Le système de l'aquifère de socle présente deux limites à charge constante sur les bordures Nord et Sud du domaine modélisé. Elles représentent les cours d'eau qui drainent les aquifères de socle. Pour approcher la configuration géomorphologique caractéristique du

bassin versant, les limites à charge constante sont imposées avec un enfoncement d'environ 40 mètres par rapport au terrain naturel.

2. Le système de l'aquifère de Méginant présente une limite à charge constante sur la bordure Est du domaine modélisé. Elle représente de façon simplifiée l'Yzeron qui draine les séries quaternaires.
3. Le système de l'aquifère de Francheville présente une limite à charge constante sur la bordure Est du domaine modélisé. Elle représente de façon simplifiée l'Yzeron qui draine les séries quaternaires.

### 3.1.1.4 Eléments de calage

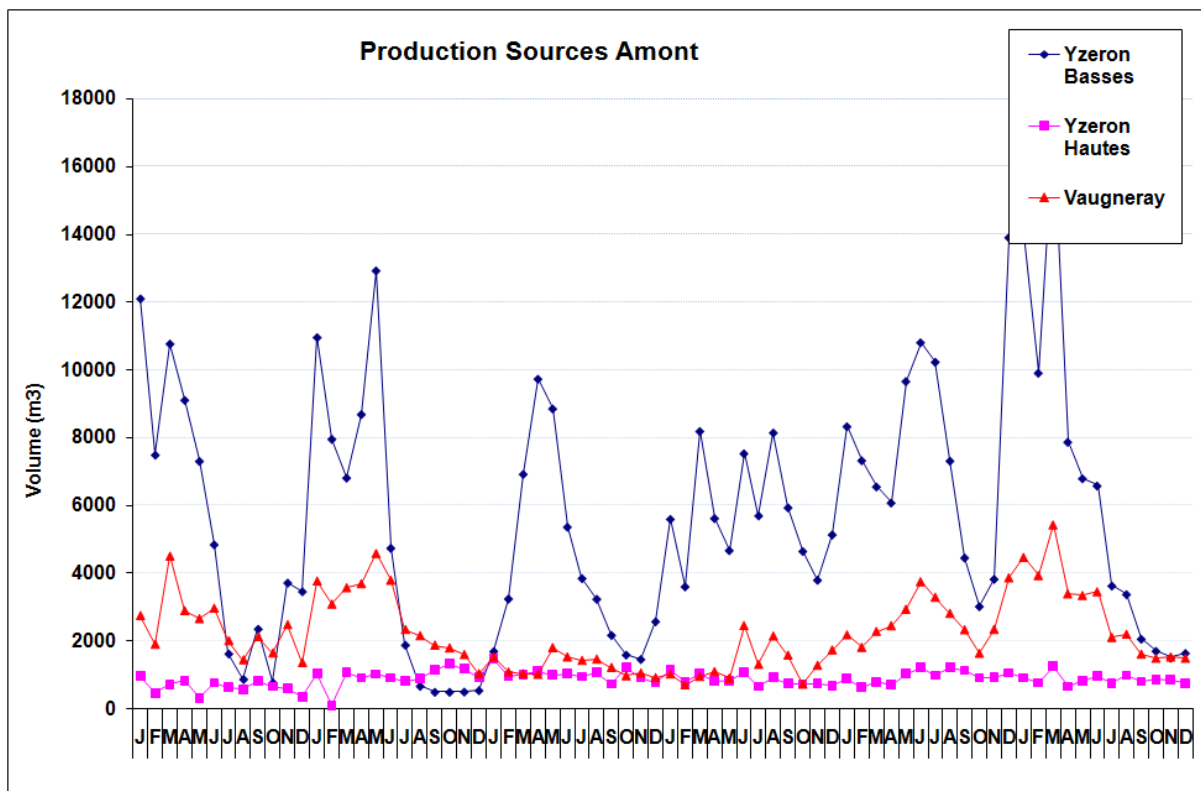
Rappelons que nous ne disposons d'aucunes données permettant un réel calage du modèle. Il s'agit donc d'une approche de type phénoménologique avant tout.

Il existe cependant des éléments de comparaison entre phénomènes réels et phénomènes modélisés:

- ▶ Données des débits de source en partie amont dans le bassin versant.
- ▶ Campagne de jaugeages réalisés en fin de période de basses eaux.

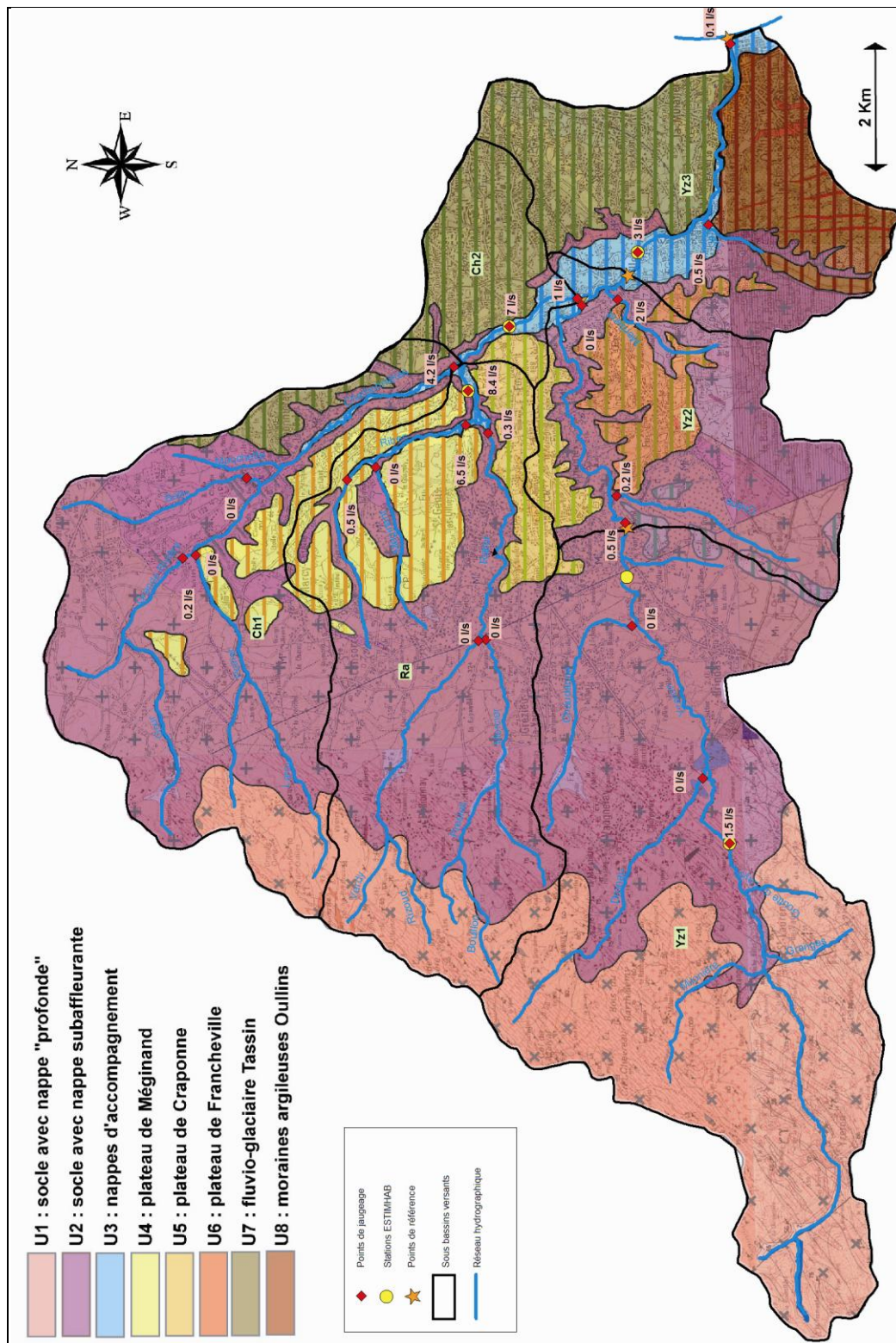
Les données de débit des sources montrent une forte variété de comportement. On observe des systèmes très réactifs et des systèmes très inertiels. Pour les systèmes les plus réactifs, on note des pics de production de janvier à mars avec des basses eaux enregistrées entre août et septembre (inertie de 4 à 6 mois).

Figure 20 : Débits mensuels des sources de socle (de 2004 à 2008).



Les résultats des mesures de débit réalisées par BRLi en octobre 2011 sont présentés dans la figure ci-dessous :

Figure 21 : Débits des cours d'eau à l'étiage - Octobre 2011.



Elles confirment les hypothèses proposées dans le rapport de phase 2 :

- ▶ Contribution à l'étiage de l'aquifère de Méginand avec des débits cumulés de l'ordre de 10 l/s.
- ▶ Contribution des arènes sablo-argileuses de la vallée de la Charbonnière avec un débit mesuré de l'ordre de 4 l/s en sortie de système.

- ▶ Zone de pertes au droit de la faille de la Belle Allemande (pertes de l'appareil alluvial de l'Yzeron en direction de l'appareil alluvial de la Saône).
- ▶ Contribution significative de l'aquifère de Francheville (2 à 3 l/s).

Les débit mesurés donnent des ordres de grandeur utiles pour contraindre les simulations.

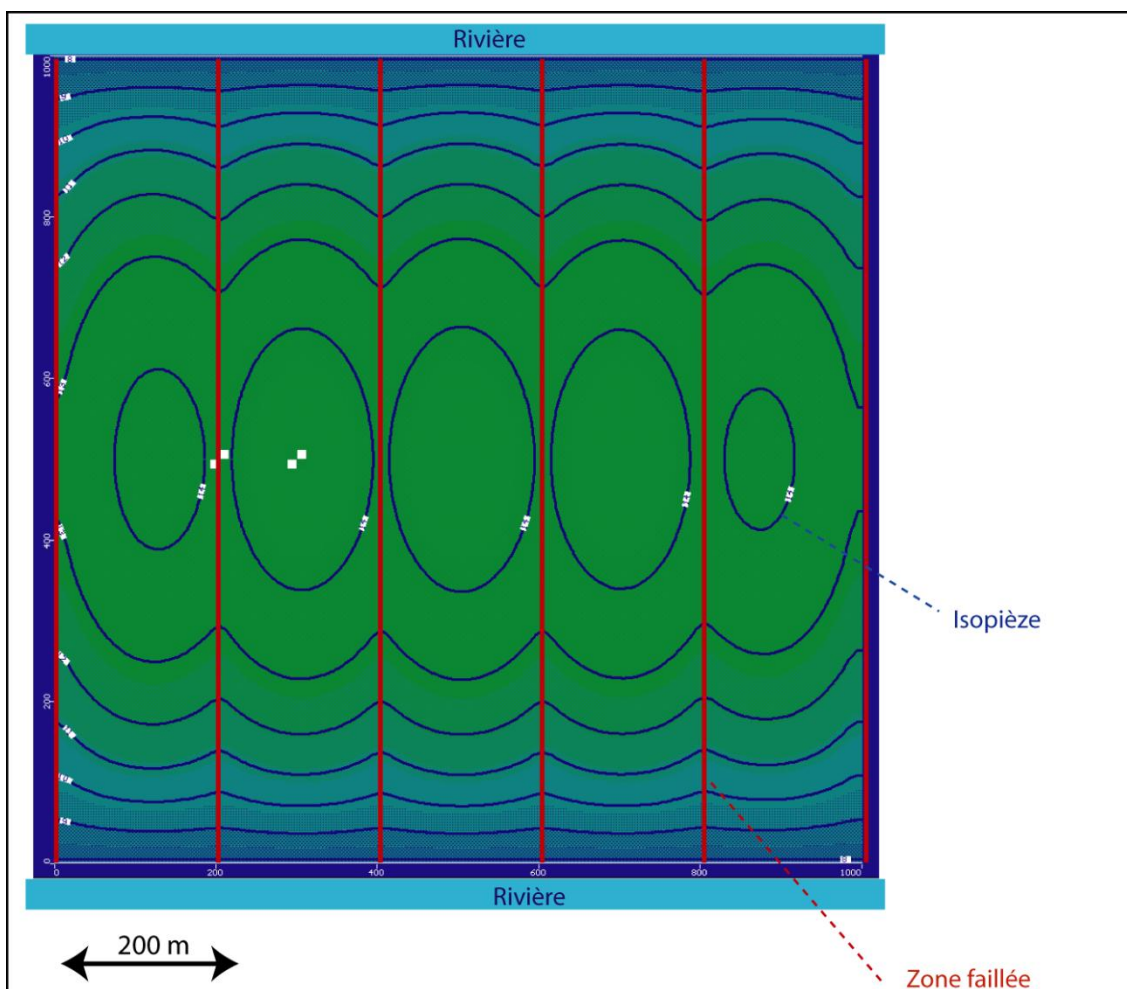
### 3.1.2 Simulations

Les simulations sont réalisées en régime transitoire. La seule condition aux limites qui varie correspond à la lame d'eau infiltrée mensuelle.

#### 3.1.2.1 Aquifères de socle

Afin d'appréhender l'influence de la forte variabilité supposée des paramètres hydrodynamiques, nous avons réalisé une série de 7 simulations. Elles ont en commun les conditions aux limites : recharge par infiltration des eaux de pluie et limites à charge constante, censées représenter les rivières.

Figure 22 : Structure de l'aquifère de socle modélisé.



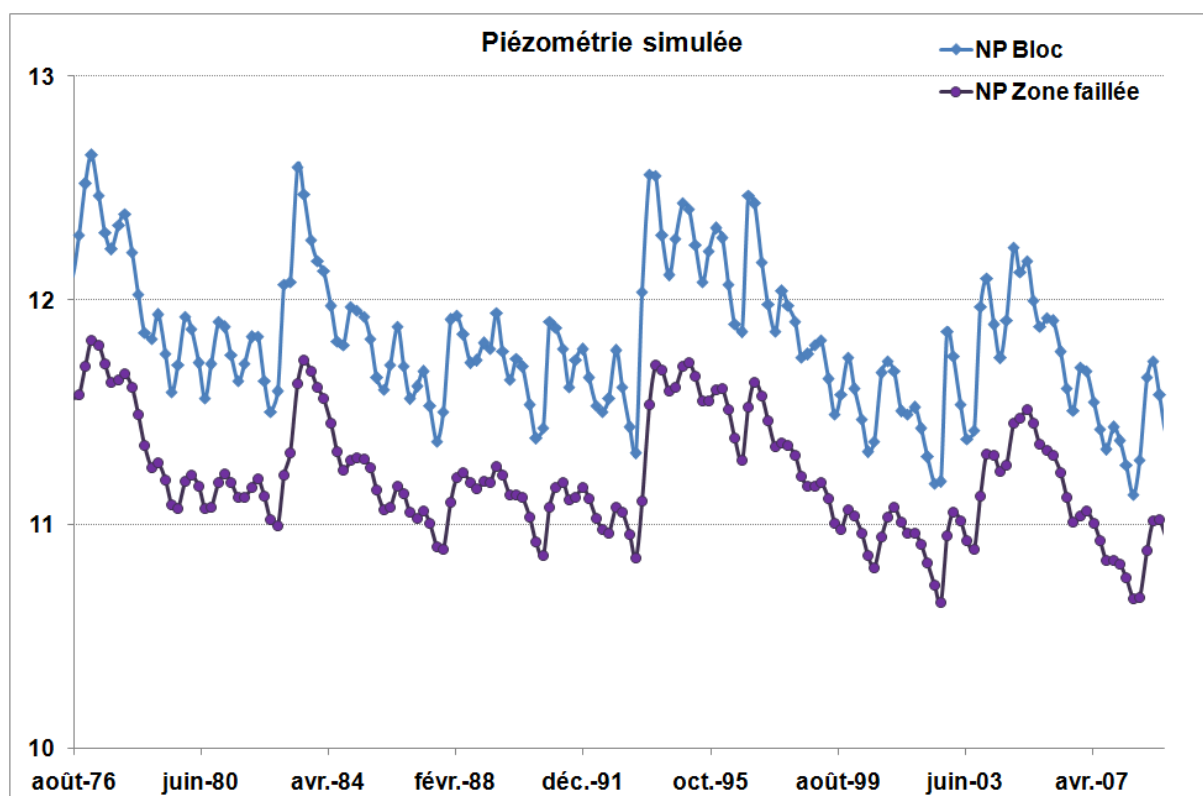
Les combinaisons testées de paramètres hydrodynamiques sont les suivantes :

	Zone faillée		Zone de bloc	
	K (m/s)	Porosité efficace	K (m/s)	Porosité efficace
<b>S1</b>	$10^{-4}$	2%	$10^{-7}$	0,5%
<b>S2</b>	$10^{-4}$	5%	$10^{-7}$	0,5%
<b>S3</b>	$10^{-5}$	5%	$10^{-7}$	0,5%
<b>S4</b>	$10^{-3}$	5%	$10^{-7}$	0,5%
<b>S5</b>	$10^{-4}$	5%	$10^{-8}$	0,5%
<b>S6</b>	$10^{-4}$	5%	$10^{-6}$	0,5%

Nous avons réalisé une simulation supplémentaire en éliminant le retard artificiellement introduit quant à la recharge de la nappe en affectant comme valeur mensuelle d'infiltration la moyenne mobile calculée sur trois mois.

La piézométrie simulée est cohérente avec la structure du modèle. On observe des variations piézométriques supérieures en zone de blocs que dans les zones faillées plus perméables (évacuation facilitée de l'eau vers les limites drainantes du modèle).

Figure 23 : Exemple de piézométrie simulée dans les aquifères de roche de socle (simulation S6).



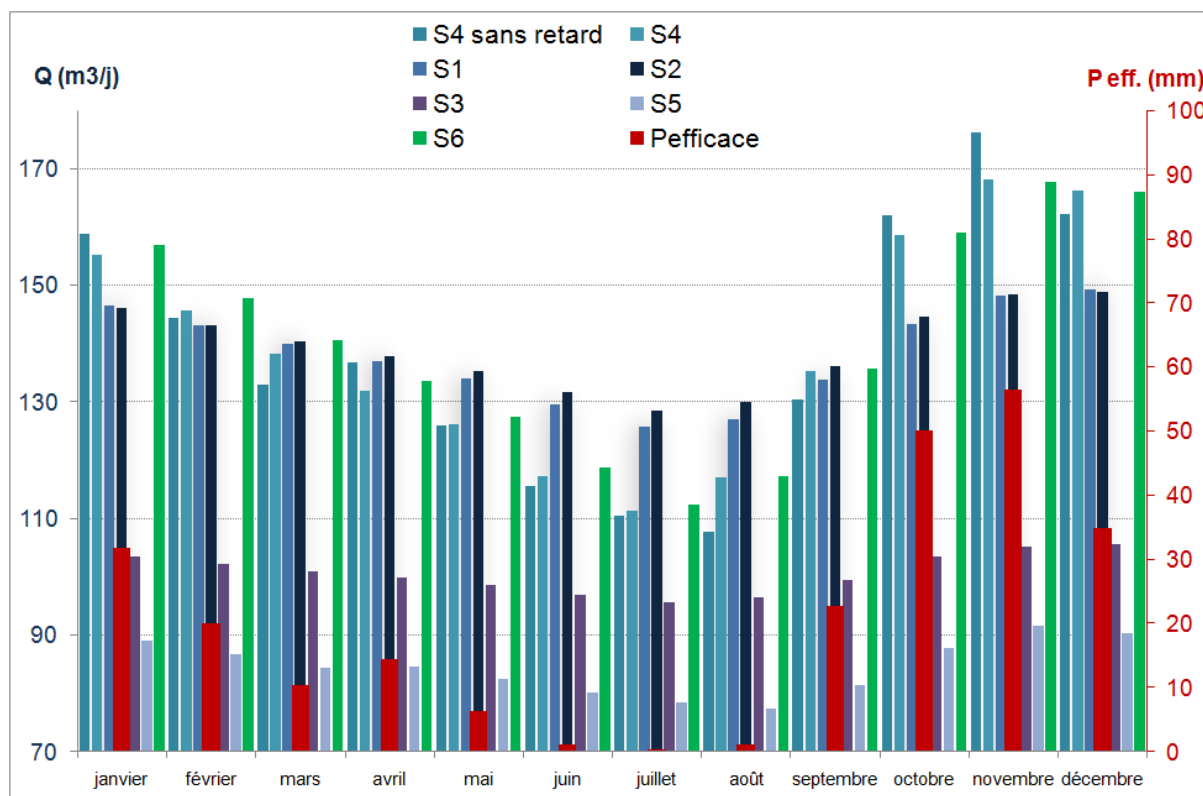
Notons cependant que les simulations pour lesquelles le rapport  $K_f/K_b=1000$  ne présentent pas de déphasage temporel supérieur au mois entre zones de blocs et zones faillées ; il faut un contraste de perméabilité d'un facteur 10 000 pour observer des décalages de plusieurs mois.

Notons que les charges dans les blocs ne sont pas équilibrées dans la simulation S5 ( $K_{\text{bloc}}=10^{-8}$  m/s). Les blocs continuent d'enregistrer continuellement une mise en charge progressive pendant plus de 40 ans, ce qui est peu réaliste. On fait un constat similaire pour une faible perméabilité des zones de failles (S3).

Pour la suite des travaux, on considérera les simulations S3 et S5 comme non acceptables. Leurs résultats sont néanmoins exposés afin de donner des éléments de comparaison avec les autres simulations.

Les résultats en terme de débit restitué au cours d'eau sont représentés ci-dessous. Pour une meilleure compréhension, nous avons intégré la lame d'eau mensuelle correspondant à la pluie efficace dans le même graphe.

Figure 24 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour un aquifère de socle sans prélèvements domestiques.



On note comme premier résultat la forte homogénéité des résultats. Le débit moyen restitué est globalement compris entre 90 et 180 m<sup>3</sup>/jour et ce pour 2000 ml de zones d'échange entre nappe et rivière (la simulation S5 est jugée peu réaliste pour des raisons précisées plus avant). Soit un débit moyen compris entre 0,5 et 1 l/s pour 1 000 ml de zone d'échange. Cet écart est encore plus réduit pour les périodes d'étiage : entre 0,5 et 0,75 l/s pour 1 000 ml de zone d'échange.

On notera qu'une analyse plus fine des distribution de débit mensuel aux limites montre que les débits restent dans le même ordre de grandeur pour certaines années marquées par de fortes sécheresses.

C'est un résultat important : les simulations montrent qu'une lame d'eau infiltrée préférentiellement sur 4 mois de l'année se traduit par des débits d'alimentation forts en période de hautes eaux mais que ce débit se maintient aussi dans des valeurs significatives durant la période de basses eaux.

Si on traduit les flux en termes volumique, on obtient les valeurs suivantes pour une surface représentative de 1 km<sup>2</sup> :

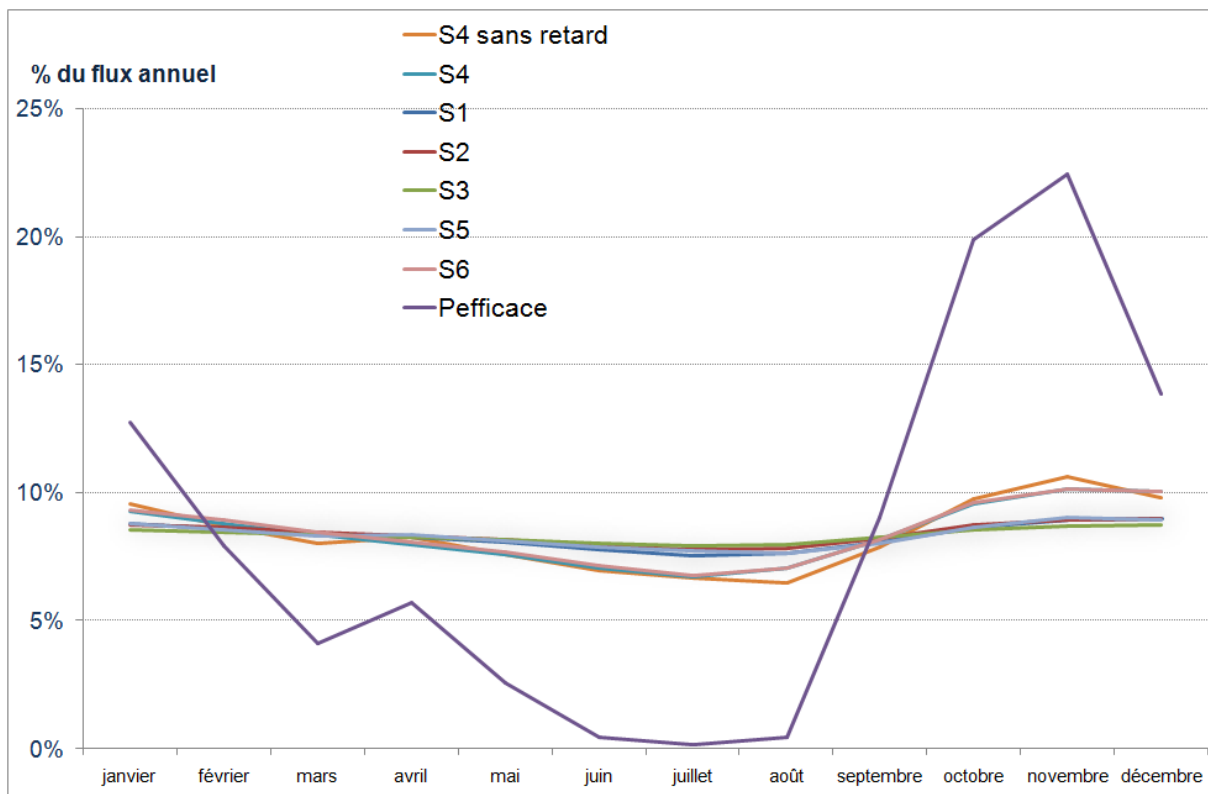
- ▶ Le volume d'eau infiltrée annuellement est de l'ordre de 50 000 m<sup>3</sup>.
- ▶ Le volume d'eau restitué aux limites varie de 30 à 50 000 m<sup>3</sup>/an.

On observe donc une possibilité de phénomène inertiel étalé sur plus d'un cycle hydrologique.

Le système modélisé est globalement très inertiel. L'eau infiltrée est restituée aux limites tout au long de l'année avec des variations mensuelles inférieures à un facteur 2. A comparer aux variations quant à la distribution des volumes infiltrés.

Si on traduit les flux mensuels en termes de pourcentages du flux annuel, on obtient les résultats suivants :

Figure 25 : Décomposition mensuelle de la participation des nappes de socle à l'alimentation des cours d'eau.



Dans le détail, on peut faire les observations suivantes :

- ▶ La variation de porosité des zones faillées de 2 à 5 % induit peu de différence en termes de débits restitués (S1 et S2). L'inertie des systèmes est équivalente.
- ▶ L'introduction d'un retard en terme de lame d'eau infiltrée a peu d'influence sur la restitution de la nappe vers l'hydrosystème superficiel (S4 et S4 sans retard).
- ▶ C'est la valeur de perméabilité attribuée aux zones faillées qui contrôlent le plus l'inertie de l'hydrosystème souterrain. En schématisant, au dessus de 10<sup>-4</sup> m/s, l'inertie entre hautes et basses eaux est d'un facteur 1,6 (S2 et S4) ; en dessous, l'inertie est plus faible (S3 avec un facteur 1,1). La perméabilité des zones de blocs est elle aussi importante en terme d'impact sur l'inertie du système. On obtient ainsi les résultats suivants : facteur 1,1 pour  $K_{\text{bloc}} = 10^{-8}$  m/s (S6), facteur de 1,15 pour  $K_{\text{bloc}} = 10^{-7}$  m/s (S2) et de 1,5  $K_{\text{bloc}} = 10^{-6}$  m/s

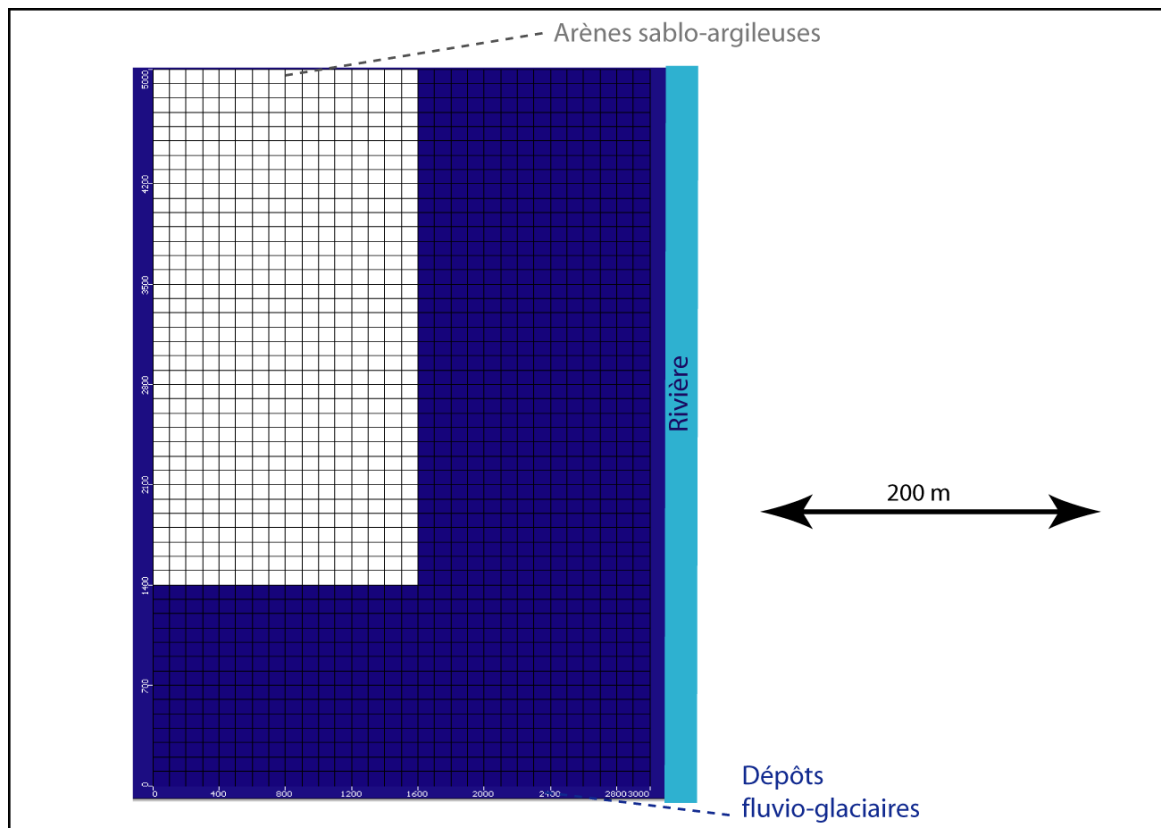
**Au final, si l'on considère S3 (faible perméabilité pour les zones faillées) et S5 (très faible perméabilité pour les zones de blocs) comme des simulations peu réalistes, on observe une faible dispersion des valeurs résultantes en terme de débit d'étiage (compris entre 110 et**

130 m<sup>3</sup>/jour). On conservera donc la simulation S6 comme structure de référence pour les aquifères de socle.

### 3.1.2.2 Aquifère de Méginant

Afin d'appréhender l'influence de la forte variabilité supposée des paramètres hydrodynamiques, nous avons réalisé une série de 4 simulations. Elles ont en commun les conditions aux limites : recharge par infiltration des eaux de pluie et limite à charge constante, censée représenter la rivière qui draine l'aquifère.

Figure 26 : Structure de l'aquifère de Méginant



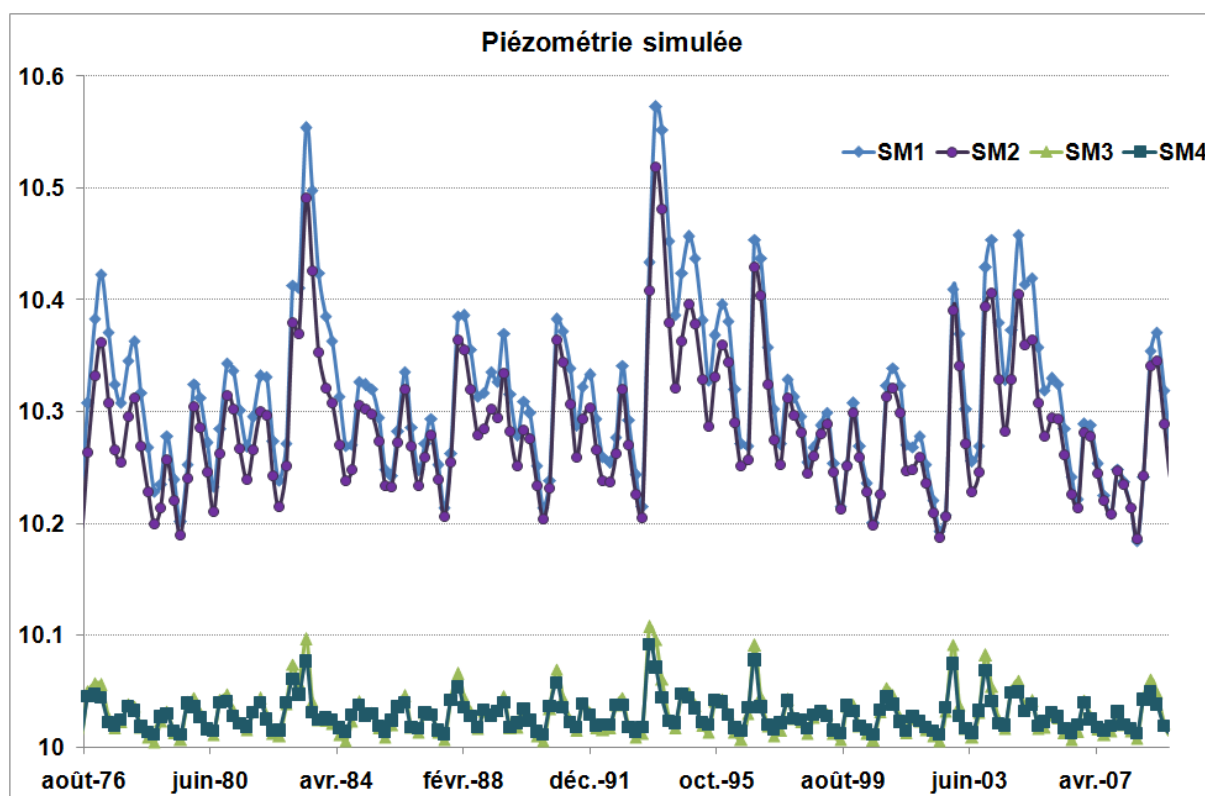
Les combinaisons testées de paramètres hydrodynamiques sont les suivantes :

	Dépôts fluvio-glaciaires		Arènes sablo-argileuses	
	K (m/s)	Porosité efficace	K (m/s)	Porosité efficace
<b>SM1</b>	10 <sup>-3</sup>	15%	10 <sup>-3</sup>	10%
<b>SM2</b>	10 <sup>-3</sup>	15%	10 <sup>-4</sup>	10%
<b>SM3</b>	10 <sup>-2</sup>	15%	10 <sup>-3</sup>	10%
<b>SM4</b>	10 <sup>-2</sup>	15%	10 <sup>-4</sup>	10%

La piézométrie simulée est cohérente avec la structure du modèle.



Figure 27 : Piézométries simulées dans l'aquifère Méginant.

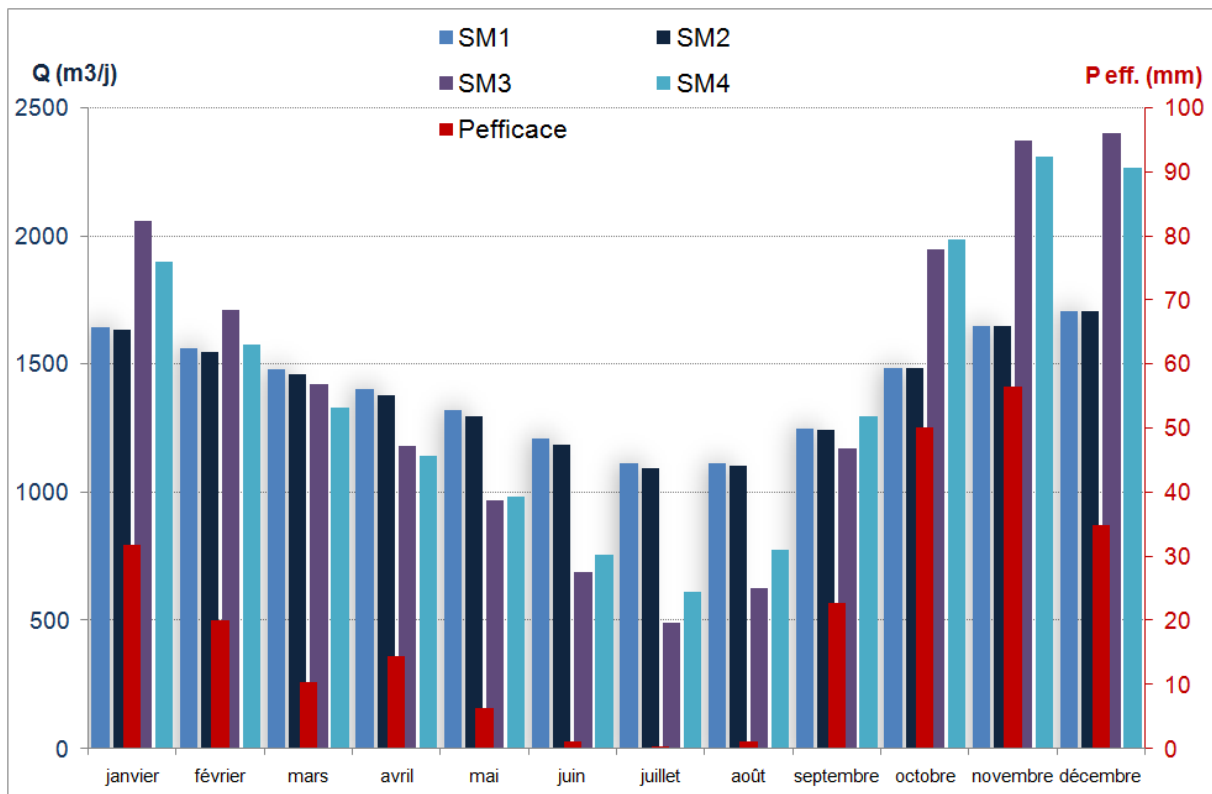


C'est la perméabilité attribuée aux dépôts fluvio-glaciaires qui contrôle la piézométrie. Plus le matériau est perméable, plus la valeur de moyenne de piézométrie se rapproche de celle attribuée à la limite ; et plus les variations mensuelles sont faibles. Ces observations s'expliquent par un transfert facilité de l'eau infiltrée vers l'exutoire.

Les résultats en terme de débit restitué au cours d'eau sont représentés ci-dessous. Pour une meilleure compréhension, nous avons intégré la lame d'eau mensuelle correspondant à la pluie efficace dans le même graphe.

On note comme premier résultat une certaine dispersion des moyennes mensuelles. Le débit moyen restitué est globalement compris entre 500 et 2500 m<sup>3</sup>/jour selon les mois et les simulations. Soit un débit fictif moyen compris entre 6 et 30 l/s. Cet écart est plus réduit pour les périodes d'étiage : entre 6 et 13 l/s en débit fictif moyen mensuel.

Figure 28 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère Méginant sans prélèvements domestiques.



Notons cependant qu'une analyse plus fine des distributions de débit mensuel aux limites montre que les débits estivaux peuvent être très faibles pour certaines années marquées par de fortes sécheresses : entre 2 et 6 l/s.

L'observation d'un débit influencé de l'ordre de 7 l/s en octobre 2011, suite à une année particulièrement sèche, aurait plutôt tendance à privilégier la configuration la plus inertielle ( $K=10^{-3}$  m/s pour les dépôts fluvio-glaciaires). Une telle hypothèse est plus conforme à la nature sédimentaire des séries. La configuration SM2 nous semble donc a priori la plus acceptable. Elle induit une estimation des soutiens d'étiage au Ribes d'environ 12 l/s en débit fictif moyen. Pour les années particulièrement sèches, ces débits peuvent diminuer à 8 l/s.

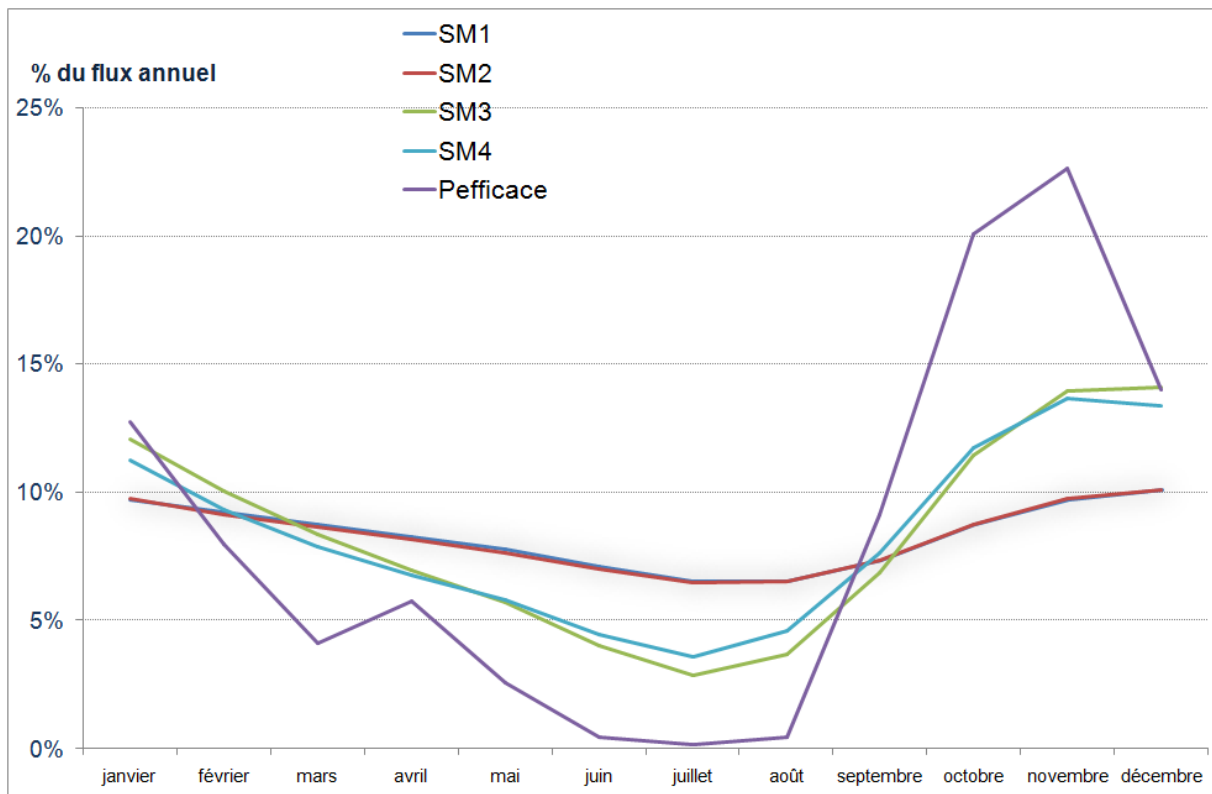
Si on traduit les flux en termes volumique, on obtient les valeurs suivantes pour une surface représentative de 15 km<sup>2</sup> :

- Le volume d'eau infiltrée annuellement est de l'ordre de 520 000 m<sup>3</sup>.
- Le volume d'eau restitué aux limites varie de 510 à 520 000 m<sup>3</sup>/an.

Le système modélisé est globalement peu inertielle (pas de variations inter-annuelles). L'eau infiltrée est restituée aux limites tout au long de l'année avec des variations mensuelles inférieures avec un facteur 4.

Si on traduit les flux mensuels en termes de pourcentages du flux annuel, on obtient les résultats suivants :

Figure 29 : Décomposition mensuelle de la participation de la nappe de Méginant à l'alimentation de l'Yzeron.



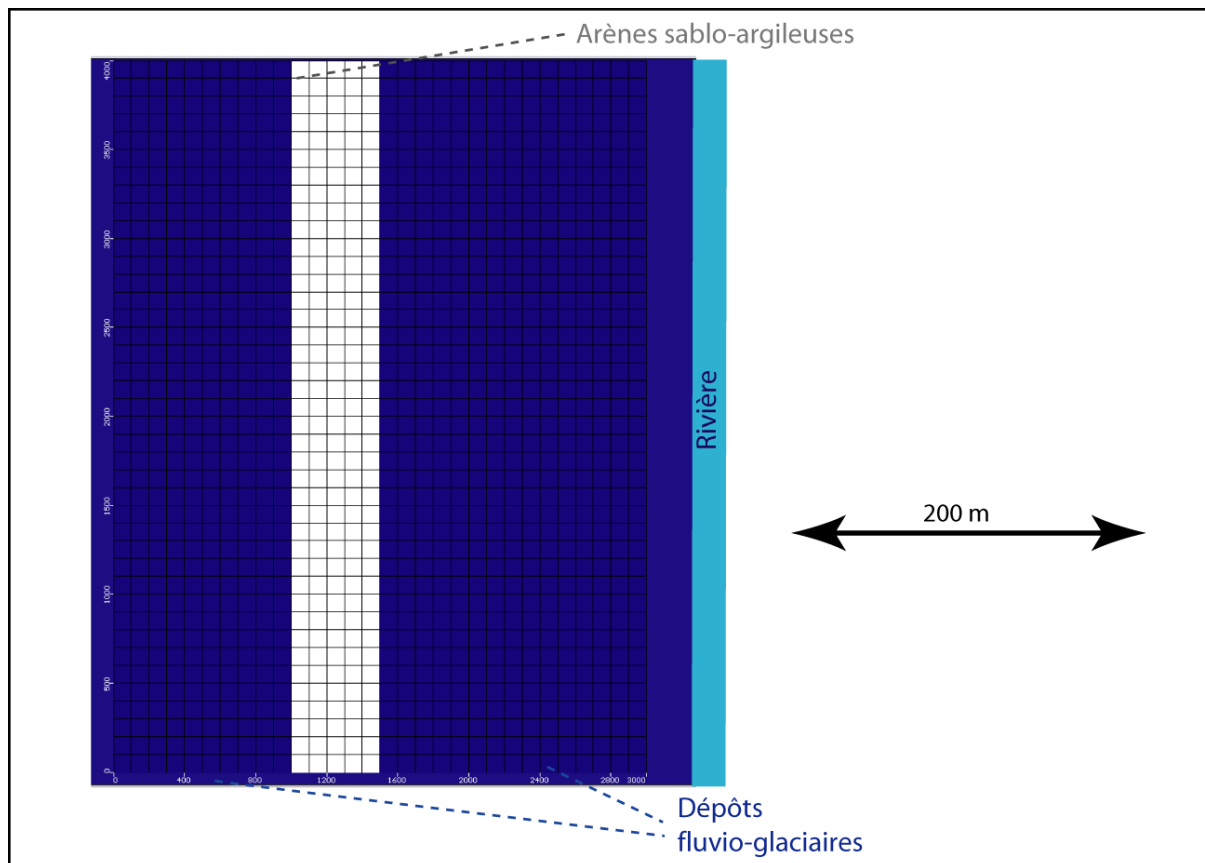
Dans le détail, on peut faire les observations suivantes :

- ▶ La variation de perméabilité des arènes sablo-argileuses induit peu de différence en termes de débits restitués (couple SF1 et SF2, couple SF3 et SF4). L'inertie des systèmes est équivalente.
- ▶ C'est la valeur de perméabilité attribuée aux dépôts fluvio-glaciaires qui contrôlent le plus l'inertie de l'hydrosystème souterrain.

### 3.1.2.3 Aquifère de Francheville

La même stratégie de modélisation a été appliquée pour la structure Francheville. Afin d'appréhender l'influence de la forte variabilité supposée des paramètres hydrodynamiques, nous avons réalisé une série de 4 simulations. Elles ont en commun les conditions aux limites : recharge par infiltration des eaux de pluie et limite à charge constante, censée représenter la rivière qui draine l'aquifère.

Figure 30 : Structure de l'aquifère de Francheville.

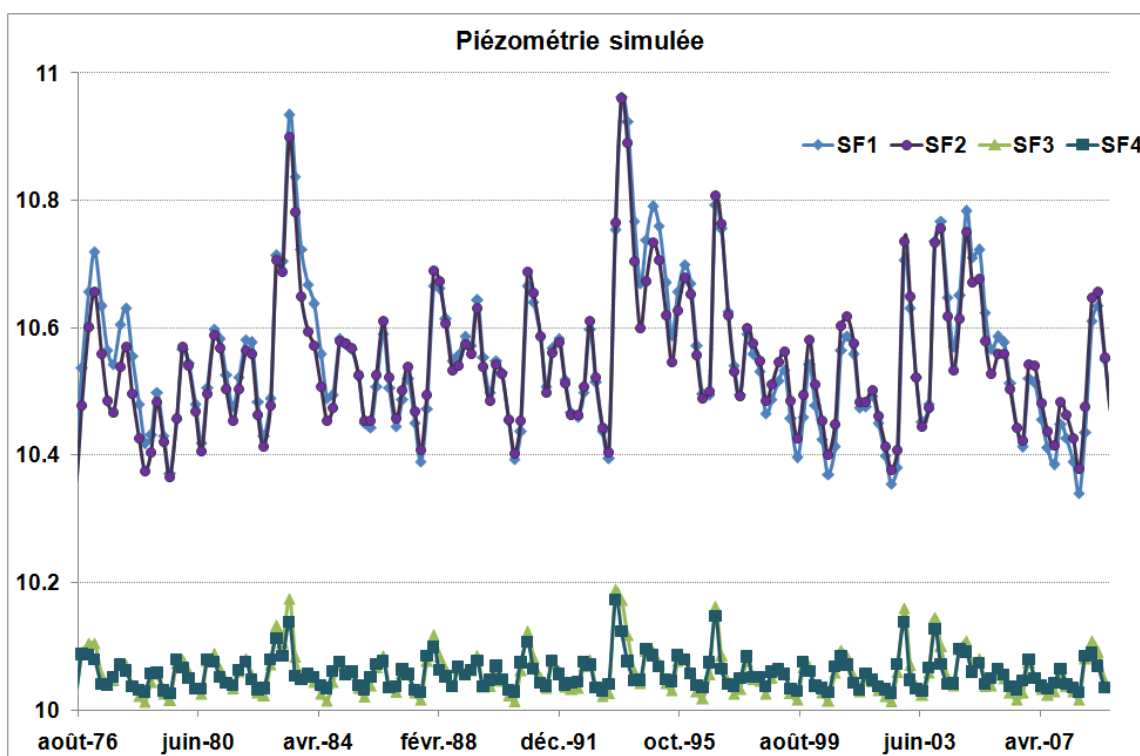


Les combinaisons testées de paramètres hydrodynamiques sont les suivantes :

	Dépôts fluvio-glaciaires		Arènes sablo-argileuses	
	K (m/s)	Porosité efficace	K (m/s)	Porosité efficace
<b>SF1</b>	$10^{-3}$	15%	$10^{-3}$	10%
<b>SF2</b>	$10^{-3}$	15%	$10^{-4}$	10%
<b>SF3</b>	$10^{-2}$	15%	$10^{-3}$	10%
<b>SF4</b>	$10^{-2}$	15%	$10^{-4}$	10%

La piézométrie simulée est cohérente avec la structure du modèle.

Figure 31 : Piézométries simulées dans l'aquifère Francheville.



Les résultats en terme de débit restitué au cours d'eau sont représentés dans la figure ci-dessous.

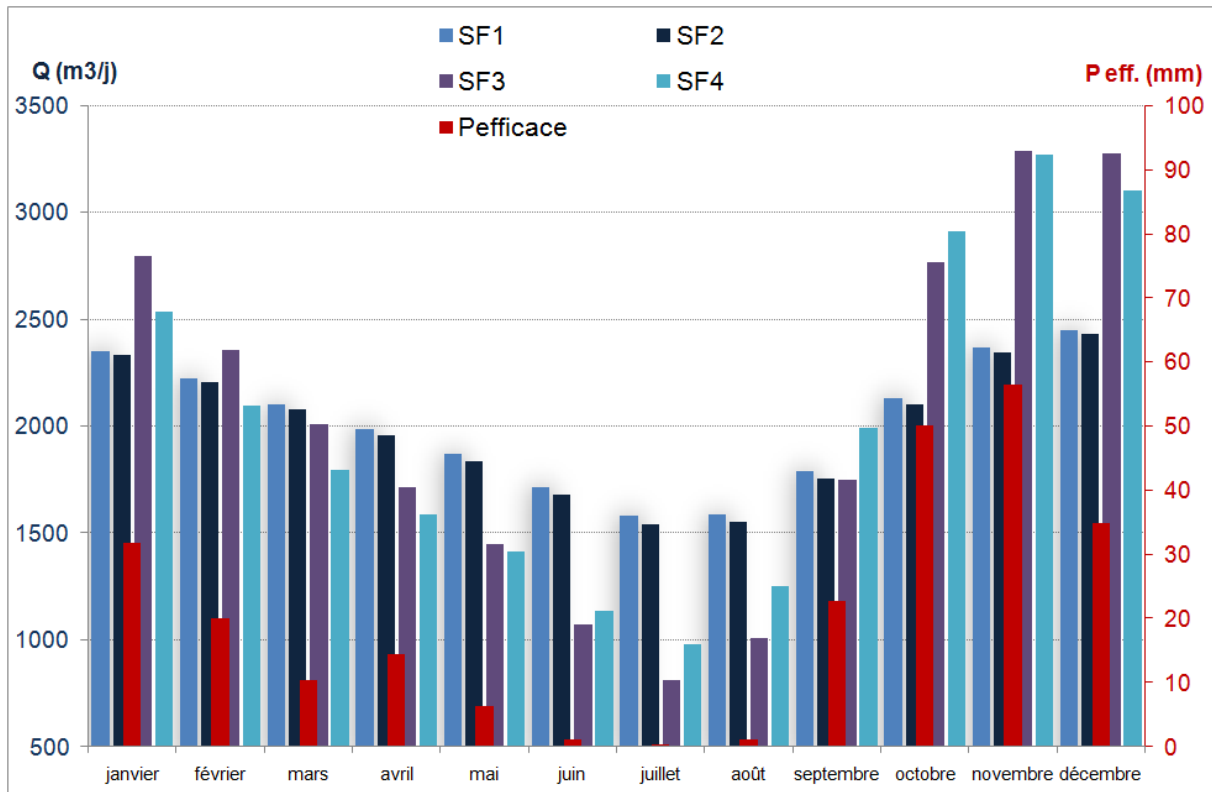
Le fonctionnement hydrogéologique est le même que celui proposé pour l'aquifère de Méginant.

Seules les valeurs de flux sont modifiées, car elles dépendent de la surface d'impluvium et du coefficient d'infiltration. Si on traduit les flux en termes volumique, on obtient les valeurs suivantes pour une surface représentative de 12 km<sup>2</sup> :

- Le volume d'eau infiltrée annuellement est de l'ordre de 750 000 m<sup>3</sup>.
- Le volume d'eau restitué aux limites varie de 700 à 750 000 m<sup>3</sup>/an.

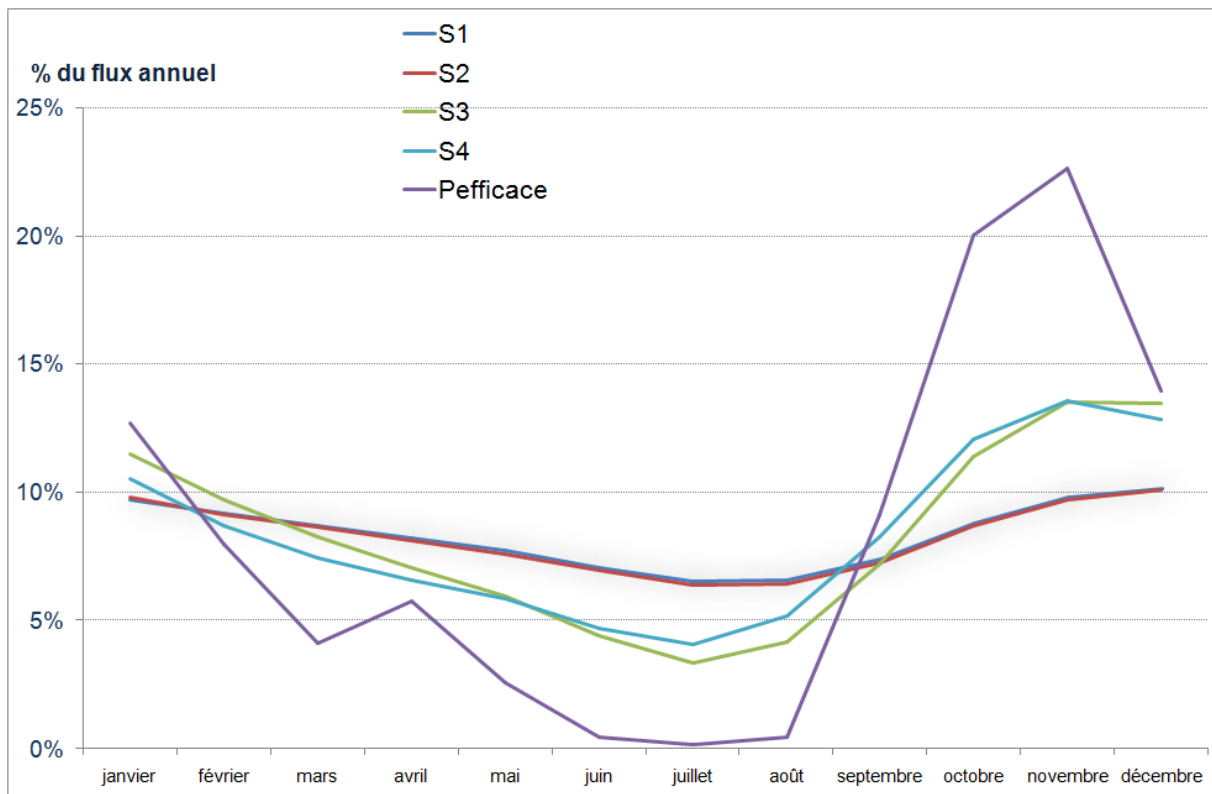
**Comme pour l'aquifère de Méginant, il serait logique de privilégier la configuration la plus inertielle ( $K=10^{-3}$  m/s pour les dépôts fluvio-glaciaires). Une telle hypothèse est plus conforme à la nature sédimentaire des séries. La configuration SF2 nous semble donc a priori la plus acceptable. Elle induit une estimation des soutiens d'étiage à l'Yzeron et à son appareil alluvial d'environ 17 l/s en débit fictif moyen. Pour les années particulièrement sèches, ces débits peuvent diminuer à 14 l/s.**

Figure 32 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Francheville sans prélèvements domestiques.



Si on traduit les flux mensuels en termes de pourcentages du flux annuel, on obtient les résultats suivants :

Figure 33 : Décomposition mensuelle de la participation de la nappe de Francheville à l'alimentation de l'Yzeron.



Dans le détail, on peut faire les observations suivantes :

- ▶ La variation de perméabilité des arènes sablo-argileuses induit peu de différence en termes de débits restitués (SF1 et SF2, SF3 et SF4). L'inertie des systèmes est équivalente.
- ▶ C'est la valeur de perméabilité attribuée aux dépôts fluvio-glaciaires qui contrôlent le plus l'inertie de l'hydrosystème souterrain.

### 3.1.3 Conclusions

Cette première approche de modélisation permet de proposer les résultats suivants :

- Pour les aquifères de socle, on observe une cohérence des valeurs de débit de soutien d'étiage (compris entre 110 et 130 m<sup>3</sup>/jour pour 1000 ml de cours d'eau). Deux approches sont possibles pour estimer la contribution totale de ces aquifères en termes de soutien au débit d'étiage :

(1) Approche surfacique. En terme d'inertie, le volume restitué aux rivières durant les mois d'été est de l'ordre de 7% du volume annuel infiltré par mois. Ainsi, selon les rapports collectés en phase 1, pour un coefficient d'infiltration de l'ordre de 20% et une pluie efficace moyenne d'environ 250 mm/an (soit un volume infiltré de l'ordre de 2 Mm<sup>3</sup>/an pour 54 km<sup>2</sup> de superficie), il faut attendre un débit de soutien d'étiage d'environ 150 000 m<sup>3</sup>/mois, soit environ 55 l/s.

(2) Approche linéaire. Si l'on considère un linéaire cumulé d'environ 25 km pour les cours d'eau (Yzeron, Dronau, Chaudanne, Ratier, Verdy, Mercier, Poirier et Seigneur) entre la partie aval du bassin versant (zone des plateaux) et sa partie amont (zone de fortes pentes), on peut estimer un soutien cumulé potentiel au débit fictif de soutien d'étiage de l'ordre de 40 l/s en période estivale.

Pour les aquifères de socle, on retiendra donc une valeur estimative et approximative d'environ 50 l/s en termes de soutien au débit d'étiage des cours d'eau du bassin versant par les nappes. Notons que cette valeur est directement proportionnelle à la lame d'eau précipitée et au coefficient d'infiltration retenu (ici de 20%). Ce résultat est à considérer avec prudence. La campagne de mesures des débits dans les rivières, réalisée en octobre 2011, montre des débits quasiment nuls dans les cours d'eau en position de drains dans la partie intermédiaire du bassin versant. Rappelons que ces observations intègrent l'impact possible de prélèvements en nappes ou en rivières. Ajoutons qu'il existe cependant un doute sur le réel retour des eaux des nappes en milieux fissurés vers les cours d'eau. Il existe en effet un risque de pertes par évapotranspiration avec des systèmes fissurés mal connectés pouvant induire des résurgences de très faibles débits dans les versants.

- Pour l'aquifère de Méginant, les simulations permettent de proposer une valeur estimative moyenne en terme de soutien au débit d'étiage du Ribes d'environ 12 l/s, avec des minima de l'ordre de 8 l/s pour les années de fortes sécheresse. C'est un résultat cohérent avec la configuration hydrogéologique observée : écoulement à dominante souterraine avec une alimentation d'une nappe alluviale par un aquifère bordier.
- Pour l'aquifère de Francheville, l'approche par modélisation montre que l'inertie de l'hydro système souterrain devrait théoriquement autoriser un soutien au débit d'étiage de l'Yzeron de l'ordre de 17 l/s, avec des minima de l'ordre de 14 l/s pour les années de fortes sécheresse. Comme pour l'aquifère de Méginant, c'est un résultat cohérent avec la configuration hydrogéologique observée : écoulement à dominante souterraine avec une alimentation d'une nappe alluviale par un aquifère bordier.

Ces résultats doivent être considérés avec prudence. Ils résultent d'une approche par modélisation qui a été réalisée sans calage et validation. C'est donc avant tout et seulement une approche exploratoire de type phénoménologique. Elle permet de proposer de grandes orientations en terme de comportement et des ordres de grandeur sous réserve d'une réelle convergence des résultats obtenus lors de l'analyse paramétrique.

Avec ces réserves, il est important de souligner ces résultats évidents :

- Les hydro systèmes souterrains montrent tous une réelle inertie et donc un réel soutien d'étiage potentiel aux hydro systèmes superficiels.



- Les ordres de grandeur proposés sont globalement convergents et cohérents. Il existe cependant un doute sur le réel retour des eaux des nappes en milieux fissurés vers les cours d'eau. Il existe en effet un risque de pertes par évapotranspiration.

## 3.2 IMPACT DES PRELEVEMENTS SUR LES COURS D'EAU

### 3.2.1 Simulations

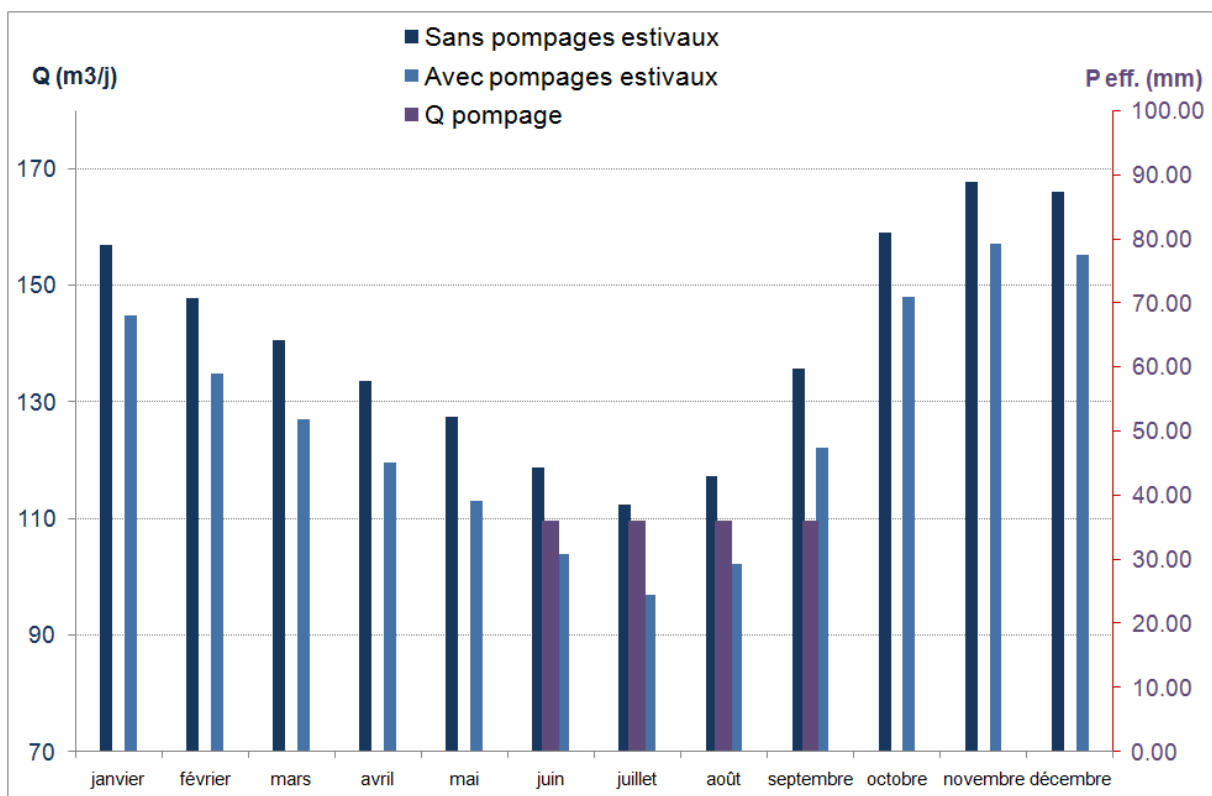
#### 3.2.1.1 Aquifères de socle

Le prélèvement par unité de forage a été estimé à un maximum de  $1,5 \text{ m}^3/\text{jour}$  en période estivale. Soit un volume prélevé de  $0.0625 \text{ m}^3/\text{h}$  en supposant un pompage continu.

L'unité "Nappes de socle en partie médiane du bassin versant" présente une superficie de  $54 \text{ km}^2$ . Le domaine modélisé pour représenter les phénomènes dans cette hydro système est de  $1 \text{ km}^2$ . On estime le nombre de forages domestiques à environ 1300 unités sur cette unité (estimation haute). Ce qui implique une moyenne de 25 forages par  $\text{km}^2$  de domaine modélisé, avec un débit cumulé de prélèvement estimé à environ  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  (soit  $36 \text{ m}^3/\text{jour}$ ).

Une simulation a été réalisée en régime transitoire en reprenant la structure hydrodynamique de la simulation S6 et en introduisant 4 forages de  $9 \text{ m}^3/\text{jour}$  de pompage sur 4 mois (de juin à septembre inclus). Les forages sont systématiquement implantés sur les zones faillées à environ 500 m des limites du domaine modélisé.

Figure 34 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour un aquifère de socle avec prélèvements domestiques.



On peut constater une influence mineure des prélèvements domestiques sur les débits restitués au cours d'eau en période d'été. Globalement, la perte moyenne est d'environ  $15 \text{ m}^3/\text{jour}$  durant les mois d'été, soit environ 14% du débit restitué aux cours d'eau en régime non influencé et 55% du débit prélevé par les forages domestiques en période estivale. Ce sont les phénomènes d'inertie liés à la structure de l'aquifère qui expliquent que l'on ne retrouve pas 100% du débit prélevé en impact sur le

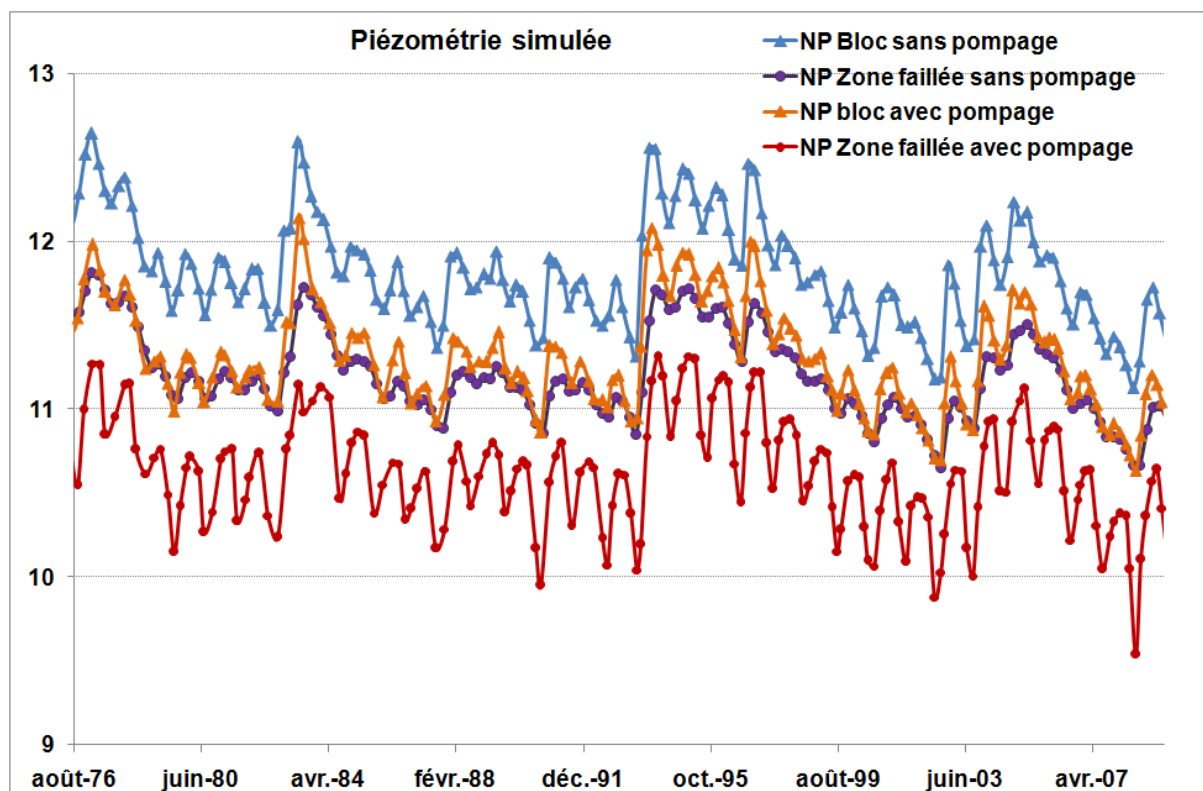
débit restitué. Et que l'on observe une perte du débit normalement restitué aux rivières, même hors période de pompage.

En effet, l'analyse des courbes piézométriques permet les observations suivantes :

- ▶ Baisse globale de la piézométrie de la nappe, en zone de bloc comme dans les zones faillées.
- ▶ Aggravation des baisses de la nappe en période estivale.

C'est le mécanisme suivant qui explique les phénomènes inertiels : le pompage dans les zones faillées induit une baisse instantanée de la piézométrie dans les réseaux les plus conducteurs ; celle-ci provoque une alimentation supplémentaire des zones faillées par de l'eau en provenance des zones de blocs qui vont elles-aussi enregistrées une diminution de piézométrie plus lente et différée. Celle-ci se compense pour partie en période hivernale (hors période de pompage).

Figure 35 : Piézométrie simulée dans les aquifères de roche de socle avec prélèvements domestiques.



Cette approche par modélisation permet donc d'estimer un impact globale des prélèvements domestiques répartis sur les nappes de socle en position intermédiaire dans le bassin versant de l'ordre de 12 l/s (55% d'environ 2 000 m<sup>3</sup>/jour prélevé par les forages domestiques).

### 3.2.1.2 Aquifère de Méginant

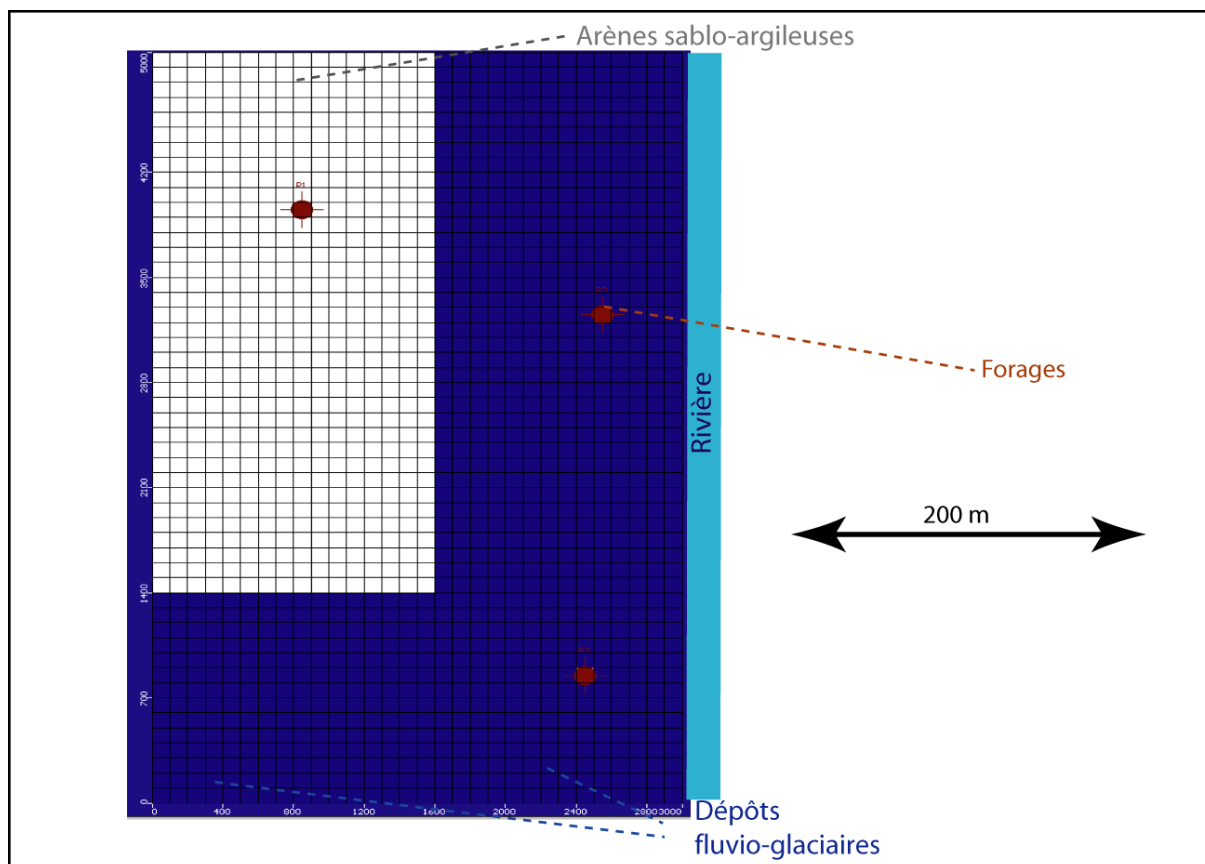
Le prélèvement par unité de forage a été estimé à un maximum de  $1,5 \text{ m}^3/\text{jour}$  en période estivale. Soit un volume prélevé de  $0.0625 \text{ m}^3/\text{h}$  en supposant un pompage continu.

L'aquifère Méginant est modélisé à sa dimension réelle (environ  $15 \text{ km}^2$ ). Le nombre de forages domestiques est estimé à environ 190 (estimation haute) avec un débit cumulé de prélèvement estimé à environ  $12 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Afin d'alléger les simulations, le nombre de forages a été limité. Pour ce faire, le débit prélevé a été majoré selon une règle de stricte proportionnalité : Les prélèvements de l'unité de Méginant sont simulés au moyen de 3 forages fictifs qui ont un débit unitaire en période estivale de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Les forages sont disposés selon un schéma de densité probable des forages domestiques:

Figure 36 : Distribution des forages fictifs censés représenter les forages domestiques sur l'aquifère de Méginant.

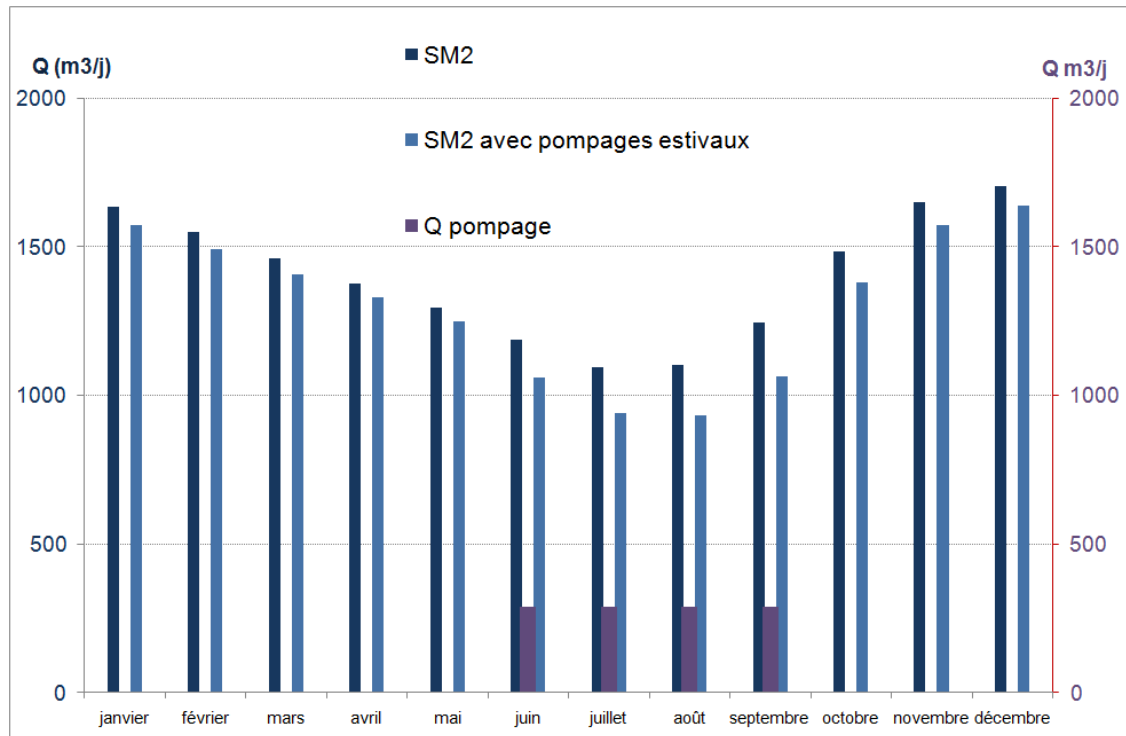


L'impact des forages est représenté sur la figure ci-dessous.

On peut constater une influence certaine des prélèvements domestiques sur les débits restitués au cours d'eau en période d'étiage. Les phénomènes d'inertie préalablement identifiés, affectent aussi la relation entre prélèvements et piézométrie (seul 60% en moyenne du débit prélevé est soustrait au débit de soutien d'étiage le même mois). On observe une perte moyenne comprise de l'ordre de  $150 \text{ m}^3/\text{j}$  sur les débits estivaux restitués aux cours d'eau.

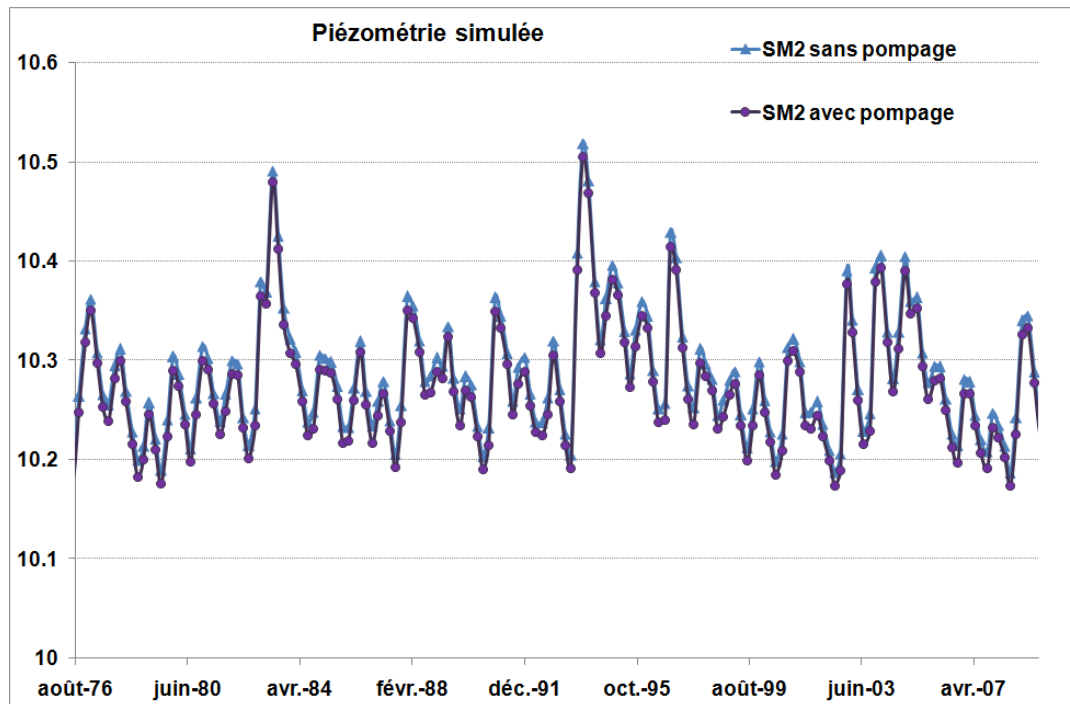
**Soit un impact lié aux prélèvements domestiques estimé à environ 2 l/s.**

Figure 37 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Méginant avec prélèvements domestiques.



D'un point de vue piézométrique, les perméabilités sont trop élevées et les débits de pompage trop faibles pour que la piézométrie globale de la nappe soit significativement affectée par les prélèvements domestiques. Les rabattements associés sont de l'ordre de quelques centimètres.

Figure 38 : Piézométrie simulée dans l'aquifère de Méginant avec prélèvements domestiques.



### 3.2.1.3 Aquifère de Francheville

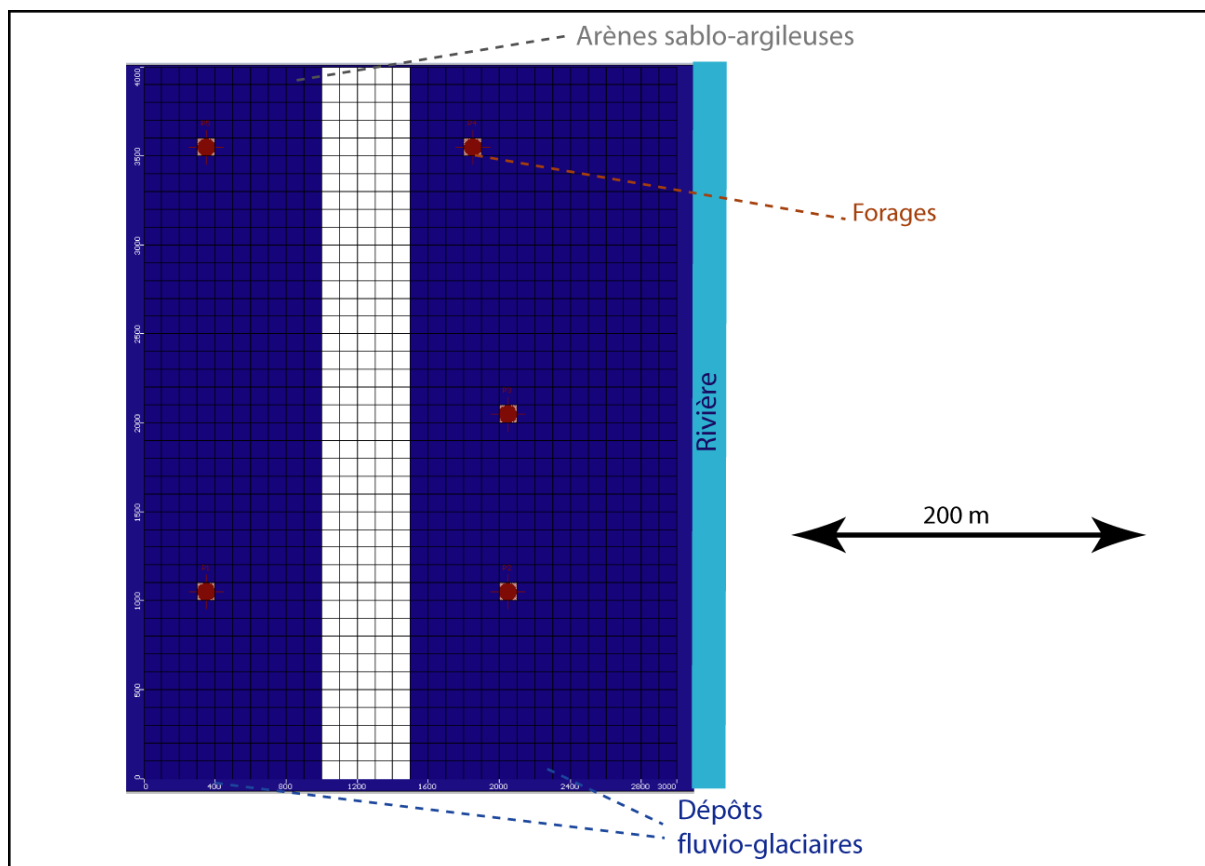
Le prélèvement par unité de forage a été estimé à un maximum de  $1,5 \text{ m}^3/\text{jour}$  en période estivale.

L'aquifère de Francheville est modélisé à sa dimension réelle (environ  $12 \text{ km}^2$ ). Le nombre de forages domestiques est estimé à environ 400 (estimation haute), avec un débit cumulé de prélèvement estimé à environ  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Afin d'alléger les simulations, le nombre de forages a été limité. Pour ce faire, le débit prélevé a été majoré selon une règle de stricte proportionnalité : les prélèvements de l'unité Francheville sont simulés au moyen de 5 forages fictifs qui ont un débit unitaire en période estivale de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  (4 mois de juin à septembre).

Les forages sont disposés selon un schéma de densité probable des forages domestiques :

Figure 39 : Distribution des forages fictifs censés représenter les forages domestiques dans l'aquifère de Francheville.

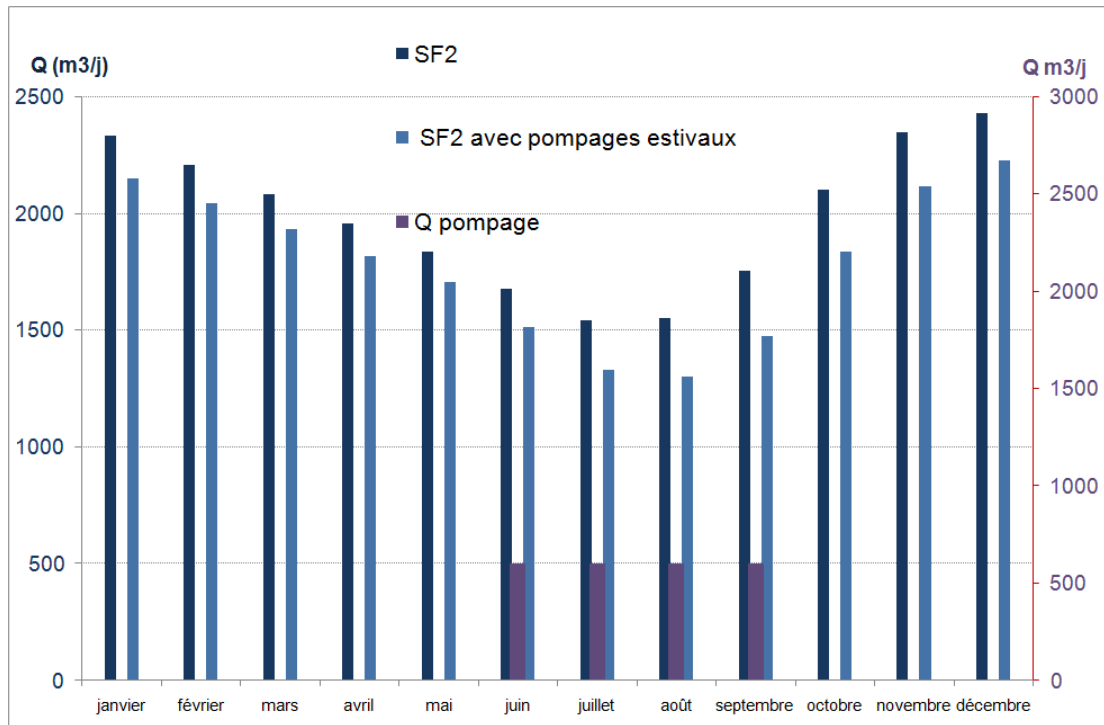


L'impact des forages est représenté sur la figure ci-dessous.

On peut constater une influence certaine des prélèvements domestiques sur les débits restitués au cours d'eau en période d'étiage. Les phénomènes d'inertie préalablement identifiés, affectent aussi la relation entre prélèvements et piézométrie (seul 55% en moyenne du débit prélevé est soustrait au débit de soutien d'étiage le même mois). On observe une perte moyenne comprise de l'ordre de  $330 \text{ m}^3/\text{j}$  sur les débits estivaux restitués aux cours d'eau.

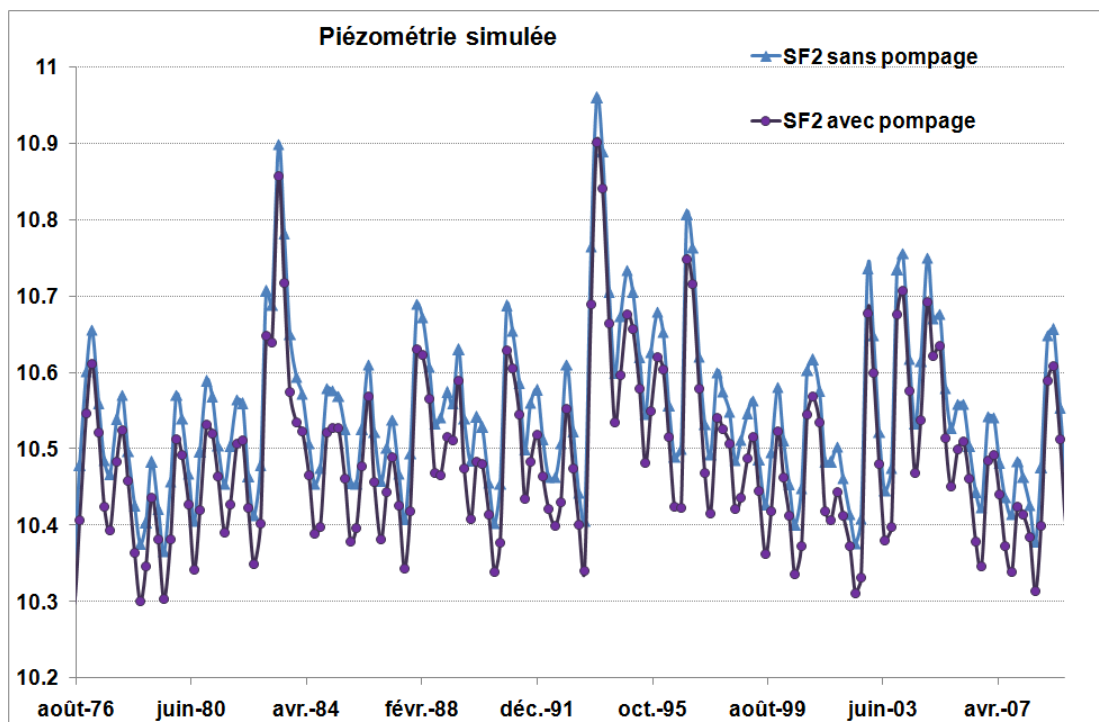
**Soit un impact lié aux prélèvements domestiques estimé à environ 4 l/s.**

Figure 40 : Débits mensuels moyens (de 1975 à 2009) simulés pour l'aquifère de Francheville avec prélèvements domestiques.



D'un point de vue piézométrique, les perméabilités sont trop élevées et les débits de pompage trop faibles pour que la piézométrie globale de la nappe soit significativement affectée par les prélèvements domestiques. Les rabattements associés sont de l'ordre de quelques centimètres.

Figure 41 : Piézométrie simulée dans l'aquifère de Francheville avec prélèvements domestiques.



### 3.2.2 Conclusions

Sur la base des données disponibles et des simulations réalisées, on peut proposer les résultats suivants :

- ▶ Les prélèvements domestiques dans les nappes de socle en partie médiane du bassin versant ont a priori un impact faible sur les phénomènes de soutien d'étiage des cours d'eau par les nappes. L'approche par modélisation montre en effet que les débits retirés au soutien d'étiage sont de l'ordre de 10 l/s, à comparer au débit fictif moyen supposé et incertain de 50 l/s en terme de soutien au débit d'étiage pour la globalité du bassin versant. Soit une diminution de l'ordre de 20% du débit de soutien d'étiage consécutivement aux prélèvements domestiques.
- ▶ Les prélèvements domestiques dans l'aquifère de Méginant ont a priori un impact faible sur les phénomènes de soutien d'étiage des cours d'eau par les nappes. L'approche par modélisation montre en effet que les débits retirés au soutien d'étiage sont de l'ordre de 2 l/s, à comparer au débit fictif moyen estimé de 8 à 12 l/s en terme de soutien au débit d'étiage du Ribes qui est alimenté par cette nappe. Soit une diminution comprise entre 15 et 25% du débit de soutien d'étiage consécutivement aux prélèvements domestiques.
- ▶ Les prélèvements domestiques dans l'aquifère de Francheville ont a priori un impact faible sur les phénomènes de soutien d'étiage des cours d'eau par les nappes. L'approche par modélisation montre en effet que les débits retirés au soutien d'étiage sont de l'ordre de 4 l/s, à comparer au débit fictif moyen estimé de 14 à 17 l/s en terme de soutien au débit d'étiage de l'Yzeron qui est alimenté par cette nappe. Soit une diminution comprise entre 25 et 30% du débit de soutien d'étiage consécutivement aux prélèvements domestiques.

Comme nous l'avons déjà mentionné, ces résultats doivent être considérés avec prudence. Ils résultent d'une approche par modélisation qui a été réalisée sans calage et validation. C'est donc avant tout et seulement une approche exploratoire de type phénoménologique. Elle permet de proposer de grandes orientations en terme de comportement et des ordres de grandeur sous réserve d'une réelle convergence des résultats obtenus lors de l'analyse paramétrique.

Avec ces réserves, il est important de souligner ces résultats évidents :

- ▶ Les hydro systèmes souterrains montrent tous une réelle inertie qui va minorer la relation entre débit prélevé et débit soutiré au débit de soutien d'étiage aux cours d'eau superficiel. On a donc des relations antagonistes : moins le milieu est perméable, plus l'inertie est forte, mais moins le milieu est perméable, moins l'impact des forages sur le soutien d'étiage est fort.
- ▶ Les ordres de grandeur proposés sont globalement convergents et cohérents et on peut supposer en première approximation, qu'il représentent bien les phénomènes en jeu à grande échelle.



## 4. SYNTHÈSE GÉNÉRALE :

Cette étude a permis d'obtenir les éléments d'information suivants :

- (1) Une estimation du soutien théorique des nappes au cours d'eau en période d'étiage.
- (2) Une estimation des débits liés aux ECP.
- (3) Une estimation du volume prélevé par les forages domestiques dans les nappes et le débit perdu en terme de soutien d'étiage. rappelons ici que le bassin versant est caractérisé par l'absence de prélèvements souterrains pour l'AEP, l'agriculture ou l'industrie.

Tous ces ordres de grandeur sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Figure 42 : Synthèse des relations nappes-rivières.

SBV	Superficie (km <sup>2</sup> )	Soutien d'étiage théorique (l/s)	Impact des ECP en période estivale (l/s)	Nb forages max	Impact des PD en période estivale (l/s)
YZ1	47	45	8-12	300-600	3-6
YZ2	18	14-17	4-6	200-400	2-4
YZ3	16	0	36-54	-	
Ch1	29	30	8-12	150-300	1,5-3
Ch2	6	Négatif Fuite vers AA Saône	8-12	150-300 (Craponne)	1,5-3
Ra	31	10-15 (socle) 8-12 (Méginant)	16-24	100-200 (socle) 100-200 (Méginant)	1-2 (socle) 1-2 (Méginant)

Ces valeurs sont à considérer avec prudence : elles résultent toutes de méthodes estimatives et non de réelles mesures. Notons toutefois la grande cohérence du résultat d'ensemble avec un volume de soutien d'étiage global compris entre 100 et 120 l/s et des prélèvements cumulés ECP et prélèvements domestiques en période estivale compris entre 80 de 120 l/s.

Ainsi, si ces valeurs doivent être considérées avec prudence, elles permettent néanmoins de proposer deux résultats fondamentaux sur les relations entre hydro systèmes souterrains et superficiels :

- ▶ Le débit de soutien d'étiage des nappes aux cours d'eau est actuellement négligeable car compensé en grande partie par des prélèvements dans les hydro systèmes souterrains.
- ▶ Les prélèvements dans les nappes correspondent majoritairement à des ECP.

## 5. REFERENCES DOCUMENTAIRES

**BCEOM, 1999** - Utilisation de l'eau sur le bassin versant de l'Yzeron en période d'étiage. Projet de contrat de rivière Yzeron vif. 55 p. + annexes.

**BRLi, 2006** - Etude de faisabilité pour une meilleure gestion des étiages du bassin de l'Yzeron. Phase 1 : recueil de données et traitement des données existantes. 78 p.

**Coucke S., 2007** – Etablissement d'une méthodologie de recensements des forages domestiques. Périmètre du SAGE de l'Est Lyonnais. 32 pages.

**Dodane C. 2011**, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, dans le cadre de la convention de « collaboration pour l'exploitation scientifique des données du bassin versant de l'Yzeron » entre le Cemagref et le SAGYRC et plus particulièrement dans le cadre du projet de recherche ANR AVuPUR « Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Rivers ». Sources : Jacqueminet C., Michel K., Kermadi S., 2010 – Carte des usages du sol dans le bassin versant de l'Yzeron en 2008 – Université de Lyon, UMR 5600 EVS. Cartographie réalisée par digitalisation manuelle de la BD ORTHO@IGN de 2008 ; Béal D., 2009 – Carte de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Yzeron en 2008 – Université de Lyon, UMR 5600 EVS. Cartographie réalisée par traitement numérique de la BD ORTHO@IGN de 2008 ; Fond de Plan Cadastral : « Origine Communauté urbaine de Lyon – droits réservés » ; BD TOPO@IGN.

**De Viguerie P., 2009** - Les usages domestiques de l'eau. 75 pages + annexes.

**Gnouma R., 2006** - Aide à la calibration d'un modèle hydrologique distribué au moyen d'une analyse des processus hydrologiques : application au bassin versant de l'Yzeron, Cemagref, 262 pages + annexes.

**Lachassagne P., Wyns R., 2005**- Aquifères de socle : nouveaux concepts. Application à la prospection et à la gestion de la ressource en eau. Géosciences n°2, édition BRGM, p. 32-37.

**Le Grand Lyon, communauté urbaine de Lyon, 2002** - Restructuration du collecteur de l'Yzeron. Diagnostic, 11 pages.

**Le Grand Lyon, communauté urbaine de Lyon, 2002** - Schéma général d'alimentation en eau potable. 227 pages.

**Le Grand Lyon, communauté urbaine de Lyon, 2004** - Schéma général d'alimentation en eau potable, 129 pages.

**Mirad B., 2004** – La consommation et les usages domestiques de l'eau dans le Pays-Cœur-Entre-Deux-Mers. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Maître (I.U.P 3). 63 pages.

**Miquel G., 2003** - Rapport sur «la qualité de l'eau et de l'assainissement en France» de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. 195 pages + annexes.

**Montginoul M., 2008** – Estimation du nombre de forages domestiques. Application au cas des Pyrénées Orientales. 50 pages.

**Montginoul M., 2010** – Quels instruments pour gérer les prélèvements diffus en France ? Examen à partir de la nouvelle loi sur l'eau et d'enquêtes conduites dans la plaine du Roussillon. 9 pages + annexes.

**Primus M., 2008** - Ouvrages de prélèvement domestiques de l'Est Lyonnais – Estimation de leur nombre et du volume prélevé. 16 pages + annexes.

**Rinaudo J. D., Montginoul M., 2009** - Les forages individuels en France : Cadre réglementaire et pistes de réflexion pour un meilleur contrôle. 7 pages.

**SIDESOL, (2010)** - Etude de modélisation hydraulique et qualité du réseau d'eau potable. Phase 1 : Collecte de données, 63 pages + annexes.





**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 :**

Syndicat d'Aménagement et de Gestion de l'Yzeron, du Ratier et de Charbonnières (SAGYRC)

### **Financeurs :**

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse

### **Bureau d'études :**

BRL ingénierie