

Étude Ressources – Incidence Milieux

Phase 2 : Opportunité de la gestion saisonnière des ressources par rapport aux objectifs milieux

Note de calcul : Modélisation hydrologique des bassins versants



Crédits images : CCG; État de Genève, N. Ray, P. Frautschi

14A095
06/10/17
Version 5

Affaire suivie par :
Chef de projet : Daniel PIERLOT
Chargé d'étude : Hippolyte GRANADOS

Version	Date	Rédigé / relu par	Commentaires
1	29/04/16	HG/DP	Présentation des données et du modèle de calcul pour établir les bilans de phase 2
2	28/02/17	HG/DP	Prise en compte du tronçon court-circuité à l'aval du captage de la Ravine
3	21/04/17	HG/DP	Reprise du calage du modèle sur le bassin versant de l'Aire suite aux COTEC du 6 mars et du 11 avril ; vérification du calage du modèle sur le bassin versant de la Drize
4	29/05/17	DP	Adaptation du modèle pour une meilleure restitution des étiages
5	06/10/17	HG/DP	Version finale avec prise en compte des remarques de l'AFB et l'AERMC suite à la V4

Table des matières

TABLE DES MATIERES	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	4
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	6
2. DONNEES DE BASE EXPLOITEES.....	7
2.1. Données hydrologiques	7
2.2. Données météorologiques.....	7
3. METHODOLOGIE APPLIQUEE	9
3.1. Principes généraux.....	9
3.1. Identification des aires urbanisées et des aires drainées	11
3.2. Structuration du modèle.....	11
3.3. Modélisation du ruissellement dans les secteurs urbanisés.....	14
3.4. Modélisation de l'influence de l'alimentation en eau potable	15
3.5. Modélisation de l'influence des retenues collinaires	19
3.6. Modélisation de l'impact du drainage agricole	20
3.7. Modélisation de l'infiltration d'une partie du débit dans le lit mineur de certains cours d'eau.....	20
3.8. Bilan : calcul du débit actuel reconstitué	20
3.9. Calcul des débits caractéristiques d'étiage.....	20
4. CALAGE DU MODELE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'AIRE A L'AMONT DE SAINT-JULIEN-EN-GENEVOIS.....	21
4.1. Présentation du bassin versant.....	21
4.2. Estimation des volumes court-circuités par les réseaux d'eau potable et eaux usées	23

4.3.	Modélisation de l'influence des retenues collinaires	25
4.4.	Calage du modèle mensuel	26
4.1.	Calage du modèle journalier	31
5.	VALIDATION DU CALAGE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DRIZE AU LIEU-DIT PIERRE-GRAND (TROINEX).....	34
5.1.	Présentation du bassin versant.....	34
5.2.	Estimation des volumes court-circuités par les réseaux d'eau potable et eaux usées	36
5.3.	Application du modèle mensuel	38
5.4.	Calage du modèle journalier	40
6.	JUSTIFICATION DU CHOIX DES VALEURS DES PARAMETRES DE CALAGE POUR L'APPLICATION DES MODELES AUX AUTRES BASSINS VERSANTS DU TERRITOIRE DE LA CCG	43
6.1.	Duplication des modèles calés sur le bassin versant de l'Aire	43
6.2.	Ajustement du débit d'infiltration directe dans le lit mineur des petits affluents du Rhône	43
7.	RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS DES COURS D'EAU	44
7.1.	Calcul du débit naturel reconstitué	44
7.2.	Analyse de l'impact des prélèvements sur les régimes naturels des cours d'eau	44
7.3.	Débits caractéristiques calculés	44
7.4.	Remarque : cas particulier des bassins versants de l'Aire et la Drize.....	44

Table des illustrations

♦ Liste des figures

Figure 1 : Présentation synthétique des données météorologiques utilisées pour l'établissement des bilans hydrologiques	8
Figure 2 : Courbe de vidange de la nappe superficielle connectée au cours d'eau à l'amont du point de calcul	12
Figure 3 : Schéma conceptuel présentant la RU en fonction de la capacité au champ et du point de flétrissement pour différents types de sols (in www.afidol.org)	13
Figure 4 : Schéma de fonctionnement du modèle hydrologique (d'après BRGM)	13
Figure 5 : Exemple de secteur pris en compte pour la détermination du coefficient d'imperméabilisation $C_i = 0,8 \times 0,62 = 0,5$	14
Figure 6 : Schéma de principe du réseau communautaire de la CCG et des réservoirs connectés	15
Figure 7 : Evolution du rapport entre le volume mensuel prélevé à la source de la Ravine en 2014 et le volume total prélevé sur l'année	17
Figure 8 : Restitutions des eaux pluviales des agglomérations de Thairy et Saint-Julien	22
Figure 9 : Volumes mensuels prélevés à la source de la Ravine en 2014 (donnée VEOLIA)	23
Figure 10 : Ouvrage de contrôle au niveau du site de prélèvement pour le remplissage de la retenue collinaire d'Ogny : le débit réservé correspond au débit circulant dans la passe à poissons visible à l'arrière-plan	25
Figure 11 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps mensuel sur la période 2006/2014 - exemple du BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien-en-Genevois	27
Figure 12 : Comparaison entre le débit de l'Aire mesuré (en bleu) et le débit reconstitué (en orange) pendant les périodes d'étiage (juillet-octobre)	28
Figure 13 : Calcul du QMNA5 de l'Aire à Saint-Julien	29
Figure 14 : Calcul du QMNA2 de l'Aire à Saint-Julien	30
Figure 15 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps journalier sur l'année 2014 - exemple du BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien-en-Genevois	32
Figure 16 : Calage du modèle journalier sur l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois - Zoom sur les mois d'étiage	33
Figure 17 : Restitutions des eaux pluviales des agglomérations de Collonges et Archamps	35
Figure 18 : Evolution des volumes mensuels prélevés sur l'ensemble des captages situés dans le bassin versant de la Drize à l'amont de Pierre-Grand entre 2006 et 2014	37
Figure 19 : Comparaison entre le débit de la Drize mesuré (en bleu) et le débit reconstitué (en orange)	39
Figure 20 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps journalier sur l'année 2014 - exemple du BV de la Drize à Pierre-Grand	41
Figure 21 : Calage du modèle journalier sur la Drize à Pierre-Grand - Zoom sur les mois d'étiage	42
Figure 22 : Schéma des infiltrations et résurgences dans le lit mineur des affluents du Rhône	43

♦ Liste des cartes

Carte 1 : Localisation des points nodaux	10
Carte 2 : Localisation des retenues collinaires	19
Carte 3 : Localisation du bassin versant de l'Aire à l'amont du pont de Thairy (Saint-Julien) dans le territoire de la CCG	21

Carte 4 : Localisation des captages pour la production d'eau potable et de la STEP de Neydens dans le bassin versant de l'Aire 25

Carte 5 : Localisation du bassin versant de la Drize à l'amont du pont de Pierre-Grand (Troinex) dans le territoire de la CCG 34

Carte 6 : Localisation des captages pour la production d'eau potable dans le bassin versant de la Drize 36

♦ Liste des tableaux

Tableau 1 : Volume et surfaces des retenues collinaires du territoire de la CCG 19

Tableau 2 : Ressources utilisées pour l'AEP des communes situées dans le BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien 23

Tableau 3 : valeurs des paramètres de calage retenues pour le modèle de l'Aire au pas de temps mensuel 26

Tableau 4 : Comparaison des valeurs de débits statistiques mesurées et modélisées 30

Tableau 5 : Ressources utilisées pour l'AEP des communes situées dans le BV de la Drize à l'amont de Pierre-Grand 36

Tableau 6 : valeurs des paramètres de calage retenues pour le modèle de la Drize au pas de temps mensuel.. 38

Tableau 7 : Comparaison des valeurs de débits statistiques mesurées et modélisées 39

1. Contexte et objectifs

Entre 2003 et 2010, la Communauté de Communes du Pays Genevois (CCG) et le Canton de Genève ont réalisé le Contrat de Rivières transfrontalier « entre Arve et Rhône ». Les études menées dans ce cadre ont démontré la sévérité des étiages des cours d'eau du bassin versant, et en particulier sur les cours d'eau de l'Aire, la Drize et le Laire, contribuant à une forte dégradation de la fonctionnalité des milieux.

La principale piste qui a été proposée pour remédier à ce déficit est d'optimiser les prélèvements en eau potable en fonction des besoins (suppression de certains prélèvements, gestion saisonnière des captages en tête de bassin).

Parallèlement, la CCG a lancé en 2006 un Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable. Sur la base d'une augmentation de la population de 2%/an, l'étude prospective a mis en évidence une forte augmentation des besoins à l'horizon 2025 de près de 80%, augmentation des besoins à mettre en parallèle de l'étude d'ANTEA de 2000 qui préconisait l'abandon des certaines ressources pour des raisons de médiocre qualité d'eau et d'une forte pression anthropique (sources de Savigny, puits de Ternier). Nombreuses d'entre elles ne sont d'ailleurs pas protégées par une DUP.

Dans cette perspective, les élus ont approuvé en 2007 le programme de développement d'une nouvelle ressource structurante dans la nappe du Rhône à Matalilly-Moissey devant aboutir à une diversification de la ressource tout en permettant à la CCG de respecter les quotas de prélèvements sur la nappe du genevois et en diminuant les prélèvements qui participent aux déséquilibres quantitatifs des milieux superficiels.

Cette augmentation potentielle des débits à l'étiage offre de nouveaux horizons dans la reconquête du bon état de certaines masses d'eau et affluents amont du territoire.

Les objectifs de cette étude « Ressources en Eau – Usages – Milieux », menée à l'échelle des bassins versants des cours d'eau de son territoire de manière à intégrer l'ensemble des enjeux et obligations (besoins, usages, objectifs, ...), sont donc de construire un outil d'aide à la décision permettant à la CCG :

- de définir quels sont les captages qui peuvent être abandonnés, conservés ou dont l'exploitation peut être optimisée. Cette partie de l'étude, déjà réalisée par ANTEA Group, sera reprise dans le futur SDAEP pour la partie adduction d'eau (réservoirs, canalisation, etc.) ;
- de prioriser les actions qui permettront de résoudre les problèmes identifiés sur les masses d'eau superficielles du bassin versant Arve (L'Aire, la Laire, le Ternier, le Chênex et la Drize) et contribuer à l'atteinte des objectifs fixés pour ces milieux.

Les modèles hydrologiques présentés dans cette note visent à reproduire de façon simple mais précise le fonctionnement des bassins versants localisés à l'amont des différents points nodaux stratégiques pris en compte dans cette étude.

2. Données de base exploitées

2.1. Données hydrologiques

2.1.1. Station hydrométrique de l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois

Une station permanente de mesure de débits existe sur l'Aire au niveau du pont de Thairy à Saint-Julien-en-Genevois (code V0245610 de la Banque Hydro). Nous avons exploité les différentes données présentes pour cette station :

- Débits mensuels mesurés ou estimés sur la période 2005-2015,
- Débits mensuels moyens calculés sur la période 1978-2015 (37 ans),
- QMNA5...

2.1.2. Station hydrométrique de la Drize à Pierre-Grand

Nous exploitons également les enregistrements des débits en Suisse de la Drize et de l'Aire à Lancy, sur 2 périodes - chroniques d'enregistrement transmises par le Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture (DETA) du Canton de Genève (Suisse) :

- Débits mensuels mesurés sur la période 2005-2015,
- Débits journaliers mesurés sur les périodes 1924 – 1931 et 1989 – 2016.

2.2. Données météorologiques

Plusieurs stations météorologiques existent sur le territoire de la CCG, mais toutes ne collectent pas l'ensemble des données nécessaires à la modélisation.

2.2.1. Précipitations

Nous avons fait l'acquisition des données issues du suivi du **cumul mensuel des précipitations aux stations d'Archamps et de Beaumont sur la période 2005-2015**, ainsi que des données quotidiennes mesurées à la station d'Archamps en 2014.

2.2.2. Évapotranspiration potentielle

Nous avons par ailleurs fait l'acquisition des données d'**évapotranspiration potentielle (ETP) calculées à la station de Bellegarde-sur-Valserine**, station la plus proche du bassin versant assurant le suivi de ce paramètre (données mensuelles sur la période 2005-2015 et quotidiennes pour l'année 2014).

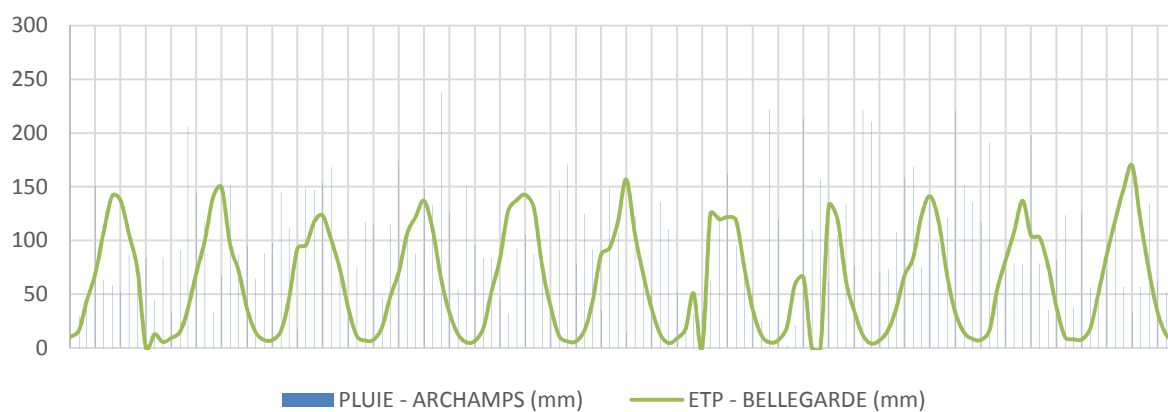


Figure 1 : Présentation synthétique des données météorologiques utilisées pour l'établissement des bilans hydrologiques

3. Méthodologie appliquée

3.1. Principes généraux

3.1.1. Paramètre pris en compte

Afin de répondre à la question de l'influence des principales interventions anthropiques sur les régimes des cours d'eau du Genevois, et notamment des prélèvements pour l'alimentation en eau potable, nous avons établi un modèle simplifié de type « transformation pluies-débits » dans lequel les incidences de ces différentes interventions sont modélisées :

- **Prélèvements pour la production d'eau potable** : les tronçons court-circuités entre les lieux de prélèvement (sources et forages) et de restitution (stations d'épuration) sont identifiés et les volumes d'eau court-circuités sont quantifiés,
- **Prélèvements pour le remplissage des retenues collinaires** : l'eau stockée dans ces retenues étant exclusivement utilisée pour l'irrigation, elle est donc totalement consommée soit par évapotranspiration, soit par évaporation directe. Nous avons intégré ces prélèvements au modèle après échanges avec les gestionnaires concernés.
- **Urbanisation et imperméabilisation des sols** : cette imperméabilisation induit d'une part, un court-circuit du réseau hydrographique via les réseaux de collecte EP et d'autre part, une augmentation du ruissellement immédiat aux dépends de l'évaporation et de l'infiltration vers les sols, puis vers les nappes. Nous avons modélisé ces courts-circuits (ils sont courts, en général), ainsi que les influences sur l'hydrologie locale ;
- **Drainage agricole** : ce drainage induit une accélération et une augmentation des restitutions aux cours d'eau, dès lors que les sols sont saturés (période allant généralement d'octobre à avril) ; ces restitutions se font aux dépends de la nappe : accélération et détournement des écoulements de la nappe vers les cours d'eau sont également modélisés.
- **Infiltration directe dans le lit mineur du cours d'eau** : ce phénomène est observé sur partie aval de la majorité des cours d'eau du territoire, au niveau de l'entrée dans les alluvions du Rhône. Nous avons quantifié le défaut d'eau représenté pour le cours d'eau grâce aux résultats de nos campagnes de jaugeage.

3.1.2. Points de calcul considérés

3.1.2.1. Calage du modèle

Le calage du modèle a été effectué au niveau d'un point nodal particulier : la station hydrométrique de l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois, sur la période allant de 2006 à 2014.

Les données de débit de la Drize fournies par le canton de Genève nous ont permis de confirmer ce calage sur cet autre bassin versant.

Le modèle hydrologique a été appliqué au niveau de points nodaux situés à l'aval des tronçons à enjeux prioritaires identifiés par TERE0 et présenté sur la Carte 1 : les cours d'eau concernés sont donc le Grand Nant, la Laire, le Longet, le Nant de Vosogne et le Couvatannaz.

Remarque: les bassins versants des ruisseaux de Touvière et de Chênex étant trop réduits pour pouvoir appliquer ce modèle, une analyse qualitative des impacts anthropiques sur l'hydrologie y sera également réalisée (méthodologie à définir).



3.1. Identification des aires urbanisées et des aires drainées

Nous avons identifié les contours de toutes les zones urbanisées, puis distingué les secteurs dans lesquels les eaux pluviales sont restituées au cours d'eau à l'amont du point nodal exutoire du bassin versant (dans ce cas, le court-circuit n'est pas modélisé ; seules les incidences sur l'hydrologie locale sont modélisées), et ceux dans lesquels la restitution se fait à l'aval de celui-ci (dans ce cas, le court-circuit est modélisé).

En l'absence d'information précise sur le taux de drainage des terres agricoles sur les différents bassins versants étudiés, nous avons considéré qu'**environ 20% du territoire correspond à des secteurs agricoles drainés**, après avoir contacté la Chambre d'Agriculture des Savoies et la Direction Départementale des Territoires de Haute-Savoie.

3.2. Structuration du modèle

3.2.1. Remarques préalables sur la structure et le calage du modèle

Le modèle utilisé est de type « modèle à réservoirs ». Il reconstitue la transformation « pluie-débit » par l'intermédiaire de la vidange d'une superposition de réservoirs caractérisés par leurs courbes de tarissement.

Concrètement, le modèle utilisé comprend 3 niveaux de réservoirs :

- un réservoir superficiel qui simule le fonctionnement des écoulements peu profonds, c'est-à-dire les écoulements qui circulent à faible profondeur dans le sol et qui rejoignent le cours d'eau dans un délai court (de l'ordre du mois),
- un réservoir intermédiaire qui simule le fonctionnement des écoulements moyennement profonds, c'est-à-dire les écoulements qui s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et rejoignent le lit mineur du cours d'eau à l'amont du point de calcul dans un délai d'un à plusieurs mois ; ces écoulements constituent le débit de base du cours d'eau, et alimentent notamment les sources qui soutiennent le débit d'étiage,
- un réservoir profond qui simule le fonctionnement des écoulements profonds, c'est-à-dire les écoulements qui s'infiltrent dans le sous-sol et qui ne rejoignent pas le lit mineur du cours d'eau à l'amont du point de calcul.

Le débit du cours d'eau est donc reconstitué avec la somme des débits de ruissellement et des débits de vidange des réservoirs superficiels et intermédiaire :

- Le réservoir superficiel est alimenté par le débordement de la réserve utile contenue dans le sol (cf paragraphe suivant).
- Le réservoir intermédiaire est alimenté par drainance, par une part constante de l'eau stockée dans le réservoir superficiel.
- Le réservoir profond est alimenté par drainance, par une part constante de l'eau stockée dans le réservoir intermédiaire.
- Les réservoirs superficiel et intermédiaire se vidangent dans le cours d'eau selon une loi de tarissement exponentielle (loi de Maillet) de type : $Q_t = Q_0 \cdot e^{-at}$. La courbe ci-dessous représente la forme de cette loi de Maillet (coefficient de vidange constant : ici, 40 % chaque mois).

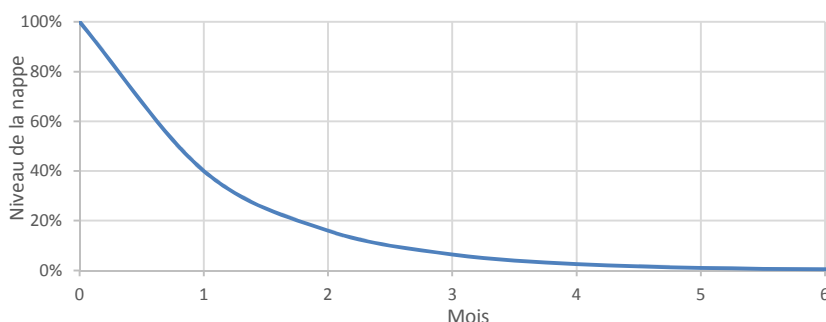


Figure 2 : Courbe de vidange de la nappe superficielle connectée au cours d'eau à l'amont du point de calcul

Cette configuration est couramment utilisée pour reconstituer le débit d'un cours d'eau. La part respective des écoulements issue du ruissellement direct et de la vidange des réservoirs est établie par ajustements itératifs, sur la base d'une première simulation avec des paramètres réalistes au vu de la taille des bassins versants et de l'allure des courbes de tarissement observées sur les enregistrements.

Les ordres de grandeur des paramètres sont contrôlés en fonction des valeurs usuelles, notamment pour la réserve utile du sol et le coefficient de ruissellement.

3.2.2. Modélisation de la Réserve Utile (RU) en eau dans les sols

La Réserve Utile en eau d'un sol est la quantité d'eau qu'un sol peut absorber et restituer aux plantes et à l'évaporation.

Elle correspond donc à la différence entre :

- l'humidité à la capacité au champ (capacité maximale de rétention en eau du sol),
- l'humidité au point de flétrissement permanent (seuil en deçà duquel les plantes ne peuvent plus prélever l'eau dont elles ont besoin dans le sol).

Au cours d'un mois, la Réserve Utile du sol est utilisée par les plantes (évapotranspiration) et se recharge avec les pluies jusqu'à atteindre, le cas échéant, sa hauteur maximale. Le modèle considère que l'eau excédentaire ruisselle ou s'infiltre alors dans le sol, selon les règles détaillées dans les paragraphes suivants.

Le calage de notre modèle nous a amené à retenir une hauteur maximale de réserve utile de 70 mm d'eau, ce qui est cohérent avec la profondeur a priori limitée des sols sur les bassins versants, notamment en partie amont.

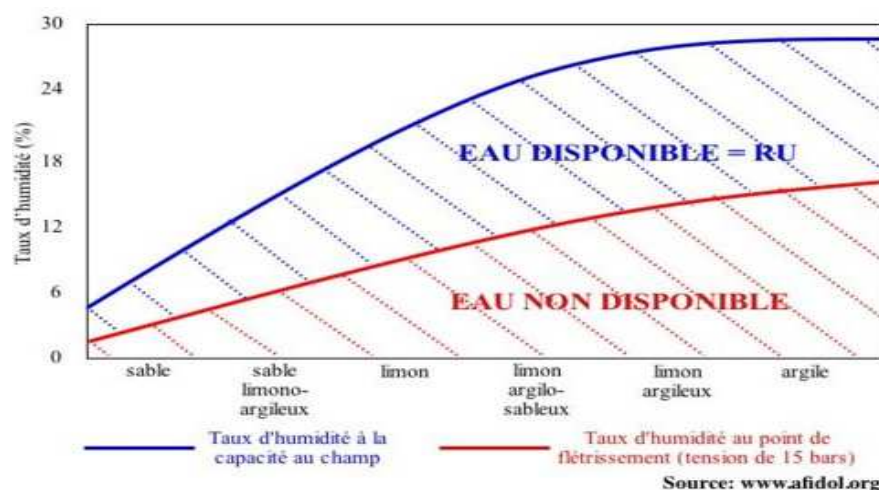


Figure 3 : Schéma conceptuel présentant la RU en fonction de la capacité au champ et du point de flétrissement pour différents types de sols (in www.afidol.org)

3.2.3. Synthèse de la structuration du modèle

Le schéma présenté en Figure 4 présente la structure générale du modèle hydrologique.

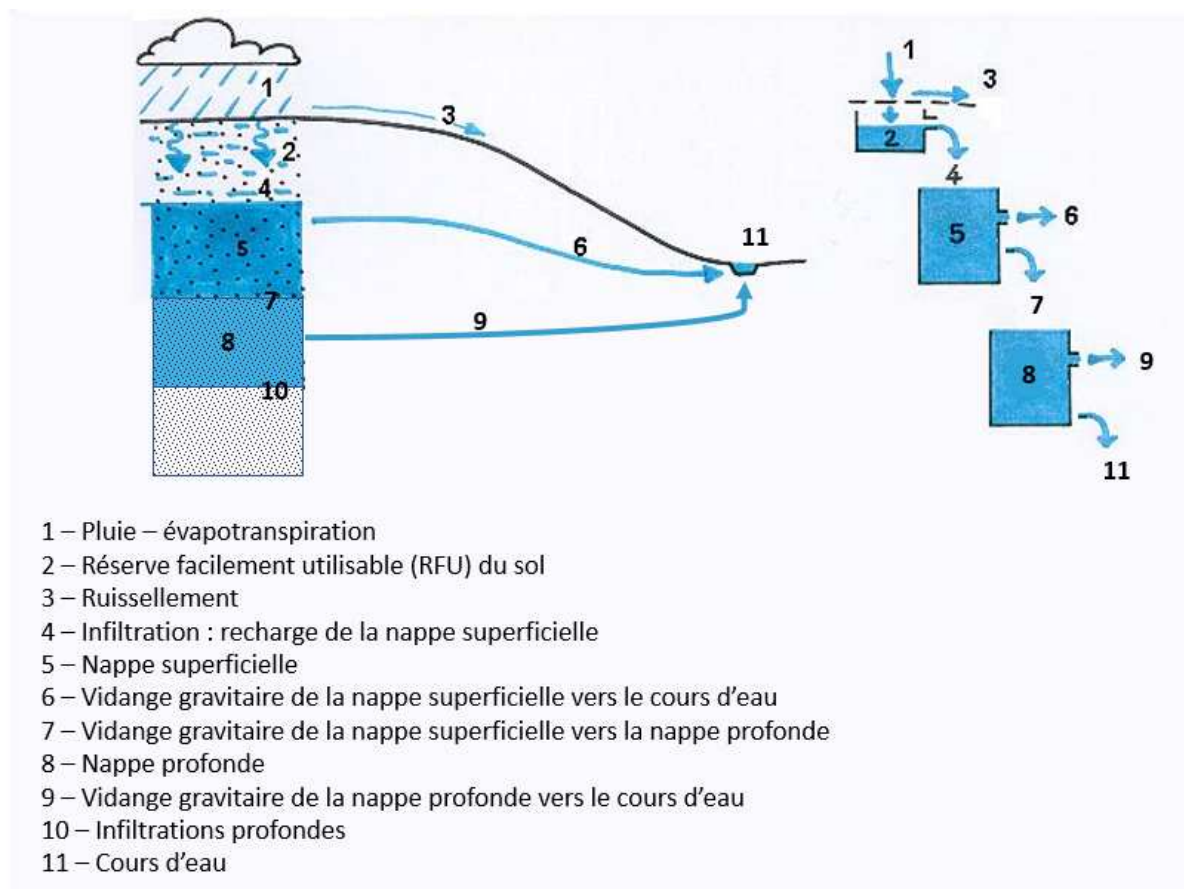


Figure 4 : Schéma de fonctionnement du modèle hydrologique (d'après BRGM)

3.3. Modélisation du ruissellement dans les secteurs urbanisés

3.3.1. Détermination d'un coefficient d'imperméabilisation

L'urbanisation peu dense du bassin versant nous conduit à choisir un coefficient moyen d'imperméabilisation de 50% dans les aires urbanisées.

Ce coefficient a été estimé à partir de l'analyse de photographies aériennes sur plusieurs localités à partir des hypothèses suivantes :

- Mesure de la surface moyenne des toitures du secteur, puis :
 - Décompte du nombre de bâtiments
 - Calcul de la surface totale de toiture
- Mesure de la largeur moyenne d'une rue, puis :
 - Mesure de la longueur totale de voirie dans le secteur
 - Calcul de la surface totale de voirie
- Abattement de la surface brute ainsi définie par un coefficient de 80 % prenant en compte la part de ruissellement gérée in situ (soit par technique alternative, soit par défaut de branchement)
- $Ci = 0,8 \times \frac{\text{Surface de toitures} + \text{Surface de voiries}}{\text{Surface totale}}$



Figure 5 : Exemple de secteur pris en compte pour la détermination du coefficient d'imperméabilisation
 $Ci = 0,8 \times 0,62 = 0,5$

3.3.2. Prise en compte de la localisation de la restitution des eaux pluviales

Nous avons distingué les sous-bassins versants pour lesquels les eaux pluviales étaient restituées à l'aval du point nodal exutoire du bassin versant étudié (la station hydrométrique de l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois par exemple), de ceux pour lesquels cette restitution se fait à l'amont du point nodal.

En fonction de la configuration, les eaux issues du ruissellement sont ainsi soit ajoutées au débit du cours d'eau, soit identifiées comme une perte dans le modèle.

3.4. Modélisation de l'influence de l'alimentation en eau potable

3.4.1. Rappel : Organisation générale de l'alimentation en eau potable du territoire

L'organisation de l'alimentation en eau potable du territoire de la CCG est largement décrite dans le rapport de phase 0 intitulé *Synthèse bibliographique, méthodologie pour l'établissement des fiches ressources en eau souterraine et diagnostic* (Décembre 2015). Aussi, ce paragraphe vise-t-il uniquement à en rappeler les principales caractéristiques.

3.4.1.1. Réseaux communaux et communautaire

L'alimentation en eau potable du canton de Saint-Julien-en-Genevois est assurée par l'exploitation de réseaux communaux à partir de différentes ressources (captages de sources de faibles débits qui captent de petites nappes au sein des alluvions fluvio-glaciaires ou au sein des éboulis calcaires, généralement en têtes de bassins versants) ainsi que du réseau communautaire de la Communauté de Communes du Genevois (CCG) (forages dans la nappe superficielle à Collonges-sous-Salève et forages de Crache dans la nappe du Genevois à Saint-Julien) qui vient soit en complément durant les périodes d'étiage, soit en alimentation principale, soit en secours.

Le réseau communautaire permet la fourniture d'eau en gros aux réservoirs communaux de 16 des 17 communes de son territoire : seule la commune de Viry ne dispose pas de raccordement à ce jour.

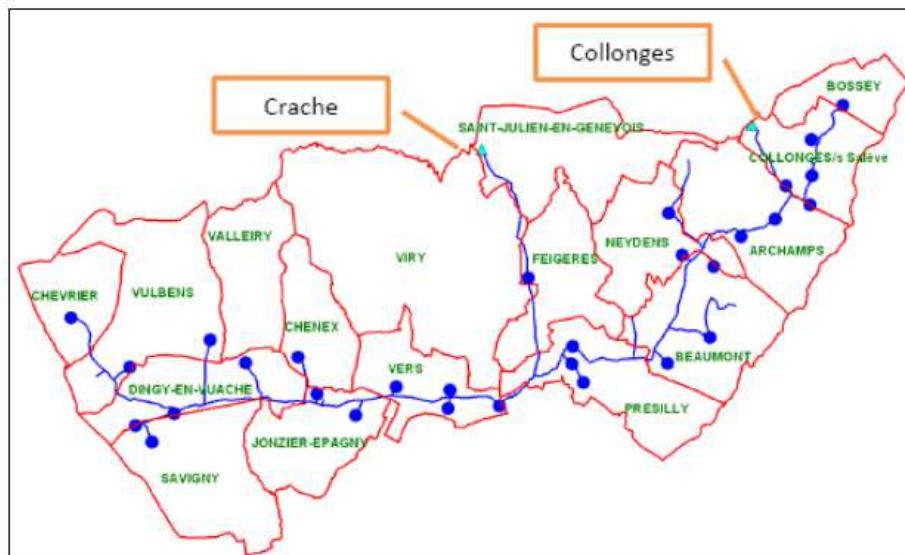


Figure 6 : Schéma de principe du réseau communautaire de la CCG et des réservoirs connectés

3.4.1.2. Schéma Directeur d’Alimentation en Eau Potable (SDAEP)

La CCG a réalisé en 2006 un Schéma Directeur d’Alimentation en Eau Potable, dont la phase de diagnostic a permis de poser des hypothèses d’évolution de consommations :

- pour la population, sur la base de **l’évolution de 2% annuels** (27 050 habitants en 1999 contre 33 961 en 2005), environ 50 000 habitants sont attendus d’ici 2025 ;
- pour les consommations, le territoire qui produisait **3,5 Mm³ en 2004** (2,5 Mm³ par les ressources des communes et 1 Mm³ par la CCG) pour une consommation de 2,5 Mm³ (soit environ 71% de rendement moyen) devra produire **6,3 Mm³ en 2025**.

En prenant en compte cette évolution des besoins et en après avoir analysé différents scénarios, le SDAEP a préconisé les grandes orientations suivantes en guise de conclusion :

- le développement d’infrastructures (forages et réseau structurant) pour **exploiter la ressource de la nappe d’accompagnement du Rhône à Matailly-Moissey** ;
- **la limitation des prélèvements sur le puits de Crache à Saint-Julien et sur le puits de Veigy à Viry**, pour respecter au mieux les quotas fixés dans le cadre de la gestion de la nappe du genevois.

Le premier point permettra le respect du deuxième, mais également de substituer saisonnièrement voire définitivement les ressources majeures actuelles en déséquilibre ou participant au déséquilibre quantitatif des milieux superficiels.

3.4.1.3. Expertise réalisée en phase 0 et 1

Au total, **40 sites de production ou champs captants sur les 45 que comptent la CCG ont été expertisés en phase 0** afin d’établir les prescriptions les plus pertinentes quant à la conservation ou à l’abandon de chacune de ces ressources.

Cette expertise a identifié :

- 15 captages à conserver en l’état ;
- 4 captages à conserver en réalisant des travaux de mise en conformité ;
- 13 captages à abandonner (*bassins versants du Rhône et de la Loire*) ;
- 8 captages pour lesquels la décision d’abandon est soumise aux résultats d’investigations complémentaires (*bassins versants de la Loire et de la Drize*) ;
- 1 captage correspondant à une ressource stratégique, pour lequel la décision est à soumettre au SDAEP.

3.4.2. Données de suivi fournies par la CCG

La CCG nous a fourni un ensemble de données produites par les gestionnaires de réseaux, notamment :

- pour les communes où l'alimentation en eau potable est gérée en affermage (Archamps, Beaumont, Bossey, Collonges-sous-Salève, Feigères, Saint-Julien et Valleiry), les volumes mensuels prélevés aux captages et achetés sur le réseau primaire de la CCG 2013 et 2014 ;
- pour les communes où l'AEP est gérée en régie par la CCG (Chênex, chevrier, Dingy, Jonzier, Neydens, Présilly, Savigny, Vers, Viry et Vulbens), des données de volumes au pas de temps hebdomadaire sur les sources et les apports du réseau primaire de la CCG depuis 2013.

3.4.3. Prise en compte dans le modèle

3.4.3.1. Caractérisation des tronçons court-circuités

Nous avons considéré l'impact de ces prélèvements selon la localisation de la station d'épuration au niveau de laquelle les eaux usées sont traitées, par rapport à la localisation du point nodal exutoire du bassin versant :

- **dans le cas d'une STEP localisée à l'extérieur du bassin versant (aval du point nodal ou transfert des eaux usées vers un autre bassin versant), nous avons soustrait les débits prélevés au débit reconstitué calculé par notre modèle.**
- **dans le cas d'une STEP localisée à l'amont du point nodal, nous avons considéré que les prélèvements effectués au niveau des différents captages étaient sans effet sensible sur le cours d'eau.** Par exemple, nous avons constaté que la somme des volumes entrants à la STEP de Neydens en 2014 était légèrement supérieure à la somme des volumes sortant des réservoirs alimentant les communes de Neydens, Beaumont, Feigères et Présilly sur cette même année. Sur ce bassin versant, les eaux claires parasites « compensent » donc les pertes des réseaux d'eau potable dans le bilan global.

3.4.3.2. Estimation des volumes mensuels court-circuités

Grâce aux données fournies par la CCG, nous avons pu calculer les volumes mensuels court-circuités sur chaque bassin versant lors de l'année 2013 (ou 2014 selon les données disponibles).

Pour les autres années de la période de modélisation (2005-2015) où les données mensuelles n'étaient pas disponibles, nous avons réalisé une estimation en pondérant le douzième du volume annuel déclaré à l'Agence de l'Eau pour chaque source par le rapport entre le volume mensuel prélevé à la source et le volume total prélevé durant l'année 2013/2014.

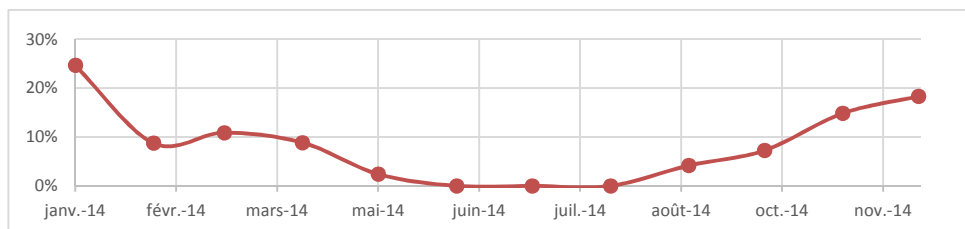


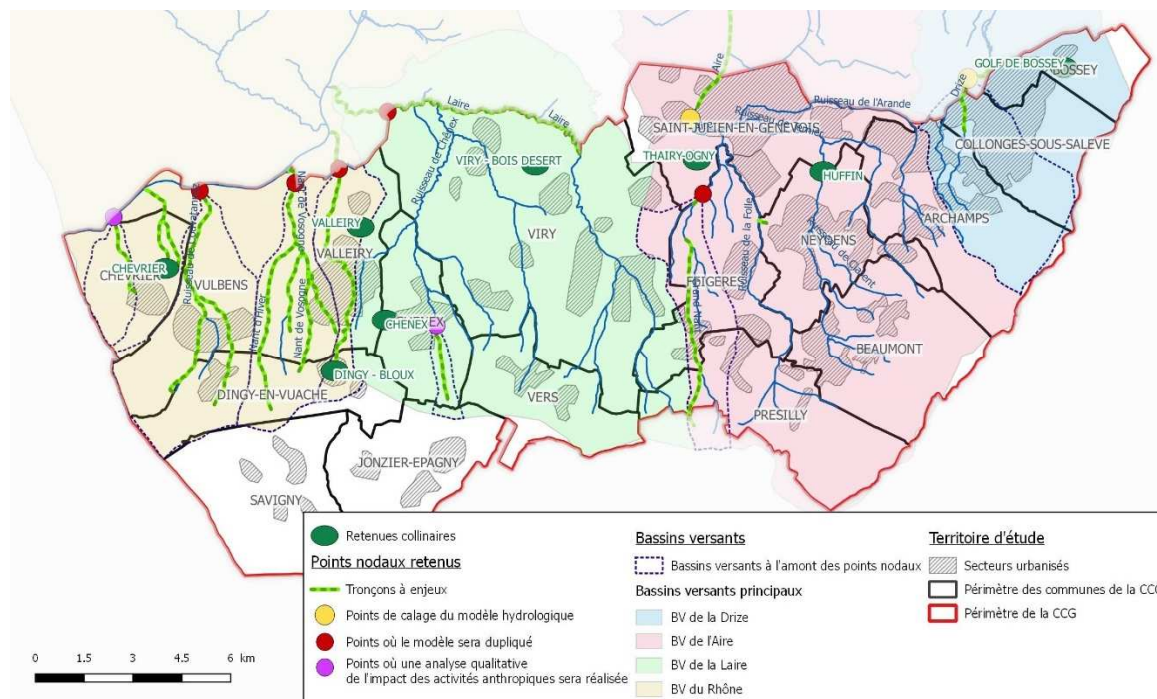
Figure 7 : Evolution du rapport entre le volume mensuel prélevé à la source de la Ravine en 2014 et le volume total prélevé sur l'année

Dans la mesure où les volumes annuels déclarés à l'Agence de l'Eau présentent, dans certains cas, des erreurs dûes notamment à la prise en compte des volumes issus du réseau communautaire de la CCG, cette méthode peut le cas échéant induire une surestimation des débits court-circuités. **Toutefois, nous avons constaté que ce paramètre présentait une très faible influence sur les étiages des cours d'eau modélisés. Cet écart n'est donc pas problématique pour la réalisation du bilan hydrologique global.**

3.5. Modélisation de l'influence des retenues collinaires

3.5.1. Présentation des retenues présentes dans le périmètre d'étude

La Carte 2 ci-dessous présente les retenues principales situées dans le périmètre d'étude :



Carte 2 : Localisation des retenues collinaires

La Direction Départementale des Territoires de la Haute-Savoie nous a transmis des informations sur la surface et le volume de ces retenues, obtenues suite à un recensement effectué en 2009 (Tableau 1) : à l'exception de celle du golf de Bossey, les retenues concernées sont toutes dédiées à un usage agricole.

Tableau 1 : Volume et surfaces des retenues collinaires du territoire de la CCG

Bassin versant principal	Commune	Nom	Volume (m³)	Surface (m²)	Usage
Drize	BOSSEY	Golf de Bossey	28 800	9 600	Loisirs
Aire	NEYDENS	Huffin	18 000	5 400	Agricole
Aire	SAINT JULIEN EN GENEVOIS	Thairy-Ogny	150 000	23 000	Agricole
Laire	VIRY	Le Bois Désert	30 900	5 150	Agricole
Laire	CHENEX	Mappaz	48 700	16 000	Agricole
Laire	VALLEIRY	Retenue communale	6 800	3 400	Agricole
Laire	DINGY EN VUACHE	Bloux	26 000	3 250	Agricole
Rhône	CHEVRIER	L'Achat	14 000	3 200	Agricole

3.5.2. Prise en compte dans le modèle

La prise en compte des prélèvements pour le remplissage des retenues collinaires a été et sera faite au cas par cas après avoir, dans la mesure du possible, échangé directement avec les gestionnaires concernés.

3.6. Modélisation de l'impact du drainage agricole

Nous avons modélisé le drainage agricole en considérant que, dans les zones drainées, l'ensemble des volumes non ruisselés et excédentaires par rapport à la RFU maximale des sols, au lieu de s'infiltrer vers la nappe superficielle, étaient captés par les drains et restitués immédiatement aux cours d'eau.

3.7. Modélisation de l'infiltration d'une partie du débit dans le lit mineur de certains cours d'eau

Les cours d'eau du territoire présentent un phénomène d'infiltrations directes d'une partie du débit du cours d'eau dans le lit mineur, lorsque celui-ci traverse les alluvions du Rhône (phénomène mis en évidence par les résultats de nos campagnes de jaugeage¹).

Nous avons quantifié le défaut d'eau représenté pour les cours d'eau : **la valeur retenue pour l'Aire au niveau du pont de Thairy est de 15 L/s.**

3.8. Bilan : calcul du débit actuel reconstitué

Le débit actuel reconstitué du cours d'eau (Q) est calculé par la somme suivante :

$$Q = Q_{\text{ruisselé}} + Q_{\text{drainage agricole}} + Q_{\text{vidange nappe superficielle}} + Q_{\text{vidange nappe profonde}} - Q_{\text{prélèvements}}$$

Où

$$Q_{\text{ruisselé}} = Q_{\text{ruisselé (secteurs non urbanisés non drainés)}} + Q_{\text{ruisselé (secteurs agricoles drainés)}} + Q_{\text{ruisselé (secteurs urbanisés)}}$$

Et

$$Q_{\text{prélèvements}} = Q_{\text{eaux usées court-circuitées}} + Q_{\text{eaux pluviales ruisselées court-circuitées}} + Q_{\text{remplissage retenues}} + Q_{\text{infiltration}}$$

Le modèle utilisé permet d'ajuster les différents paramètres de calage pour obtenir la meilleure superposition possible entre les débits mesurés et les débits ainsi reconstitués sur un bassin versant particulier pour lequel l'ensemble des données sont disponibles : le bassin versant de l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois.

3.9. Calcul des débits caractéristiques d'étiage

Pour chaque cours d'eau, nous avons calculés l'ensemble des débits quinquennaux secs puis estimé le QMNA₂ ainsi que le QMNA₅ par régression polynomiale.

¹ Un note explicative présentant la méthodologie utilisée pour les jaugeages, les résultats et les conclusions obtenues sera fournie aux membres du COTEC.

4. Calage du modèle sur le bassin versant de l'Aire à l'amont de Saint-Julien-en-Genevois

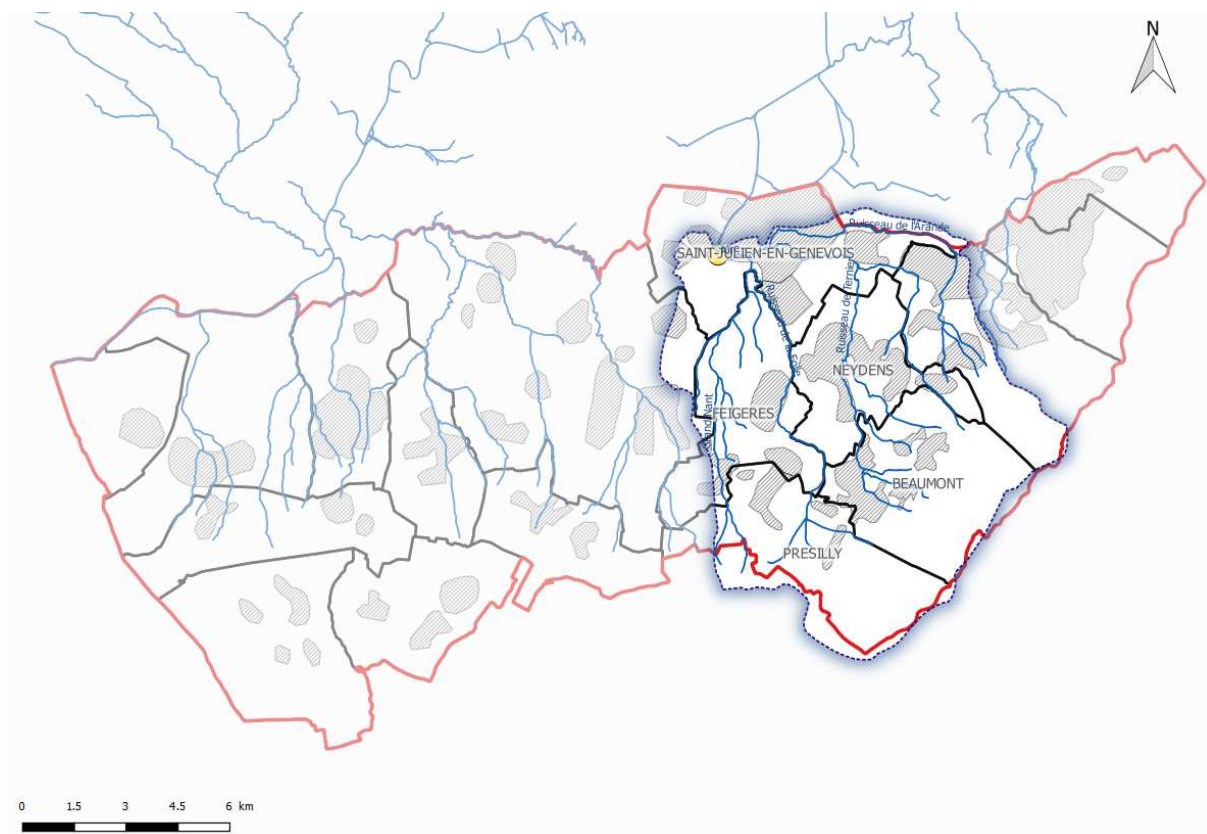
4.1. Présentation du bassin versant

4.1.1. Réseau hydrographique

Le bassin versant considéré pour le calage du modèle est celui de l'Aire en amont du pont de Thairy à Saint-Julien-en-Genevois. D'une superficie de 47 km², il s'étend sur les communes de Présilly, Beaumont, Feigères, Viry, Neydens, Archamps (et Saint-Julien).

Les principaux affluents de l'Aire dans ce bassin versant sont :

- l'Arande,
- le Nant de Bartoux,
- le Grand Nant,
- le Ruisseau de la Folle,
- le Ruisseau du Ternier.



Carte 3 : Localisation du bassin versant de l'Aire à l'amont du pont de Thairy (Saint-Julien) dans le territoire de la CCG

4.1.2. Analyse de l'occupation des sols

4.1.2.1. Secteurs urbanisés

La surface imperméabilisée totale est d'environ 630 hectares, dont 10 sont situés à Thairy et 110 à Saint-Julien.

L'examen des réseaux d'eaux pluviales de ces deux communes situées au bas du bassin versant (Figure 8) montre que les eaux pluviales de Thairy sont intégralement restituées à l'aval du pont de Thairy, tandis que celles correspondant à la partie de Saint-Julien située dans le bassin versant sont, quant à elles, reversées juste à l'amont de celui-ci.

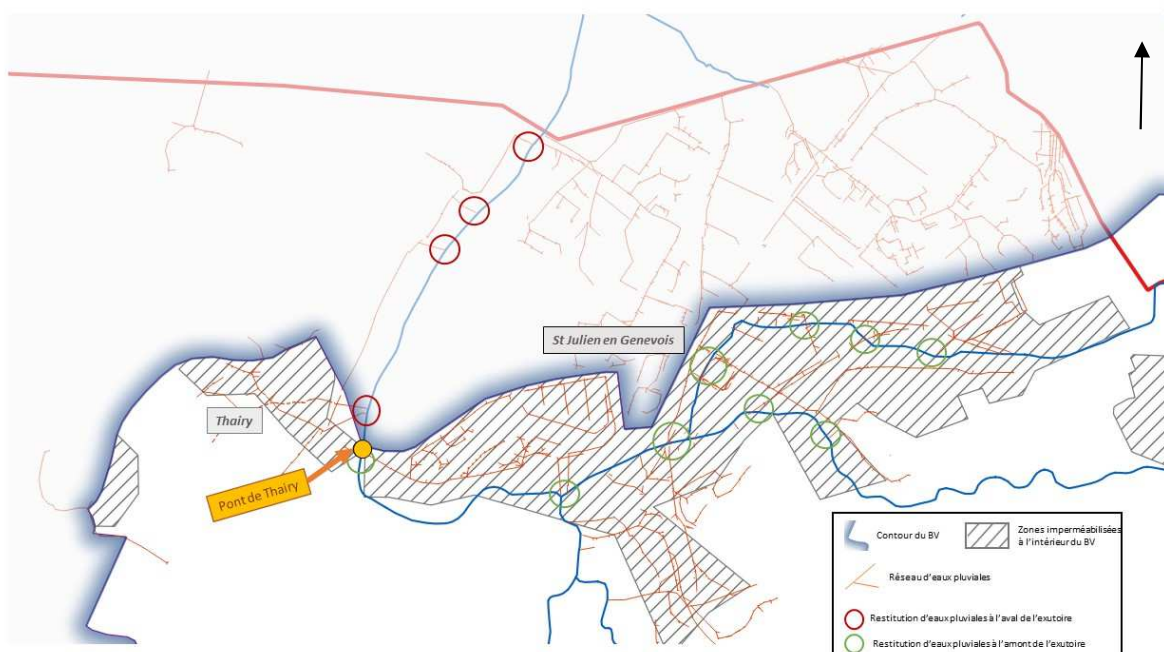


Figure 8 : Restitutions des eaux pluviales des agglomérations de Thairy et Saint-Julien

4.1.2.2. Secteurs non urbanisés

Sur les 40 km² non urbanisés du bassin versant, nous estimons qu'environ 8 km² sont occupés par des parcelles agricoles drainées.

4.2. Estimation des volumes court-circuités par les réseaux d'eau potable et eaux usées

4.2.1. Ressources exploitées

En dehors des forages dans la nappe du Genevois alimentant le réseau primaire de la CCG, les ressources exploitées (ou ayant été exploitées sur la période 2005-2014) pour la production d'eau potable dans le bassin versant de l'Aire sont les suivantes :

Tableau 2 : Ressources utilisées pour l'AEP des communes situées dans le BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien

Commune	Nom	Bassin versant	Bassin versant principal	Devenir de la ressource
Beaumont	Source Pichat ou Les Sapins	Nant de Ternier	L'Aire	À conserver
	Source des Crets			
	Source Pralet - La Solitude	Ruisseau des Creux (affluent du Nant de Ternier)		À conserver
	Source Salève (La Ravine)	Nant de Ternier		Ressource stratégique : décision à soumettre au SDAEP
Feigères	Source Thouvet-Les Salles	La Laire	La Laire	À conserver
Présilly	Sources Les Montailoux	Ruisseau de Montailoux	L'Aire	À conserver
Saint-Julien	Captage de la nappe de Ternier	Nant de Ternier	L'Aire	Abandonné très prochainement

4.2.2. Localisation des STEP assurant la restitution

Les eaux usées de Présilly, Beaumont, Feigères et Neydens sont traitées à la STEP de Neydens, avec rejet dans le Ruisseau de la Folle. Les eaux usées de Saint-Julien sont quant à elles acheminées vers la Suisse pour être traitées à la station d'Aïre, avant un rejet dans le Rhône à l'aval de la confluence de l'Arve.

4.2.1. Volumes court-circuités

Les eaux captées au captage de la Ravine (alimentation en eau potable de Saint-Julien) ne sont donc pas restituées au cours d'eau avant l'exutoire du bassin versant. Nous avons pris en compte ce tronçon court-circuité dans notre modèle (CF §3.3.2).

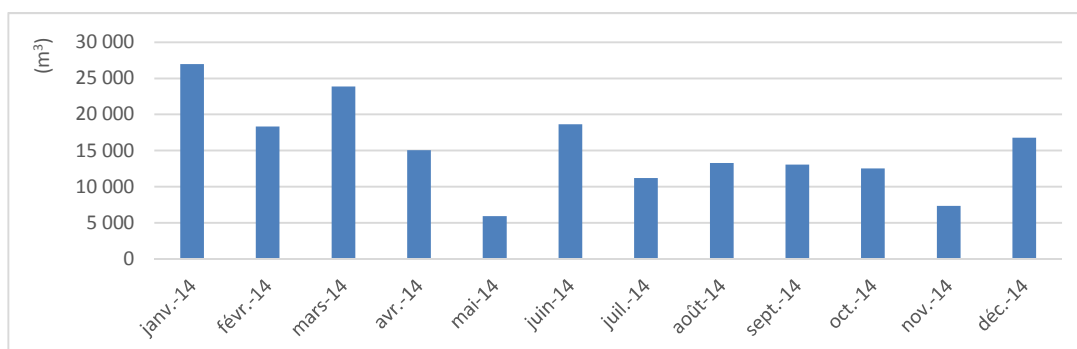
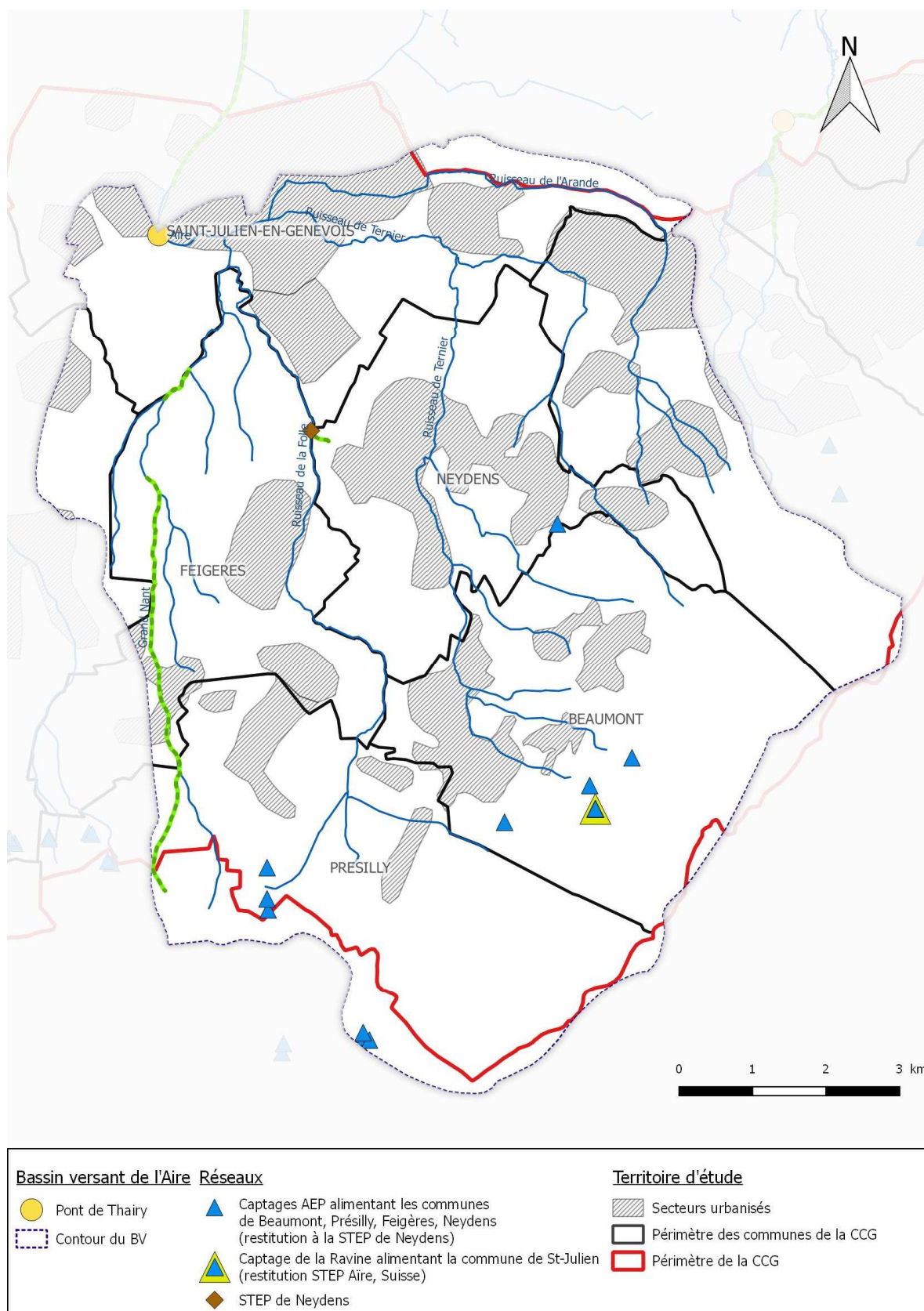


Figure 9 : Volumes mensuels prélevés à la source de la Ravine en 2014 (donnée VEOLIA)



**Carte 4 : Localisation des captages pour la production d'eau potable et de la STEP de Neydens
dans le bassin versant de l'Aire**

4.3. Modélisation de l'influence des retenues collinaires

4.3.1. Retenue collinaire d'Ogny

Nous avons rencontré les gestionnaires de cette retenue le 24 mars 2017.

Cette retenue, d'une capacité de 150 000 m³, est remplie uniquement une fois par an, et est exploitée pour l'irrigation de cultures de pommes de terre au début de l'été.

Le prélèvement se fait directement dans l'Aire au moyen de 2 pompes d'une capacité maximale de 250 m³/h (environ 70 L/s). Le pompage se fait de la fin de l'automne à la fin de l'hiver, tant que le débit du cours d'eau est supérieur au débit réservé (65 L/s).

Par ailleurs, lorsque cette retenue est remplie à plus de 50%, les gestionnaires observent des pertes importantes par infiltration sur sa rive sud, estimées à 15 000 m³/mois dans le cadre de l'étude pour l'établissements de Débits Minimum Biologiques.

Les gestionnaires de la retenue ne tenant pas de chroniques des prélèvements, nous avons modélisé ceux-ci en considérant que le pompage avait lieu à partir du mois de novembre, tant que la capacité maximale de la retenue n'est pas atteinte et que le débit de l'Aire est supérieur à 65 L/s.



Figure 10 : Ouvrage de contrôle au niveau du site de prélèvement pour le remplissage de la retenue collinaire d'Ogny : le débit réservé correspond au débit circulant dans la passe à poissons visible à l'arrière-plan

4.3.2. Retenue collinaire des Huffins

Il n'a pas été possible de rencontrer les gestionnaires de la retenue collinaire des Huffins, d'une capacité de 18 000 m³. Vu le faible débit représenté par un prélèvement calculé selon les mêmes hypothèses que pour la retenue collinaire d'Ogny et les nombreuses incertitudes représentées par cette estimation, **nous avons choisi de négliger l'impact de cette retenue sur le fonctionnement hydrologique global du bassin versant.**

4.4. Calage du modèle mensuel

4.4.1. Valeurs de paramètres de calage retenues

Les valeurs des paramètres de calage retenues sont les suivantes :

	Valeur de calage	Observations
RU maximale	70 mm	Valeur cohérente avec la typologie de bassin versant
Coefficient d'imperméabilisation	50%	Présenté au §3.3.1
Coefficient de ruissellement	30 %	Coefficient intégrant également les écoulements hypodermiques
Coefficient de vidange du réservoir superficiel	70 %	Signifie que le réservoir se vidange de 70 % dans la rivière à chaque pas de temps (ie 1 mois)
Coefficient de vidange du réservoir intermédiaire	15 %	Signifie que le réservoir se vidange de 15 % dans la rivière à chaque pas de temps (ie 1 mois)
Drainance du réservoir superficiel vers le réservoir intermédiaire	40 %	Signifie que le réservoir superficiel s'égoutte vers le réservoir inférieur à hauteur de 40 % du volume restant à l'issue de la vidange dans le cours d'eau à chaque pas de temps (soit 40% de 100-70=30%, ie 12% du volume total du réservoir superficiel au début du mois)
Drainance du réservoir intermédiaire vers le réservoir profond	70 %	Signifie que le réservoir intermédiaire s'égoutte à 70 % vers le réservoir profond. Autrement dit, 28 % des infiltrations ne rejoignent pas le cours d'eau à l'amont du point de calcul.
Infiltration directe dans le lit mineur du cours d'eau	15 L/s	Valeur cohérente avec les estimations réalisées par le Canton de Genève

Tableau 3 : valeurs des paramètres de calage retenues pour le modèle de l'Aire au pas de temps mensuel

4.4.2. Résultats obtenus

Le modèle au pas de temps mensuel calé pour le bassin versant de l'Aire à l'amont du pont de Thairy à Saint-Julien-en-Genevois donne les résultats suivants :

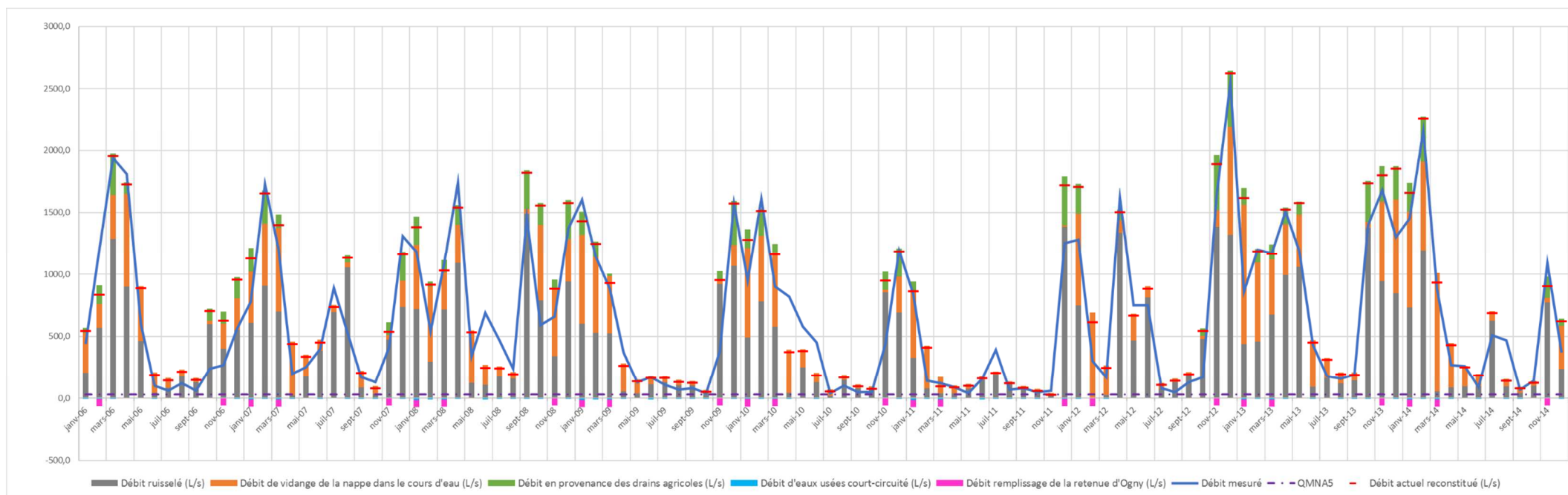


Figure 11 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps mensuel sur la période 2006/2014 - exemple du BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien-en-Genevois

Le modèle calé permet de reconstituer le débit mesuré pour la plupart des années, l'effort de calage ayant porté sur les périodes de basses eaux.

4.4.3. Commentaires sur le calage obtenu

4.4.3.1. Limites du calage

On note parfois des écarts significatifs dans la reconstitution des débits en hautes eaux, notamment en automne 2006 et en janvier 2012. Ces écarts peuvent être imputables à la non prise en compte du gel et de la neige dans le modèle.

On note également une difficulté du modèle à reconstituer les hausses temporaires de débit en été 2008 et 2014, ainsi qu'au printemps 2010. Cette difficulté est *a priori* imputable à l'hétérogénéité des phénomènes pluvieux estivaux. On notera à titre d'exemple que les hauteurs de pluies enregistrées en juin 2008 sur les pluviomètres d'Archamps et de Beaumont sont respectivement de 87,9 mm et 119,5 mm, et de 92,1 mm et 126,3 mm en mars 2010.

4.4.3.2. Reconstitution des débits mensuels d'étiage

Le modèle est globalement satisfaisant pour reconstituer les débits moyens mensuels en période d'étiage.

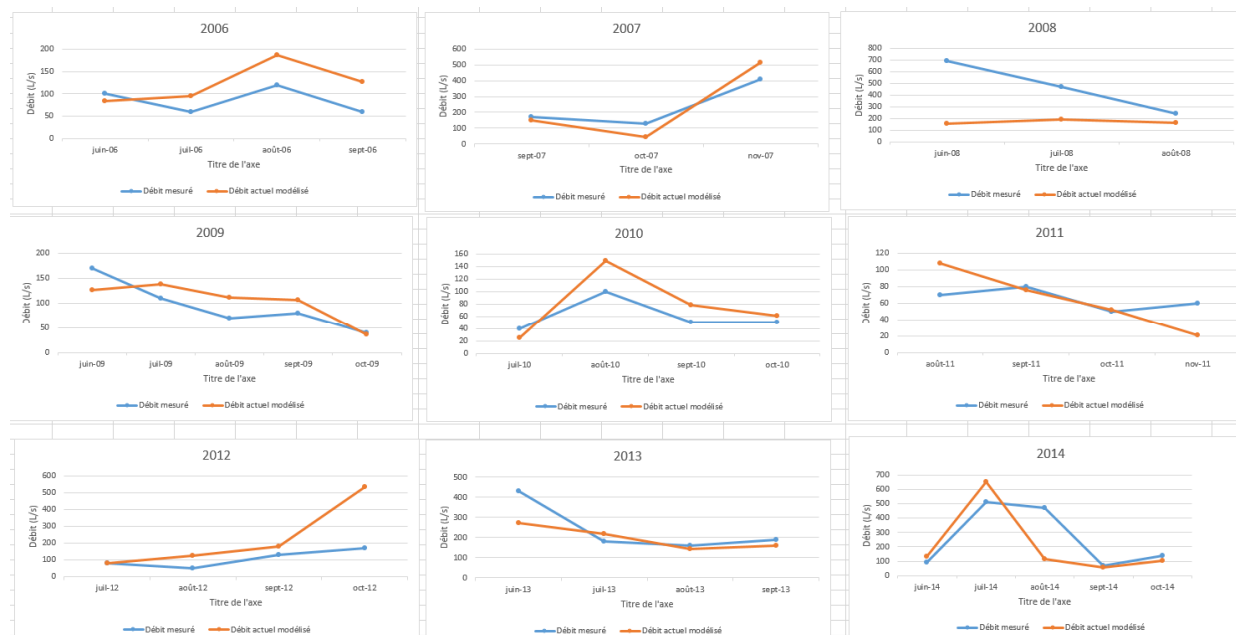


Figure 12 : Comparaison entre le débit de l'Aire mesuré (en bleu) et le débit reconstitué (en orange) pendant les périodes d'étiage (juillet-octobre)

4.4.3.3. Comparaison des débits statistiques calculés avec les valeurs fournies par la Banque Hydro

Le QMNA5 est la valeur du débit mensuel d'étiage ayant une probabilité d'être dépassé 4 années sur 5. Le QMNA2 est quant à elle la valeur ayant une probabilité d'être dépassée 1 année sur 2. Comme toute valeur statistique, elles sont d'autant plus significatives que le nombre d'années permettant de les calculer est important.

Nous avons calculé les QMNA5 et QMNA2 par régression polynomiale sur les valeurs des débits d'étiages classés (Figure 13 et Figure 14 ci-dessous) :

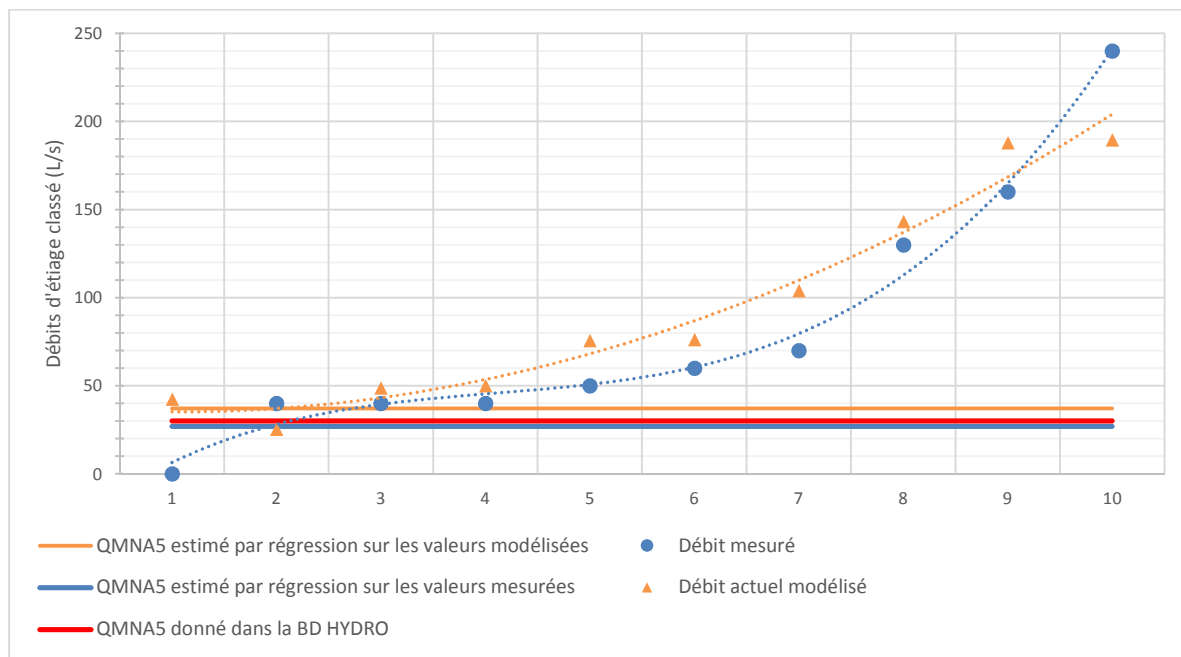


Figure 13 : Calcul du QMNA5 de l'Aire à Saint-Julien

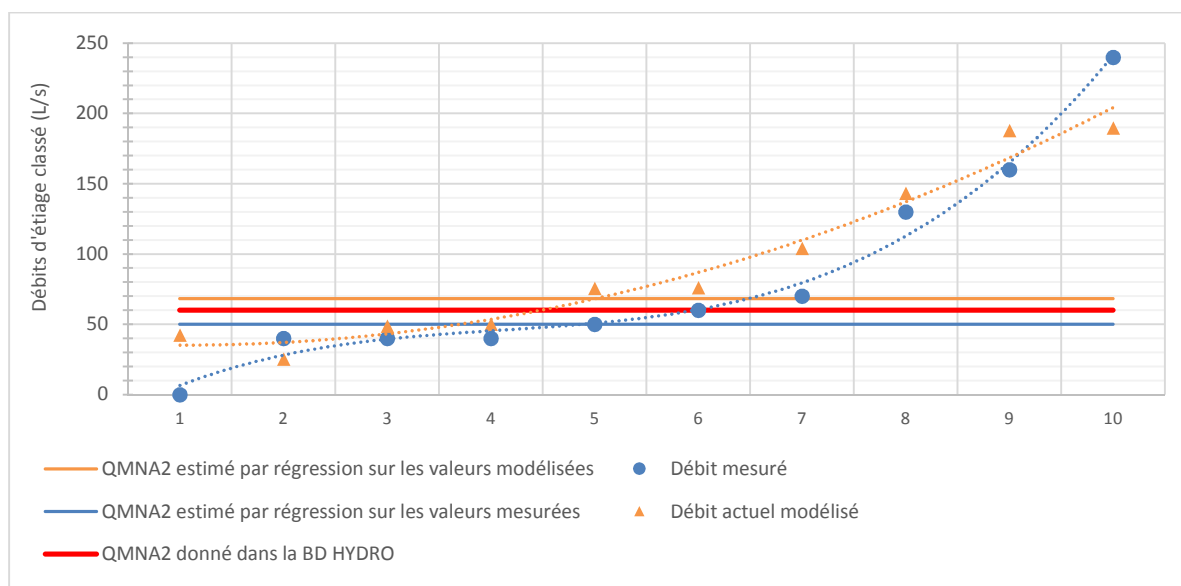


Figure 14 : Calcul du QMNA2 de l'Aire à Saint-Julien

Tableau 4 : Comparaison des valeurs de débits statistiques mesurées et modélisées

	QMNA5 (L/s)	QMNA2 (L/s)
Valeur obtenue par régression sur les débits modélisés classés	32	68
Valeur obtenue par régression sur les débits mesurés classés	27	50
Valeur Banque Hydro	30	60

On note une bonne convergence du QMNA5 et du QMNA2 modélisés avec les valeurs données par la DREAL (calcul sur 39 ans ie 1976-2015). L'écart est plus significatif avec le QMNA5 et calculé à partir des 10 années de mesure, mais on reste toutefois dans un ordre de grandeur acceptable au vu des incertitudes qui pèsent sur les mesures elles-mêmes à l'étiage.

4.1. Calage du modèle journalier

4.1.1. Valeurs de paramètres de calage retenues

Les valeurs des paramètres de calage retenues sont les suivantes :

	Valeur de calage	Observations
RU maximale	70 mm	Valeur cohérente avec la typologie de bassin versant
Coefficient de ruissellement	5 %	Coefficient ne prenant en compte que les ruissellements au sens strict
Coefficient d'imperméabilisation	50%	Présenté au §3.3.1
Coefficient de vidange du réservoir superficiel	80 %	Représente la participation des écoulements hypodermiques au débit de la rivière ; rejoignent à 80 % le cours d'eau dans la journée
Coefficient de vidange du réservoir intermédiaire	3 %	Signifie que le réservoir représentant le débit de base se vidange de 3 % dans la rivière à chaque pas de temps (ie 1 jour)
Drainance du réservoir superficiel vers le réservoir intermédiaire	70 %	Signifie que le réservoir superficiel s'égoutte vers le réservoir inférieur à hauteur de 70 %, à chaque pas de temps
Drainance du réservoir intermédiaire vers le réservoir profond	14 %	Signifie que le réservoir intermédiaire s'égoutte à 14 % vers le réservoir profond.

Tableau 3 : valeurs des paramètres de calage retenus pour le modèle au pas de temps journalier

4.1.2. Résultats obtenus

La qualité du calage du modèle au pas de temps journalier pour le bassin versant de l'Aire à l'amont du pont de Thairy à Saint-Julien-en-Genevois est appréciable visuellement sur le graphique suivant :

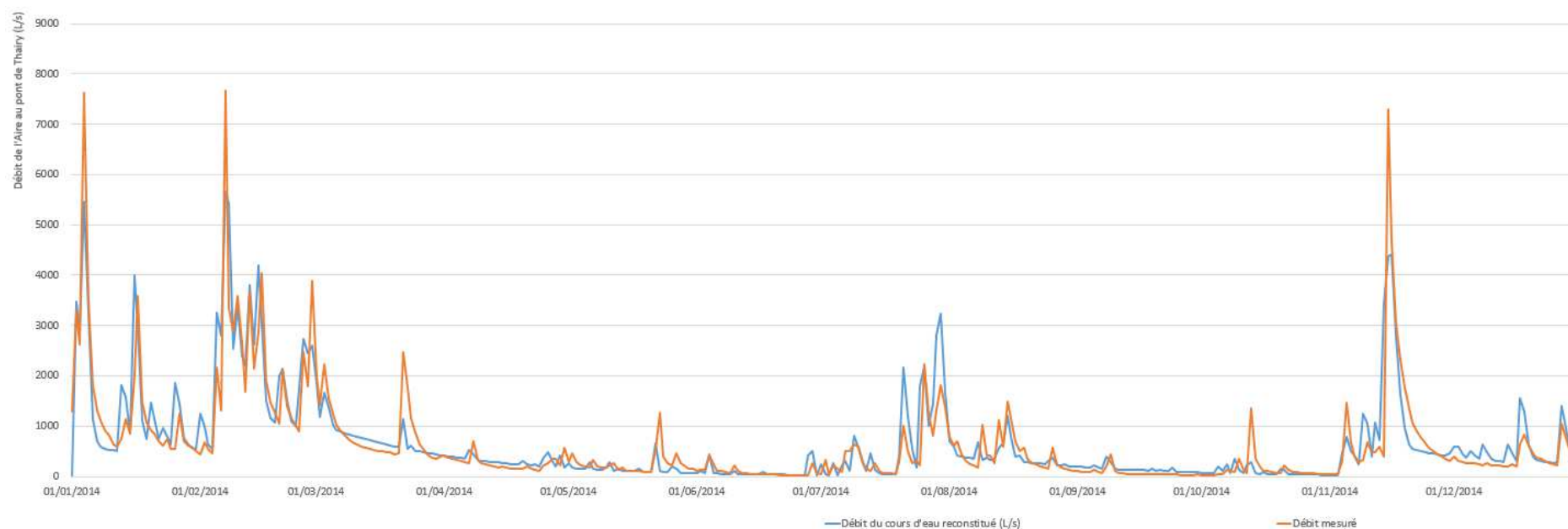


Figure 15 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps journalier sur l'année 2014 - exemple du BV de l'Aire à l'amont de Saint-Julien-en-Genevois

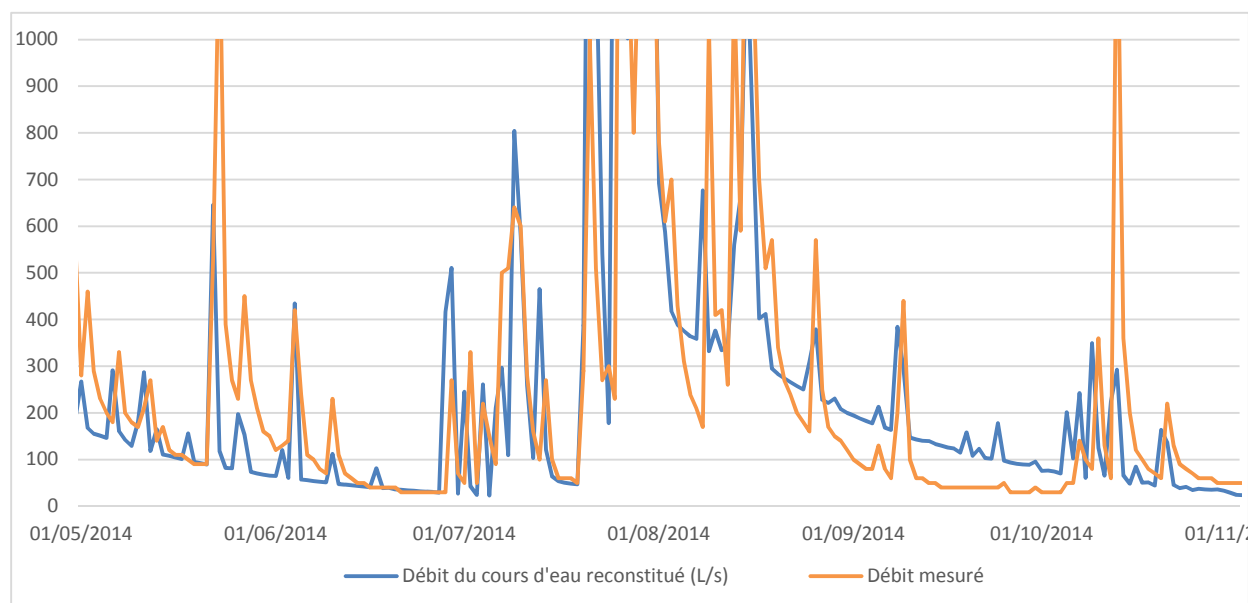


Figure 16 : Calage du modèle journalier sur l'Aire à Saint-Julien-en-Genevois - Zoom sur les mois d'été

4.1.3. Commentaires sur le calage

Ce modèle permet une bonne restitution du débit des cours d'eau à l'été. On note une difficulté du modèle à reconstituer certains pics de crue, notamment en été, ce qui est *a priori* expliqué par l'hétérogénéité des pluies estivales sur le territoire, comme vu plus haut.

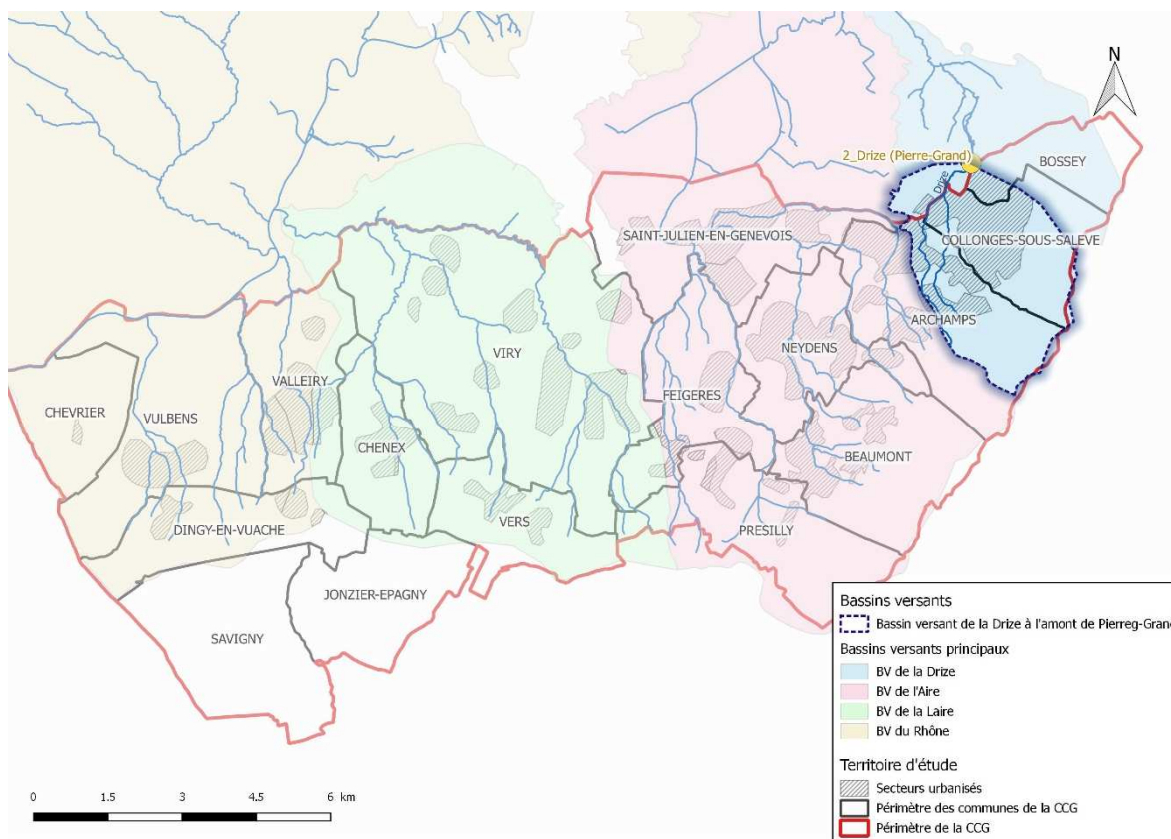
5. Validation du calage sur le bassin versant de la Drize au lieu-dit Pierre-Grand (Troinex)

5.1. Présentation du bassin versant

5.1.1. Réseau hydrographique

D'une superficie de 47 km², le bassin versant de la Drize à l'amont de Pierre-Grand s'étend sur les communes d'Archamps, Collonges-sous-Salève et Bossey (France) ainsi que Troinex (Suisse).

Les principaux affluents de la Drize sont le Clef et la Tête, qui se rejoignent pour former la Drize au niveau de la frontière franco-suisse.



Carte 5 : Localisation du bassin versant de la Drize à l'amont du pont de Pierre-Grand (Troinex) dans le territoire de la CCG

5.1.2. Analyse de l'occupation des sols

5.1.2.1. Secteurs urbanisés

La surface imperméabilisée totale sur ce bassin versant est d'environ 430 hectares, dont 250 sont situés à Collonges.

L'examen des réseaux d'eaux pluviales de ces communes montre que l'ensemble des eaux pluviales du bassin versant est restitué à l'amont du pont de Pierre-Grand (Figure 17).

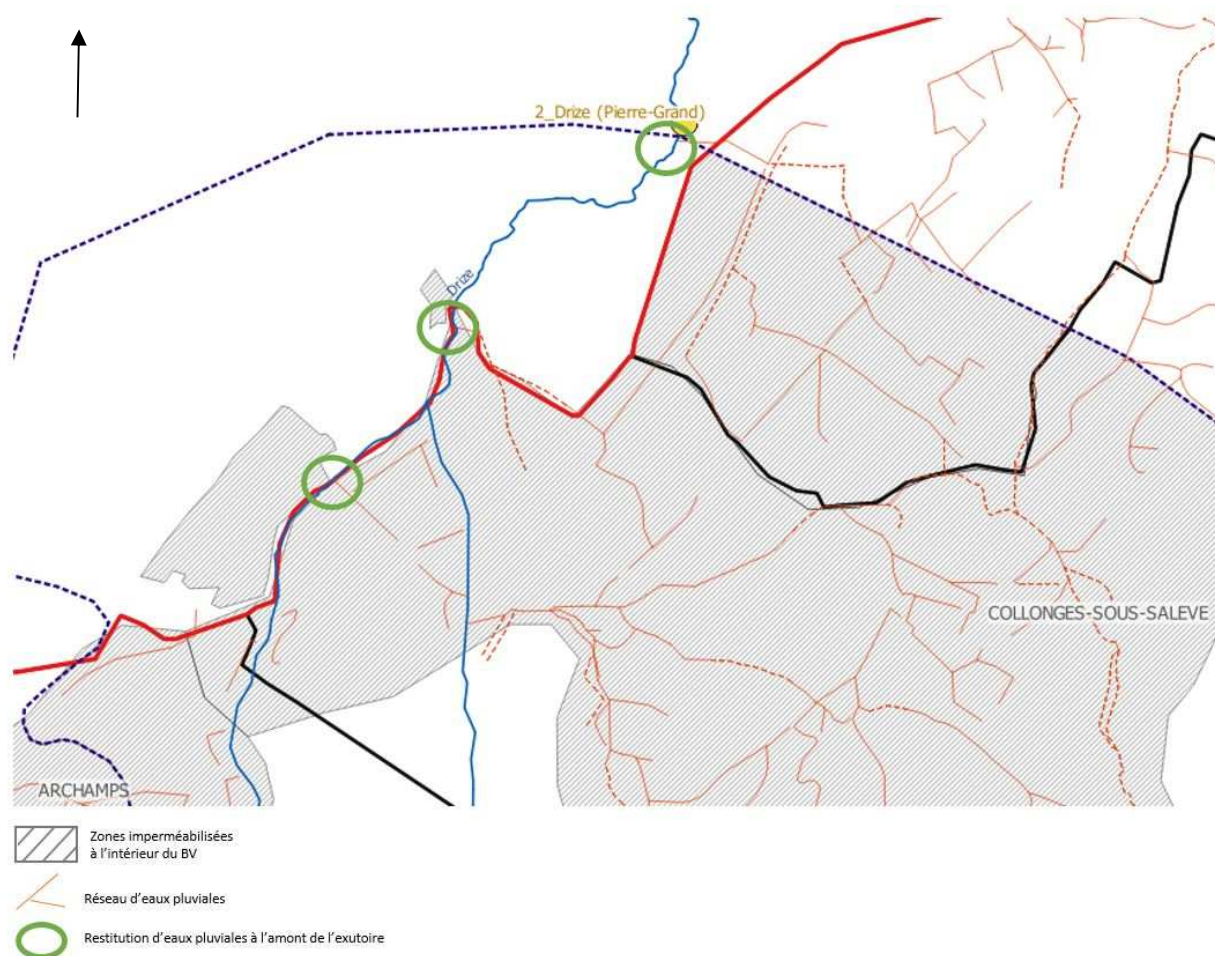


Figure 17 : Restitutions des eaux pluviales des agglomérations de Collonges et Archamps

5.1.2.2. Secteurs non urbanisés

Sur les 680 ha non urbanisés du bassin versant, nous estimons qu'environ 140 ha sont occupés par des parcelles agricoles drainées.

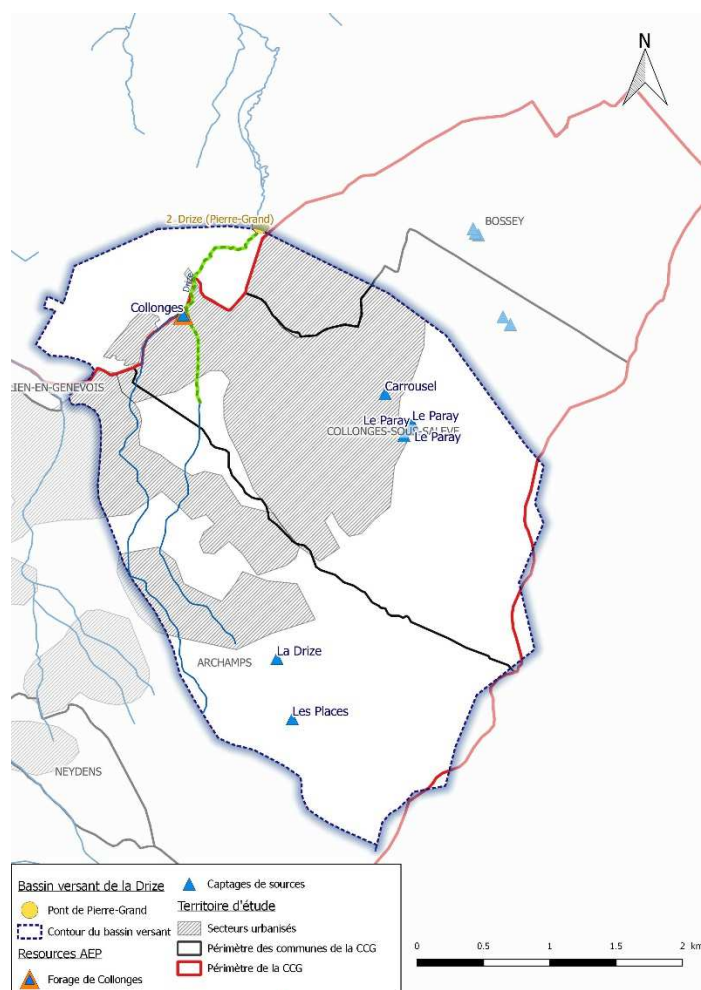
5.2. Estimation des volumes court-circuités par les réseaux d'eau potable et eaux usées

5.2.1. Ressources exploitées

En dehors du forage de Collonges dans la nappe du Genevois alimentant le réseau primaire de la CCG, les ressources exploitées (ou ayant été exploitées sur la période 2005-2014) dans le bassin versant de la Drize à l'amont de Pierre-Grand sont les suivantes :

Tableau 5 : Ressources utilisées pour l'AEP des communes situées dans le BV de la Drize à l'amont de Pierre-Grand

Commune	Nom	Devenir de la ressource
Archamps	La Drize	Décision d'abandon soumise aux résultats d'investigations complémentaires
	Les Places	
Collonges	Le Paray	À conserver
	Le Carroussel	



Carte 6 : Localisation des captages pour la production d'eau potable dans le bassin versant de la Drize

5.2.2. Localisation des STEP assurant la restitution et volumes court-circuités

L'intégralité des eaux usées du bassin versant acheminées vers la Suisse pour être traitées à la station d'Aire, avant un rejet dans le Rhône à l'aval de la confluence de l'Arve.

Ces volumes ne sont donc pas restitués au cours d'eau avant l'exutoire du bassin versant ; ce défaut d'eau est pris en compte dans notre modèle.

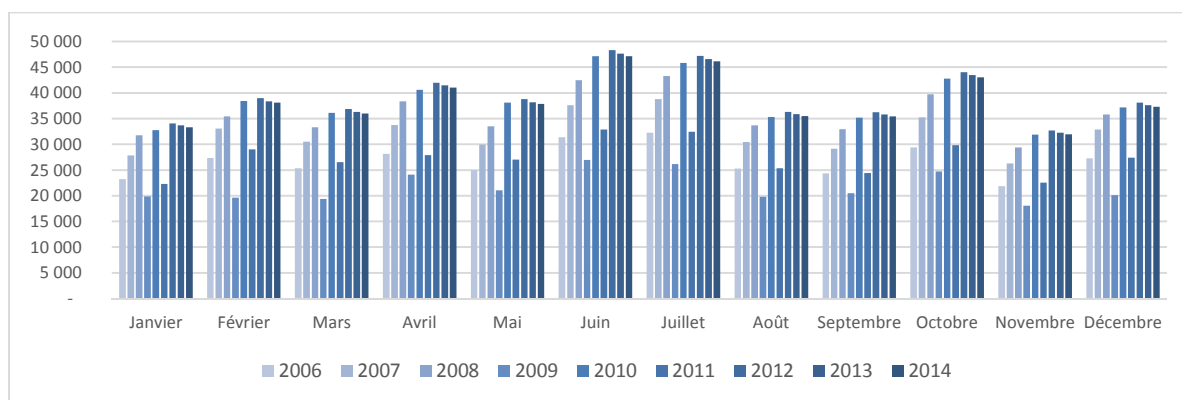


Figure 18 : Evolution des volumes mensuels prélevés sur l'ensemble des captages situés dans le bassin versant de la Drize à l'amont de Pierre-Grand entre 2006 et 2014

5.3. Application du modèle mensuel

5.3.1. Spécificités du bassin versant

L'application brute des paramètres de calage du bassin versant de l'Aire (aux paramètres descriptifs du BV près - cf descriptif ci-dessus) ne donne pas un résultat satisfaisant : les débits reconstitués en hautes eaux sont excédentaires sur une grande partie de la période modélisée et les débits d'étiage reconstitués sont, en revanche, bien inférieurs aux débits mesurés.

On note deux particularités de ce bassin versant :

- ✓ la très faible densité de son réseau hydrographique,
- ✓ un tissu urbain particulièrement étendu mais de faible densité dans la commune de Collonges-sous-Salève,
- ✓ un contexte géologique particulier, avec des affleurements de morènes et argiles plus importants que sur les autres bassins versants.

Autrement dit, on peut supposer que le drainage d'une large partie des aires non imperméabilisées incluses dans le tissu urbain est facilité vers le cours d'eau, et qu'en conséquence il convient d'ajuster le coefficient de ruissellement et la part d'infiltration qui ne rejoint pas le cours d'eau.

5.3.1. Valeurs de paramètres de calage retenues

L'amélioration du calage du modèle est effectivement obtenue avec les valeurs de paramètres de calages suivantes :

Tableau 6 : valeurs des paramètres de calage retenues pour le modèle de la Drize au pas de temps mensuel

	Valeur de calage
RU maximale	70 mm
Coefficient d'imperméabilisation	35%
Coefficient de ruissellement	15 %
Coefficient de vidange du réservoir superficiel	50 %
Coefficient de vidange du réservoir intermédiaire	5 %
Drainance du réservoir superficiel vers le réservoir intermédiaire	60 %
Drainance du réservoir intermédiaire vers le réservoir profond	60 %
Infiltration directe dans le lit mineur du cours d'eau	0 L/s

5.3.2. Commentaires sur le calage obtenu

5.3.2.1. Reconstitution des débits mensuels d'été

Le modèle est globalement satisfaisant pour reconstituer les débits moyens mensuels en période d'été.

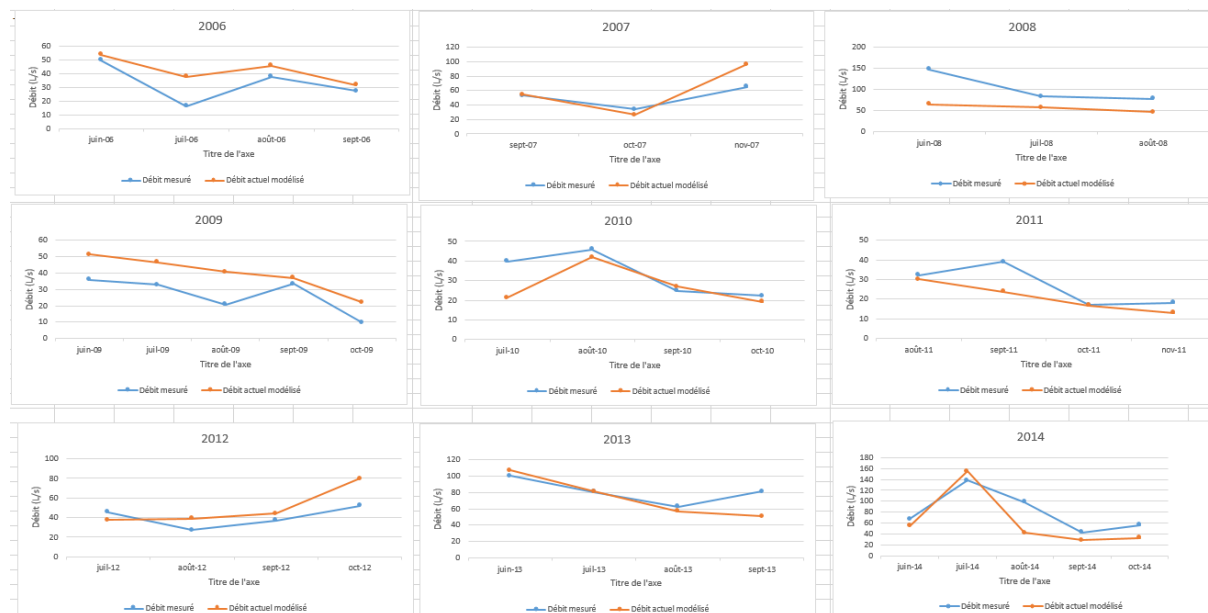


Figure 19 : Comparaison entre le débit de la Drize mesuré (en bleu) et le débit reconstitué (en orange)

5.3.2.1. Comparaison des débits statistiques calculés avec les valeurs mesurées

Nous avons calculé les QMNA5 et QMNA2 par régression polynomiale sur les valeurs des débits d'été classés (CF §4.4.3.3) :

Tableau 7 : Comparaison des valeurs de débits statistiques mesurées et modélisées

	QMNA5 (L/s)	QMNA2 (L/s)
Valeur obtenue par régression sur les débits modélisés classés	29	14
Valeur obtenue par régression sur les débits mesurés classés	27	11

On note une bonne convergence du QMNA5 et du QMNA2 modélisés avec les valeurs calculées à partir des données de mesures de débits fournies par le Canton de (calcul sur la période 1985-2015).

5.4. Calage du modèle journalier

5.4.1. Valeurs de paramètres de calage retenues

Les valeurs des paramètres de calage retenues sont les suivantes :

	Valeur de calage	Observations
RU maximale	40 mm	Valeur cohérente avec la typologie de bassin versant
Coefficient de ruissellement	5 %	Coefficient ne prenant en compte que les ruissellements au sens strict
Coefficient d'imperméabilisation	40%	Permet de prendre en compte l'urbanisation moins dense de Collonges
Coefficient de vidange du réservoir superficiel	20 %	Représente la participation des écoulements hypodermiques au débit de la rivière ; rejoignent à 20 % le cours d'eau dans la journée
Coefficient de vidange du réservoir intermédiaire	1.5 %	Signifie que le réservoir représentant le débit de base se vidange de 1.5 % dans la rivière à chaque pas de temps (ie 1 jour)
Drainance du réservoir superficiel vers le réservoir intermédiaire	50 %	Signifie que le réservoir superficiel s'égoutte vers le réservoir inférieur à hauteur de 50 %, à chaque pas de temps
Drainance du réservoir intermédiaire vers le réservoir profond	7 %	Signifie que le réservoir intermédiaire s'égoutte à 7 % vers le réservoir profond.

Tableau 3 : valeurs des paramètres de calage retenus pour le modèle au pas de temps journalier

5.4.2. Résultats obtenus

La qualité du calage du modèle au pas de temps journalier pour le bassin versant de la Drize au niveau du pont de Pierre-Grand est appréciable visuellement sur le graphique suivant :

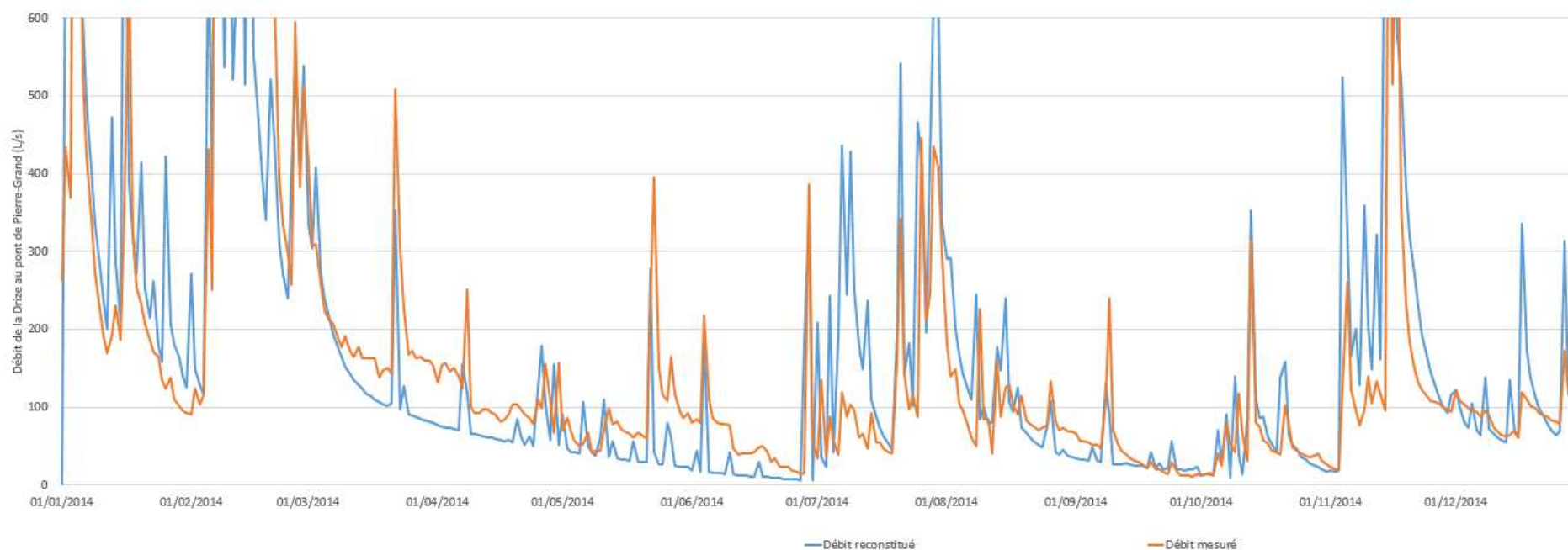


Figure 20 : Calage du modèle de type « pluie-débit » au pas de temps journalier sur l'année 2014 - exemple du BV de la Drize à Pierre-Grand

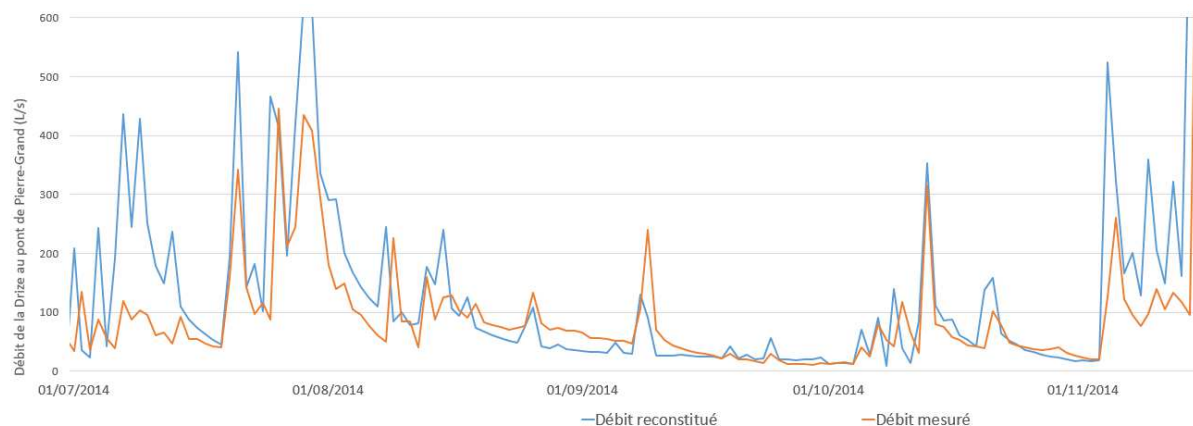


Figure 21 : Calage du modèle journalier sur la Drize à Pierre-Grand - Zoom sur les mois d'été

5.4.3. Commentaires sur le calage

Ce modèle permet une bonne restitution du débit des cours d'eau à l'été. On note une difficulté du modèle à reconstituer certains pics de crue, notamment en été, ce qui est *a priori* expliqué par l'hétérogénéité des pluies estivales sur le territoire, comme vu plus haut.

6. Justification du choix des valeurs des paramètres de calage pour l'application des modèles aux autres bassins versants du territoire de la CCG

6.1. Duplication des modèles calés sur le bassin versant de l'Aire

6.1.1. Modèle mensuel

En raison de la proximité géographique du bassin versant de l'Aire avec les bassins de la Laire et des petits affluents du Rhône et des spécificités du bassin versant de la Drize évoquées précédemment - urbanisation peu dense, particularités hydrogéologiques), **nous avons fait le choix de dupliquer le modèle mensuel calé au niveau du pont de Thairy sur l'Aire au niveau des autres points de calcul** présentés au §3.1.2.2.

6.1.2. Modèle journalier

Afin d'apporter un complément d'information à TEREQ, **nous avons également dupliqué le modèle de l'Aire au pas de temps journalier sur le bassin versant de la Laire.**

6.2. Ajustement du débit d'infiltration directe dans le lit mineur des petits affluents du Rhône

Les petits affluents du Rhône ont des caractéristiques hydrogéologiques variables. En effet, des résurgences ponctuelles ou diffuses peuvent se produire au niveau des affleurements de morènes dans les lits mineurs du Couvatannaz et du Nant de Vosogne, tandis que ce phénomène est absent dans le lit mineur du ruisseau du Longet, traversant uniquement des alluvions glacio-lacustres (Figure 22).

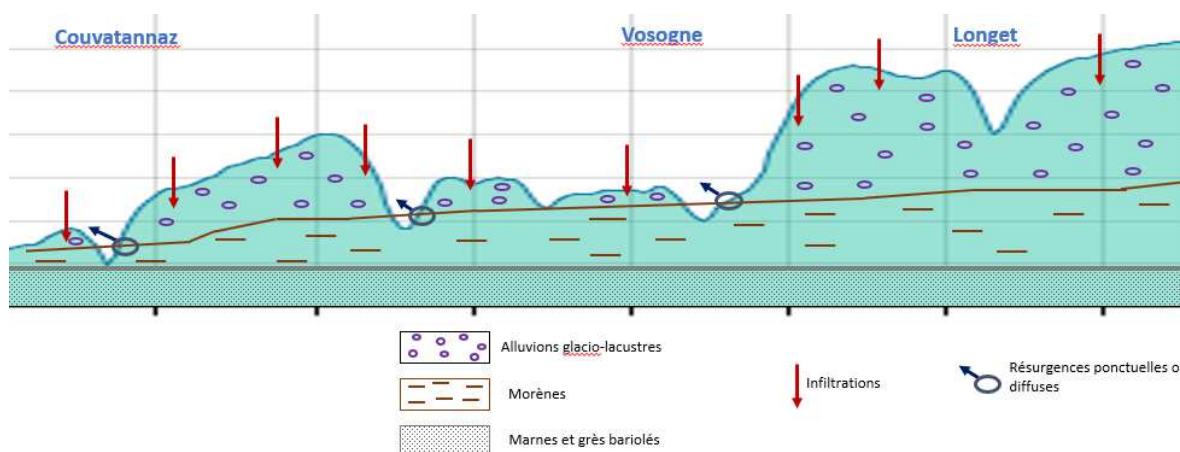


Figure 22 : Schéma des infiltrations et résurgences dans le lit mineur des affluents du Rhône

Afin de tenir compte de ces spécificités ainsi que du gabarit réduit de ces cours d'eau en comparaison avec l'Aire ou la Laire, **nous avons ajusté le débit d'infiltration directe dans le lit mineur à 10 L/s pour le ruisseau du Longet et à 5 L/s pour le Couvatannaz et le Nant de Vosogne.**

7. Reconstitution des débits naturels des cours d'eau

7.1. Calcul du débit naturel reconstitué

Pour chaque point nodal, nous avons estimé le débit naturel du cours d'eau en considérant que l'intégralité du bassin versant n'est soumise à aucune pression anthropique, c'est-à-dire :

- Absence d'urbanisation,
- Absence de drainage agricole,
- Absence de prélèvements.

Le débit naturel reconstitué du cours d'eau est donc calculé par la somme suivante :

$$Q_{naturel} = Q_{ruisselé} + Q_{vidange\ nappe\ superficielle} + Q_{vidange\ nappe\ profonde}$$

7.2. Analyse de l'impact des prélèvements sur les régimes naturels des cours d'eau

Afin d'estimer l'influence des prélèvements sur le régime des différents cours d'eau indépendamment des effets liés aux pressions anthropiques de « long terme » (imperméabilisation des zones urbanisées, drainage des sols agricoles), nous avons également calculé pour chaque point nodal le **débit influencé par les prélèvements seuls** ($Q_{prélèv.\ seuls}$), soit :

$$Q_{prélèv.\ seuls} = Q_{naturel} - Q_{prélèvements}$$

7.3. Débits caractéristiques calculés

A l'issue de ces modélisations, nous avons pu calculer les débits mensuels quinquennaux secs et les principaux débits caractéristiques (débit médian, $QMNA_2$, $QMNA_5$) à l'état naturel reconstitué et à l'état influencé par les prélèvements seuls.

7.4. Remarque : cas particulier des bassins versants de l'Aire et la Drize

Les valeurs de débits naturels et influencés par les prélèvements seuls ont été calculés afin de permettre le calcul des surfaces utiles pour les habitats piscicoles par le logiciel ESTIMHAB.

Dans le cas des bassins de l'Aire et de la Drize, les stations ESTIMHAB définies dans le cadre de l'étude DMB sont situées à l'aval des points nodaux considérés pour le calage des modèles (ponts de Thairy et Pierre-Grand). Aussi, nous avons effectué ces calculs en tenant compte des surfaces des bassins versants des stations ESTIMHAB et non pas des surfaces utilisées lors du calage.

Les différences constatées entre ces deux modélisations sur les débits d'étiage statistiques sont toutefois minimales, voire imperceptibles.