

Bièvre Isère Communauté

Etude globale d'incidences des effluents traités sur la nappe

Bièvre isère
communauté

Phase 2 – Etude d'incidence hydrogéologique des rejets des effluents épurés

Rapport.

Etabli le : 25/04/2016
Révisé le : 20/05/2016
N° chrono : G0972-RT01

LFa/SFI/LDe
Version : 1

Direction
3, rue du Docteur Schweitzer
38180 SEYSSINS

Tél : 04 76 48 47 48
Fax : 04 76 48 44 47

Agence Paris
11, avenue du Centre
78286 GUYANCOURT cedex

Tél : 01 30 48 47 08
Fax : 01 30 48 49 79

Agence Lille
40, avenue de la Marne - BP 87
59442 WASQUEHAL Cedex

Tél : 03 20 69 24 24
Fax : 03 20 69 24 25

Agence Toulouse
33-43, avenue Georges Pompidou
Bâtiment D - BP 13115
31131 BALMA Cedex
Tél : 05.62.18.19.77
Fax : 05.62.18.19.71

Indices de révision

Indice	Date	Modifications / Commentaires	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
0	25/04/2016	Emission initiale	LFa	SFI	LDe
1	20/05/2016	Ajout des chapitres 6.4, 6.5 et 7	LFa	SFI	LDe

Sommaire

1	Introduction	7
2	Bibliographie	7
3	Contexte général	8
3.1	Localisation du secteur d'étude	8
3.2	Géologie et hydrogéologie	8
4	Modélisation hydrogéologique	10
4.1	Démarche	10
4.2	Outil de modélisation	11
4.3	Extension et structure du modèle	12
4.4	Recueil et prétraitement des données	14
4.4.1	Géologie	14
4.4.2	Topographie	16
4.4.3	Hydrographie	16
4.4.4	Piézométrie	17
4.4.5	Perméabilités	19
4.4.6	Prélèvements / rejets en nappe	19
4.4.7	Recharge pluviométrique	21
4.4.8	Conditions aux limites	22
5	Calage du modèle	22
5.1	Piézométrie de référence	22
5.2	Résultats du calage	24
5.3	Vitesses de Darcy	27
6	Simulations	29
6.1	Principe et hypothèses de simulation	29
6.2	Simulation 1 – Etat actuel (2015)	31
6.2.1	Hypothèses	31
6.2.2	Résultats de la simulation	33
6.3	Simulation 2 – Etat futur (2030)	41
6.3.1	Hypothèses	41

6.3.2	Résultats de la simulation	42
6.4	Simulation 3 – Etat futur (2030)	50
6.4.1	Hypothèses	50
6.4.2	Résultats de la simulation 3	51
6.5	Simulation 4 – Etat futur (2030)	59
6.5.1	Hypothèses	59
6.5.2	Résultats de la simulation 3	60
7	Synthèse générale	68
7.1	Hypothèses des scénarios	68
7.2	Résultats des scénarios	69

Liste des tableaux

Tableau 1	– Inventaire thématique des données requises pour les besoins de l'étude	10
Tableau 2	– Répartition des prélèvements (signe négatif) et rejets (signe positif) par usage – situation actuelle	20
Tableau 3	– Piézométrie de référence pour le calage	23
Tableau 4	– Ecart entre niveaux piézométriques observés et simulés sur les points de référence	25
Tableau 5	– Etat actuel « 2015 » – Concentration et type de rejet des ouvrages d'assainissement	30
Tableau 6	– Etat futur « 2030 » – Concentration et type de rejet	30
Tableau 7	– Etat actuel « 2015 » – Concentrations utilisées dans la simulation	31
Tableau 8	– Etat futur « 2030 » – Concentrations utilisées dans la simulation	41
Tableau 9	– Débits de pompage des AEP – Etat futur « 2013 »	41
Tableau 10	– Concentrations utilisées dans la simulation 3	50
Tableau 11	– Débits de pompage des AEP – simulation 3	51
Tableau 12	– Simulation 3 - Etat futur « 2030 » – Concentrations utilisées dans la simulation	59
Tableau 13	– Débits de pompage des AEP – simulation 3	60
Tableau 14	– Récapitulatif des débits et concentrations des step pour les quatre scénarios	68
Tableau 15	– Synthèse des résultats des simulations	70

Liste des figures

Figure 1 – Coupe géologique de principe (perpendiculaire à l’axe de vallée)	8
Figure 2 – Carte de localisation du projet (fond IGN au 100 000ème, coord. en Lambert 93)	9
Figure 3 – Extension et maillage du modèle	13
Figure 4 - Localisation des sondages géologiques utilisés	15
Figure 5 – Synthèse de l’infiltration sur l’Amballon et ses affluents (rapport phase 1, [1])	17
Figure 6 - Localisation des points de suivi piézométrique utilisés	18
Figure 7 - Distribution de la recharge brute journalière calculée sur les 2 stations de septembre 2014 à aout 2015	21
Figure 8 – Graphique de comparaison des piézométries observée et simulée pour l’état initial	24
Figure 9 – Carte piézométrique simulée pour l’état initial (actuel)	26
Figure 10 – Histogramme de répartition des vitesses de Darcy exprimées en cm/j	27
Figure 11 – Représentation du champ des vitesses de Darcy (état actuel « 2015 »)	28
Figure 12 - Carte de localisation des points d’injection des rejets azotés – « état actuel » ; les débits représentés par des rectangles jaunes sont issus de l’étude de 1993.	32
Figure 13 – Cartographie des concentrations après 50 ans d’exploitation – Etat actuel « 2015 »	34
Figure 14 – Historique des concentrations aux AEP – « Etat actuel »	35
Figure 15 - Historique des concentrations aux forages agricoles – « Etat actuel »	36
Figure 16 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens - Etat actuel « 2015 »	37
Figure 17 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Etat actuel « 2015 »	37
Figure 18– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles- Etat actuel « 2015 »	38
Figure 19 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf - Etat actuel « 2015 »	39
Figure 20– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz - Etat actuel « 2015 »	40
Figure 21 - Cartographie des concentrations après 50 ans d’exploitation – Etat futur « 2030 »	43
Figure 22 - Historique des concentrations aux AEP – « Etat futur »	44
Figure 23 - Historique des concentrations aux captages agricoles – « Etat futur »	44
Figure 24 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens - Etat futur « 2030 »	45
Figure 26– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles - Etat futur « 2030 »	47
Figure 27 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf - Etat futur « 2030 »	48
Figure 28– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz - Etat futur « 2030 »	49
Figure 29 - Cartographie des concentrations après 50 ans d’exploitation – Simulation 3	52
Figure 30 - Historique des concentrations aux AEP – Simulation 3	53
Figure 31 - Historique des concentrations aux captages agricoles – Simulation 3	53
Figure 32 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens – Simulation 3	54
Figure 33 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Simulation 3	55
Figure 34– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles – Simulation 3	56
Figure 35 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf – Simulation 3	57

Figure 36– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz – Simulation 3	58
Figure 37 - Cartographie des concentrations après 50 ans d’exploitation – Simulation 4	61
Figure 38 - Historique des concentrations aux AEP – Simulation 4	62
Figure 39 - Historique des concentrations aux captages agricoles – Simulation 4	62
Figure 40 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens – Simulation 4	63
Figure 41 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Simulation 4	64
Figure 42– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles – Simulation 4	65
Figure 43 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf – Simulation 4	66

1 Introduction

Le Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) réalisé en 2003 avait retenu le principe du raccordement de l'ensemble des effluents sur la station d'épuration de Vienne / SYSTEPUR. Face aux difficultés techniques et financières de mise en œuvre de ces raccordements sur la partie amont des bassins versants de l'Amballon, de la Gervonde et de la Gère, un complément au SDA a été lancé en 2010 et les collectivités concernées ont unanimement choisi d'abandonner le scénario de raccordement à la station du SYSTEPUR et privilégier les solutions consistant à réhabiliter ou étendre les stations d'épuration existantes, ou à regrouper localement certaines stations.

Les services de l'Etat souhaitent obtenir la confirmation que le maintien des différentes stations d'épuration à leur emplacement actuel est possible, ce qui signifie démontrer l'absence de contamination des captages à l'aval.

C'est pourquoi la Communauté de Communes de la région Saint-Jeannaise souhaite réaliser une étude hydrogéologique détaillée pour estimer les incidences du Schéma Directeur d'Assainissement de 2010 sur la nappe et valider le scénario retenu.

En effet, plusieurs aspects demandent confirmation :

- La faisabilité technique du scénario basé sur une réhabilitation ou une extension des stations existantes,
- Le respect de l'objectif du SDAGE de bon état des masses d'eaux superficielles, notamment vis-à-vis des rejets (infiltration ou rejet dans cours d'eau),
- La politique choisie concernant les rejets : soutien d'étiage ou limitation de l'impact qualitatif des milieux ?
- La capacité d'infiltration des sols et l'acceptabilité du milieu souterrain.

L'objectif de cette étude est de rendre compte, à travers le développement d'un modèle numérique, du fonctionnement actuel de la nappe des alluvions fluvioglaciales afin de valider le scénario retenu par le SDA de 2010 ou de proposer une solution alternative si ce scénario est insuffisant au regard du bon état des masses d'eau souterraines et de la garantie de l'usage prioritaire qu'est l'AEP.

Le présent rapport décrit la démarche suivie pour la réalisation de cette phase de modélisation, de la construction du modèle jusqu'à l'exploitation du modèle par simulation.

2 Bibliographie

- [1] Communauté de Communes de la région Saint-Jeannaise – Etude globale d'incidences des effluents traités sur la nappe – Phase 1 : état initial des bassins versants de l'Amballon, de la Gervonde et de la Gère – Rapport provisoire – Archambault Conseil – Rapport CLY02178-P1R1-0915 – Septembre 2015
- [2] Syndicat d'hydraulique des quatre vallées du Bas Dauphiné – Etude hydrologique des conditions d'étiage des 4 vallées (Sevenne – Vega – Amballon – Gere) – Sogreah Ingénierie – Rapport principal 3 0194 – Janvier 1994

3 Contexte général

3.1 Localisation du secteur d'étude

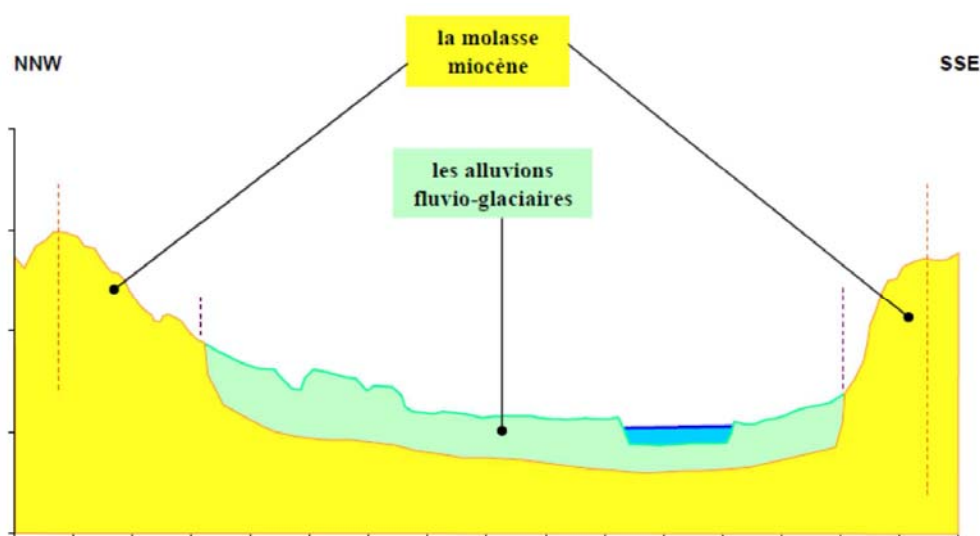
Le projet se situe dans le département de l'Isère (38), à la hauteur de Vienne, sur les communes de Beauvoir-de-Marc, Chatonnay, Meyrieu-les-Étangs, Meyssiez, Royas, Sainte-Anne-sur-Gervonde, Saint-Jean-de-Bournay, Savas-Mépin et Villeneuve-de-Marc. Une carte de localisation est présentée Figure 2.

3.2 Géologie et hydrogéologie

Le cadre géologique et hydrogéologique a été décrit dans le rapport [1]. Pour mémoire, les principaux éléments à retenir sont :

- Les vallées sont entaillées dans des molasses miocènes de plusieurs dizaines de mètres de puissance et qui constituent le substratum hydrogéologique de la nappe des alluvions,
- les fonds de vallées sont remplis par les alluvions fluvioglaciales d'épaisseur variable (métrique à pluri-métrique) reposant sur les formations molassiques.

Une coupe de principe est présentée Figure 1 :



Source du document : BRGM (Rapport RP-59220-FR)

Figure 1 – Coupe géologique de principe (perpendiculaire à l'axe de vallée)

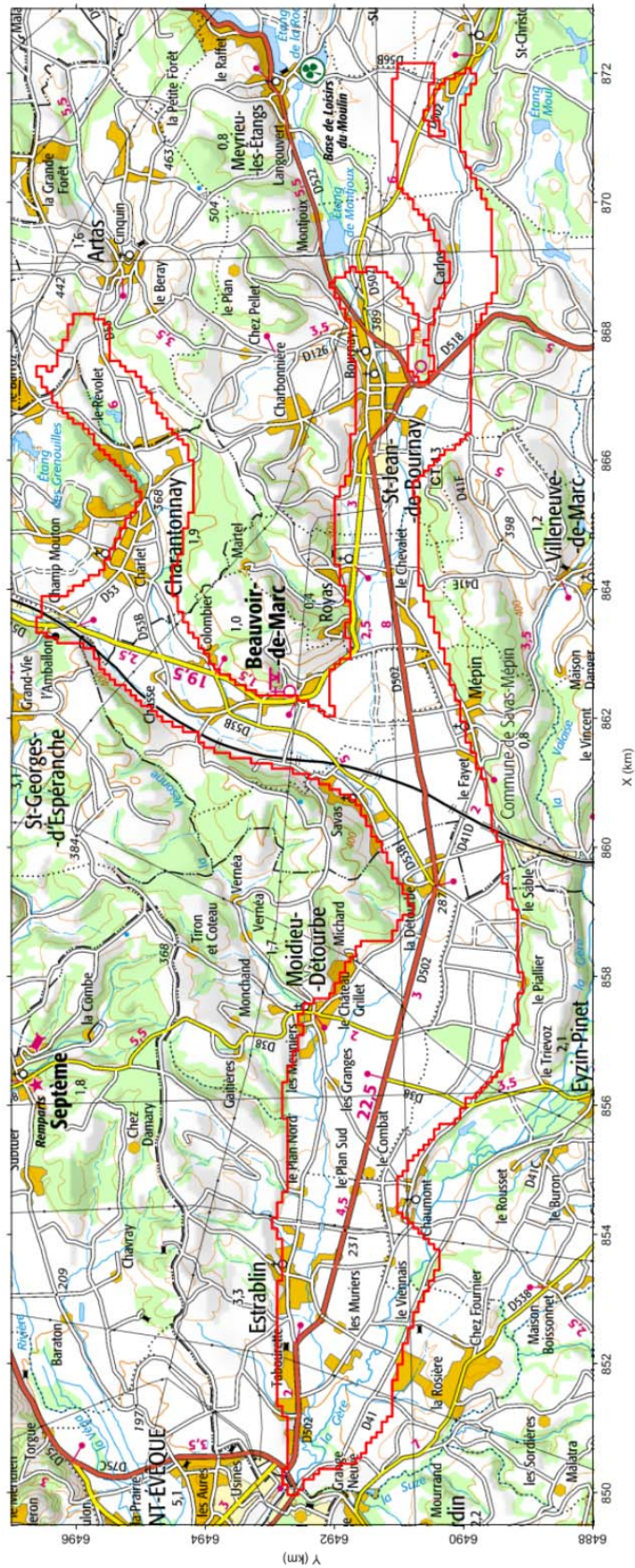


Figure 2 – Carte de localisation du projet (fond IGN au 100 000ème, coord. en Lambert 93)

4 Modélisation hydrogéologique

4.1 Démarche

La modélisation s'est organisée selon 4 étapes successives dont les objectifs et le contenu sont précisés ci-après.

1. Collecte et analyse des données

Le but de cette première étape est de réunir et valider l'ensemble des données et informations utiles à la conception et à la construction du modèle. Le tableau ci-après précise les thèmes qui ont été abordés pour les besoins de l'étude de la modélisation et de l'étude de manière plus générale.

Tableau 1 – Inventaire thématique des données requises pour les besoins de l'étude

Thème	Description des données	Objectif
Géologie	Coupes de forages, cartes géologiques...	Reconstituer la géométrie 3D du système aquifère
Topographie	Carte IGN, MNT,...	Définir précisément le toit du système aquifère
Paramètres hydrodynamiques	Résultats d'essais de nappe, de modélisation...	Définir les gammes de perméabilité des alluvions et des niveaux de molasse pris en compte par le modèle
Piézométrie	Inventaire des puits et piézomètres existants, mesure disponibles + coupes géologiques et techniques	Disposer de valeurs de référence pour le choix des conditions aux limites et le calage du modèle en régime permanent
Prélèvements / injection	Localisation, usage et estimation des débits prélevés et/ou restitués à la nappe.	Prise en compte des prélèvements/rejets ayant une influence potentielle ou avérée sur la dynamique de la nappe
Recharge	Précipitations et évapotranspirations potentielles	Estimer la pluie efficace participant à la réalimentation du système sur les espaces non urbanisés
Hydrologie	Niveau des cours d'eau	Représenter les cours d'eau et définir les conditions aux limites à charge imposée.

Outre les éléments transmis par Archambault Conseil à l'issue de la phase 1 de l'étude, ces informations ont été recherchées auprès des différents acteurs publics et privés opérant à l'échelle du secteur d'étude.

Notons que pour être exploitables au niveau du modèle, ces données doivent être nécessairement disponibles sous forme numérique (ou numérisable) et dans un référentiel planimétrique et altimétrique commun.

2. Conception et construction du modèle

Le but de cette étape est de définir le mode de représentation le mieux adapté pour traiter le problème en fonction des spécificités du système (structure hydrogéologique essentiellement) et des objectifs visés. Son but est d'aboutir à la définition du système en termes :

- d'extension : en recherchant des limites géologiques ou hydrogéologiques stables et acceptables du point de vue de la taille du modèle ;
- de conditions aux limites (charge ou flux imposé) et internes (recharge, prélèvements...) ;
- de structure géologique et hydrogéologique : toit et mur des formations composant le système ;

- de caractéristiques hydrodynamiques des formations ;
- de fonctionnement hydrodynamique, notamment pour ce qui est des relations nappe-cours d'eau ;

La construction du modèle numérique consiste ensuite à discrétiser le domaine ainsi défini puis à introduire les paramètres hydrodynamiques et conditions aux limites retenus.

3. Calage du modèle

Son objectif est de disposer d'un modèle représentatif du champ d'écoulement réel de la nappe, en direction et en vitesse. En pratique, il s'agit de reproduire « au mieux » une situation piézométrique observée et supposée représentative d'un état stabilisé (régime permanent). Pour cela, les perméabilités sont ajustées dans une gamme de variation compatible avec les données de terrain disponibles. C'est le résultat de ce calage qui fournit l'état de référence ou état initial (transmissivité et piézométrie associée).

4. Simulations

Une fois calé, le modèle est utilisé pour simuler différentes configurations d'exploitation de la nappe (simulation quantitative) ou des scénarios de transfert de polluant (simulation qualitative).

4.2 Outil de modélisation

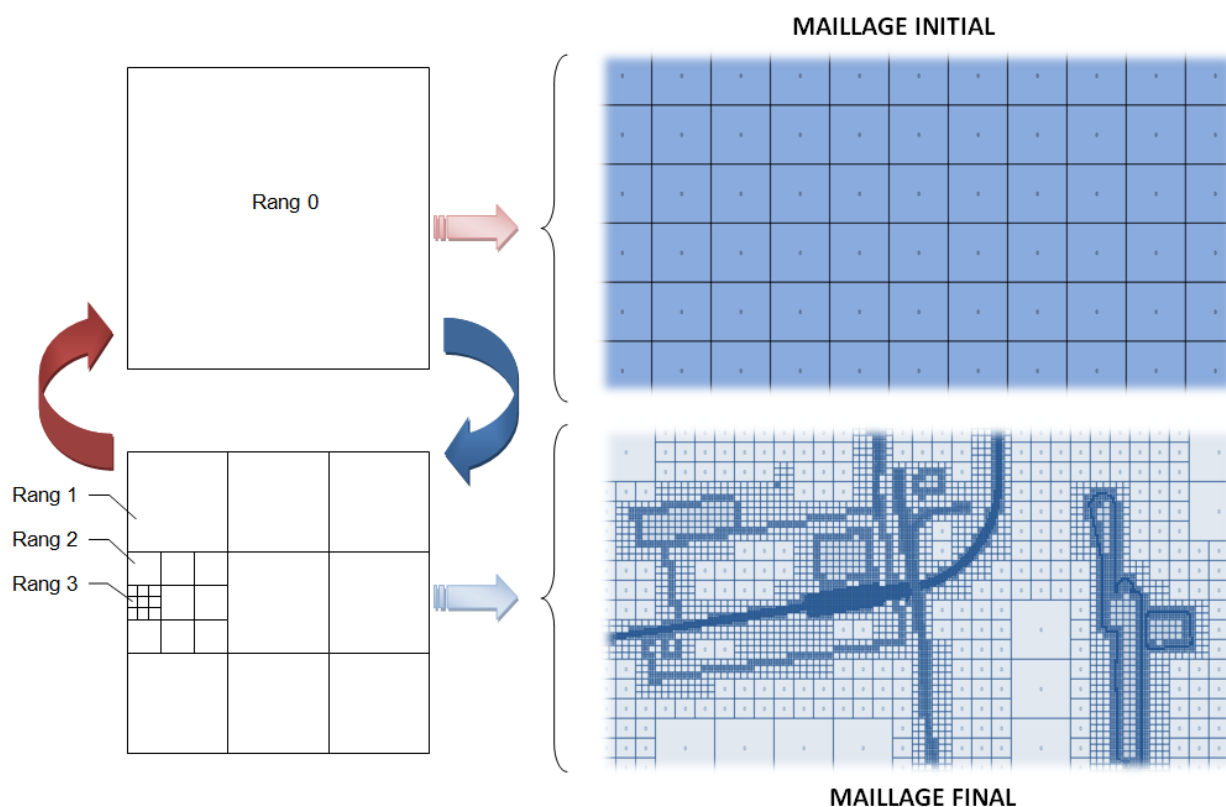
Le modèle numérique a été réalisé au moyen du logiciel TALISMAN.

TALISMAN est un code de calcul aux volumes finis conçu pour la modélisation des écoulements et du transport de substances dissoutes et de chaleur en milieu poreux. Il est développé par EGIS Géotechnique depuis plus de 15 ans avec l'appui du Laboratoire de Mathématiques de l'Université d'Orsay. Cette collaboration s'est traduite par le financement de nombreux travaux scientifiques, la réalisation de deux thèses successives et s'est récemment poursuivie, dans le cadre d'un post doctorat, par des travaux théoriques et l'intégration de résultats novateurs.

TALISMAN a notamment été utilisé pour la réalisation de modèles de gestion de nappe (nappe de Beauce, nappes profondes de l'Albien-Néocomien du bassin de Paris, nappe côtière de l'Astien, champs captant de la vallée de la Seine, ...) et de nombreuses études d'impact de projets d'aménagement (infrastructures enterrées, carrières,...).

Outre ses capacités numériques et ergonomiques, l'une de ses forces est de disposer d'une fonctionnalité de maillage originale permettant une représentation précise et rapide des différents composants d'un modèle.

Une maille ou un groupe de mailles primaires (de rang 0) peut être divisé de manière réversible en 9 sous-mailles régulières (rang 1), elles-mêmes encore divisibles jusqu'au rang 9. Ce principe, est associé à un gestionnaire d'objets permettant d'intégrer différents catégories d'éléments (surface, ligne, point) de manière automatisée. Un exemple de résultat produit est donné ci-après.



4.3 Extension et structure du modèle

Le domaine représenté est délimité :

- Par la limite d’affleurement des alluvions dans les vallées alluviales,
- Par une limite arbitraire à l’ouest correspondant à la remontée du substratum hydrogéologique et incluant le captage de Gémens qui constitue la principale ressource en eau potable de la ville de Vienne,
- Par une limite arbitraire à l’Est : généralement, il s’agit des limites d’extension des vallées alluviales ; toutefois, au niveau de Meyrieu-les-Etangs, le modèle est limité à l’étang de Montjoux compte tenu du manque d’information (pas de piézométrie) et du fonctionnement hydrogéologique particulier avec les divers étangs ; de même, la vallée de la Gère n’est pas intégrée dans sa partie amont du fait du manque d’information sur la piézométrie de ce secteur.

Le domaine ainsi défini couvre une superficie d’environ 50 km² et s’étend sur une longueur maximale de 16 km d’Est en Ouest et une largeur, propre à chaque vallée alluviale, variant de 1 à 3 km du Nord au Sud.

Verticalement, le modèle est décomposé en 2 couches représentant :

- l’ensemble des dépôts alluvionnaires modernes en couche 1 (couche supérieure),
- la frange supérieure de molasse sur une épaisseur de 2 m, en couche 2.

Le modèle est discrétisé selon une grille principale de mailles carrées de 81 m de côté. Il comprend dans sa configuration finale un total de 15 184 mailles.

Les limites et le maillage du modèle sont présentés Figure 3.

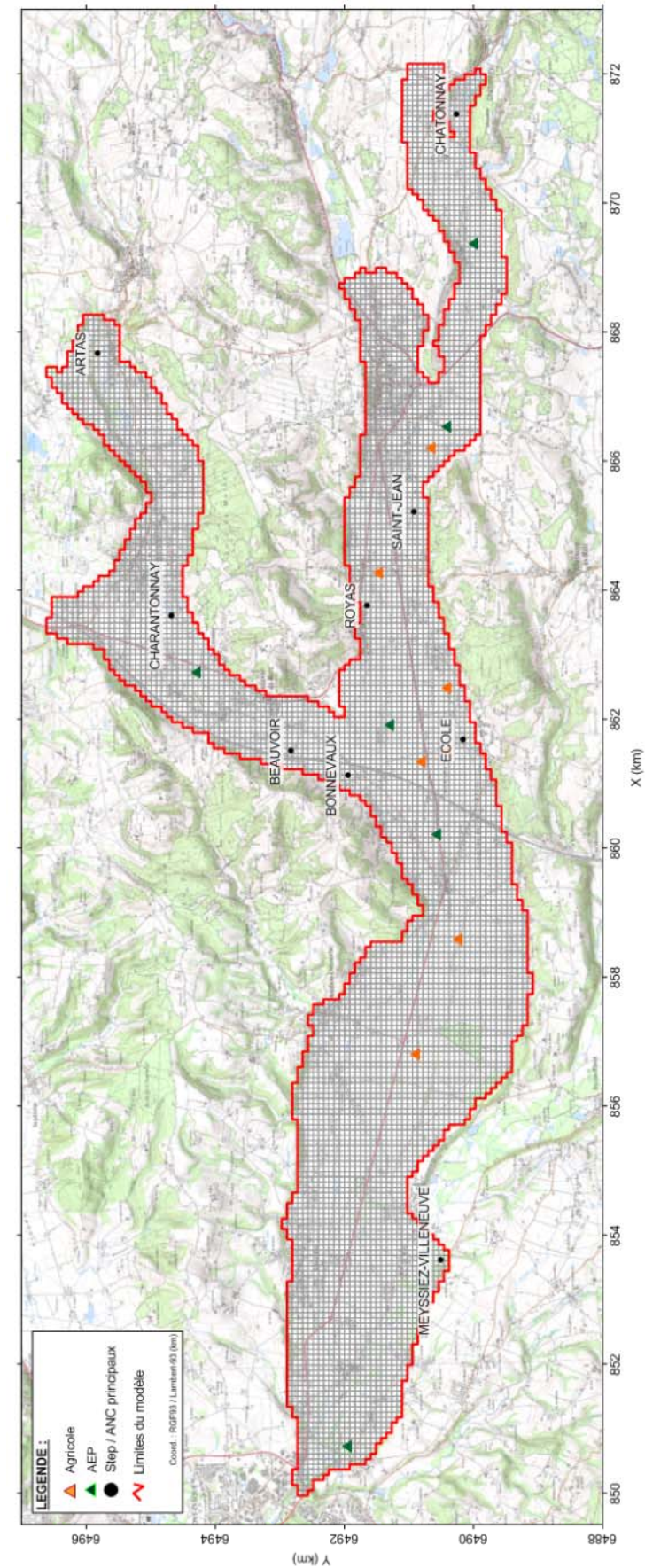


Figure 3 – Extension et maillage du modèle

4.4 Recueil et prétraitement des données

Les données collectées et exploitées se structurent autour de thématiques et d'objectifs distincts et complémentaires. Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement ces données en précisant leur nature, leur utilisation et leur origine. Certaines font l'objet d'un traitement dont seuls les résultats sont effectivement pertinents pour la modélisation.

4.4.1 Géologie

Les données géologiques sont utilisées pour définir la géométrie des structures à modéliser en respectant l'organisation litho-stratigraphique d'ensemble à l'échelle du projet. Le traitement consiste à produire des grilles homogènes à partir de données hétérogènes par une méthode d'interpolation dont les résultats sont ensuite vérifiés et au besoin corrigés pour en garantir la cohérence. Ces grilles de données interpolées sont calculées selon un maillage conforme au maillage de base du modèle et définissent les côtes du toit et du mur de chaque formation à représenter.

4.4.1.1 Données utilisées

Les données utilisées se répartissent en deux catégories :

- Les données ponctuelles (colonnes litho stratigraphiques ou logs) ; Leur répartition spatiale est matérialisée sur la Figure 4 ;
- Les cartes géologiques et le modèle numérique de terrain (MNT).

Pour les données ponctuelles, les logs proviennent des sondages géoréférencés issus de la Banque de données du Sous-Sol (portail BRGM/ Infoterre, coupes validées). L'ensemble des points sélectionnés représente un total de 73 coupes géologiques dont seulement 35 disposent de données sur les alluvions et la molasse.

Pour les cartes géologiques, le domaine modélisé se répartit principalement sur les feuilles au 50 000ème de Vienne et La Cote-St-André.

Le MNT utilisé est celui de la région au pas de 75 m (BD ALTI®, IGN).

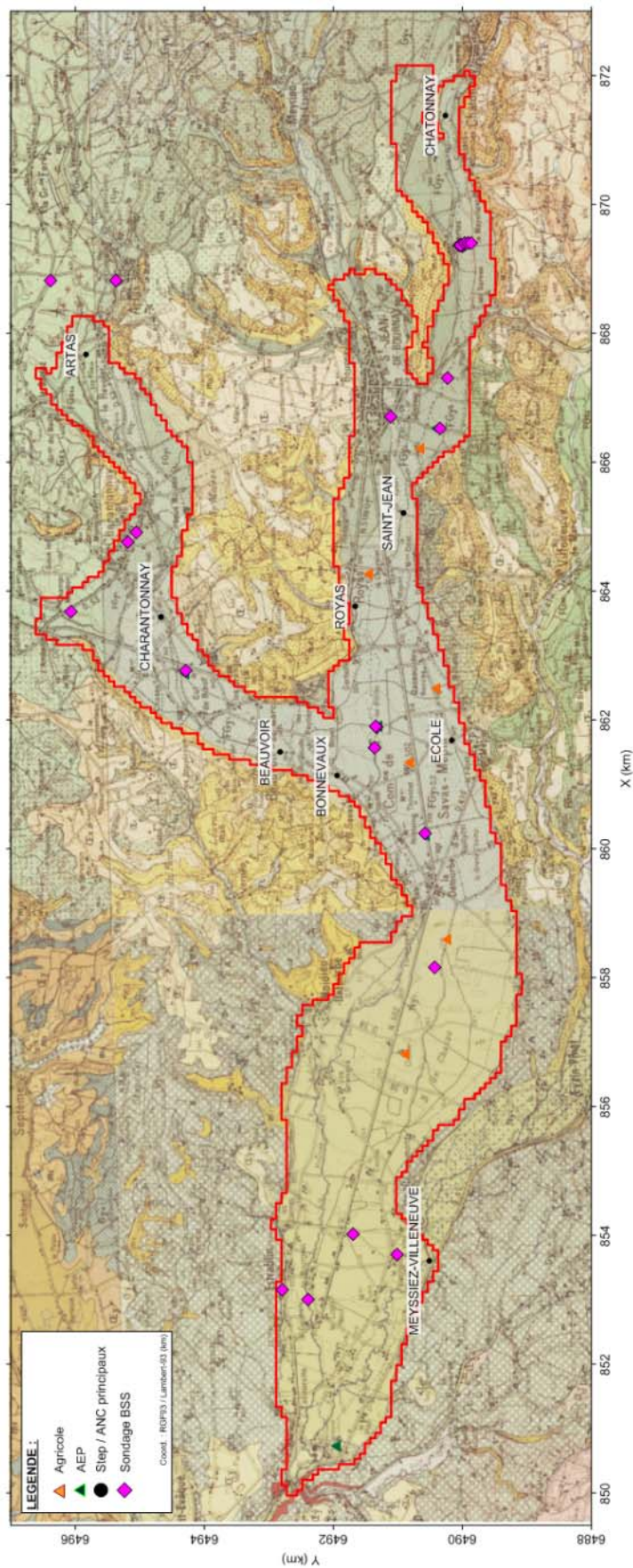


Figure 4 - Localisation des sondages géologiques utilisés

4.4.1.2 Spatialisation des données

Ce traitement consiste à mettre en relation toutes les données (ponctuelles et de surface) pour créer des grilles 3D (X, Y, Z) représentant les cotes des toits (et du mur) des formations géologiques à représenter.

Il se divise en deux étapes. La première consiste à calculer les « surfaces initiales » à partir des données ponctuelles (logs). Le calcul est réalisé par des méthodes d'interpolation géostatistiques. Les mailles de calcul sont des carrés de 81 m de côté. La seconde partie consiste à délimiter et assembler les couches initiales selon un principe de superposition. Une couche ne peut exister que si la cote de son toit est supérieure aux cotes des formations sous-jacentes.

Il est important de noter que la représentativité de la géologie interpolée dépend de la densité et de la répartition des logs disponibles. La densité de points étant très faible (un forage pour 1.5 km²) sur la zone d'étude, il a été nécessaire de créer des points additionnels venant contraindre la couche ciblée selon des informations qualitatives.

4.4.2 Topographie

La topographie est une donnée de première importance dans la mesure où elle définit le toit du système à modéliser et participe au conditionnement des écoulements souterrains. Elle fixe aussi la profondeur des niveaux de nappe par rapport au sol. Les données utilisées ici sont issues d'un MNT de l'IGN au pas de 75 m (BD ALTI®, IGN) couvrant une zone allant bien au-delà des périmètres du modèle. Le fichier a d'abord fait l'objet d'un traitement pour extraire les données utiles, lesquelles ont été ensuite interpolées sur une grille conforme au maillage de base du modèle.

4.4.3 Hydrographie

Le tracé des principaux cours d'eau et canaux est issu des cartes au 1/25 000^e de l'IGN. L'infiltration des cours d'eau vers la nappe a été mise en évidence dans les études précédentes (voir [1]). Les débits d'infiltration sont repris Figure 5.

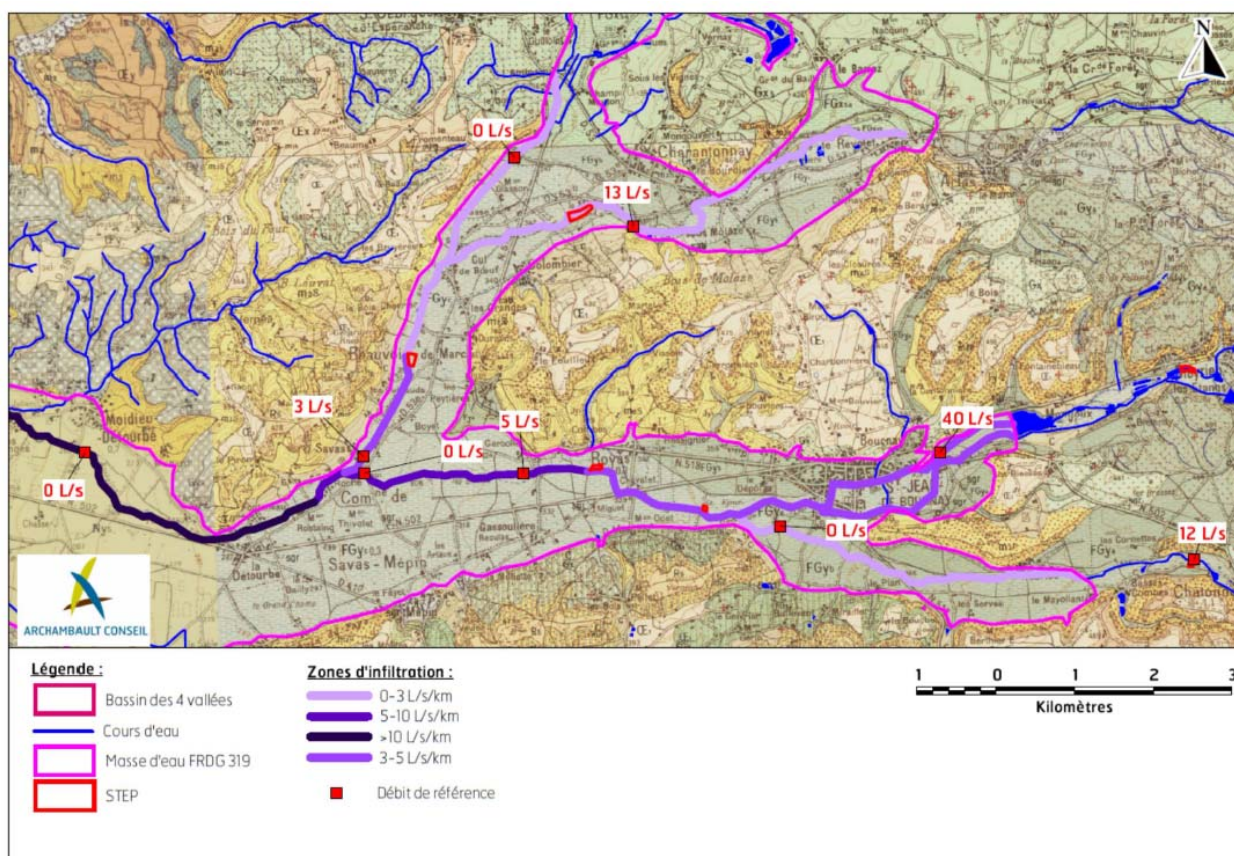


Figure 5 – Synthèse de l'infiltration sur l'Amballon et ses affluents (rapport phase 1, [1])

4.4.4 Piézométrie

La piézométrie est une donnée essentielle à l'élaboration du modèle. Elle est utilisée à plusieurs fins et à plusieurs stades :

- Pour la définition des modèles conceptuels, notamment pour identifier les nappes en présence lorsqu'elles se distinguent par des différences de charge significatives et caractériser leur comportement ;
- Pour le choix des conditions aux limites du modèle;
- Pour la définition des valeurs de référence pour le calage du modèle.

Les données disponibles sont les suivantes :

- Valeurs ponctuelles sur le réseau piézométrique du projet ;
- Suivi annuel sur le réseau piézométrique du projet et sur le réseau piézométrique ADES;
- Cartes piézométriques de références (campagne piézométrique de septembre 2015 et décembre 2015 pour les $\frac{3}{4}$ du modèle, isopièzes du BRGM de 2012 pour l'aval du modèle).

La localisation des piézomètres est précisée sur la Figure 6.

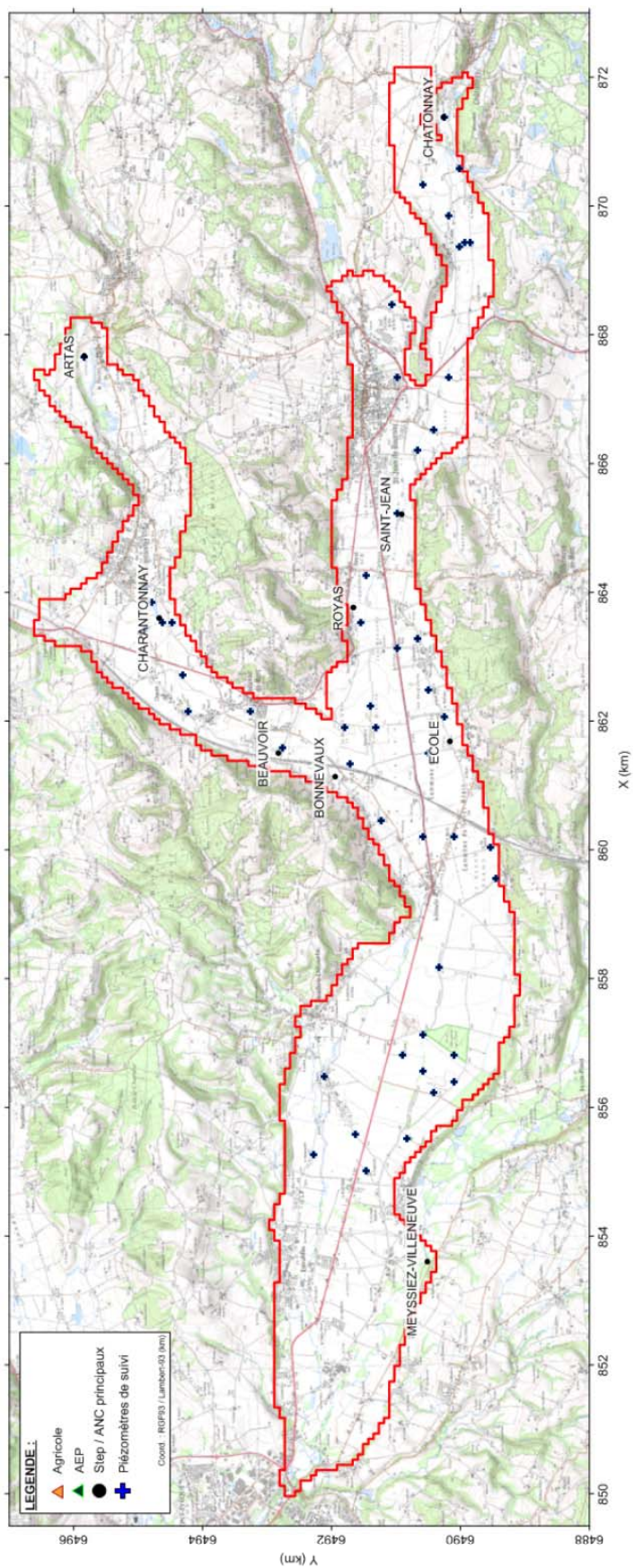


Figure 6 - Localisation des points de suivi piézométrique utilisés

4.4.5 Perméabilités

Le modèle de perméabilité est basé sur les caractéristiques hydrodynamiques des différentes formations géologiques présentes sur le secteur modélisé, à savoir :

- Les alluvions fluvio-glaciaires : leur perméabilité varie entre 1.10^{-3} m/s (si elles sont argileuses) et 9.10^{-3} m/s (si elles sont graveleuses) avec une moyenne de l'ordre de 3.10^{-3} m/s ;
- La molasse : sa perméabilité est hétérogène mais elle est estimée de l'ordre de 1.10^{-4} à 1.10^{-5} m/s.

4.4.6 Prélèvements / rejets en nappe

Les prélèvements et les rejets sont à prendre en compte à double titre :

- ils influencent la piézométrie naturelle des nappes et donc possiblement les mesures faites sur certains points de suivi piézométrique. L'amplitude et la portée des effets dépendent de l'intensité des débits exploités et des propriétés hydrauliques des aquifères directement ou indirectement sollicités,
- ils constituent des cibles potentielles (enjeux) vis-à-vis des rejets émis par les stations d'épuration (step).

La liste des prélèvements / rejets est présentée dans le Tableau 2. Dans le modèle, les prélèvements (AEP et agricole) constituent des sorties d'eau, ils sont donc exprimés négativement. En revanche les rejets (step et anc) sont des entrées d'eau, ils sont donc exprimés positivement.

NB : le champ captant des Bielles capte les alluvions et la molasse ; le débit de prélèvement retenu dans le modèle correspond à la part pompée dans les alluvions, qui est supposée, par hypothèse, égale à 50 % du débit total prélevé.

Tableau 2 - Répartition des prélèvements (signe négatif) et rejets (signe positif) par usage – situation actuelle

	Nom	m ³ /an	m ³ /h
Agricole	MOIDIEU-DETOURBE - CHASSE	-38 380	-27*
	MOIDIEU-DETOURBE - CHARAVETIERE	-38 653	-27*
	MOIDIEU-DETOURBE - LA DETOURBE	--	--
	SAVAS-MEPIN - GRAND CHAMP	--	--
	SAVAS-MEPIN - LA PELISSONIERE	-17 570	-12*
	SAVAS-MEPIN - GRANDE DE SEIGLIERE	-44 280	-31*
	BEAUVOIR-DE-MARC - LES SEIGLIERES	-47 000	-33*
	ROYAS - LE CHEVALLET	-176 120	-122*
	ST-JEAN-DE-BOURNAY - LES EPARELLIERES	-57 800	-40*
	TOTAL	-419 803	- 292
AEP	CARLOZ 2	--	--
	CARLOZ 1	-425 000	-48
	CARLOZ 3	--	--
	LA DETOURBE	-800 000	-91
	CUL DE BŒUF	-300 000	-34
	SIRAN	-260 000	-30
	BIELLES 0	--	--
	BIELLES 1	-195 000	-22
	BIELLES 2	--	--
	GEMENS	-4 200 000	-479
	TOTAL	-6 180 000	-705*
Step / anc	ARTAS	+19 358	+2
	BEAUVOIR [#]	+53 874	+6
	CHARANTONNAY	+81 086	+9
	CHATONNAY [#]	+140 256	+16
	MEYSSIEZ - VILLNEUVE [#]	+87 660	+10
	ROYAS [#]	+11 505	+1
	SAINT JEAN [#]	+468 616	+53
	ANC « BONNEVAUX [#] »	+5 479	+1
	ANC « ECOLE »	+1 644	+0
	ANC « HABITATIONS »	+110	+0
	TOTAL	+869 587	+99

* Les prélèvements agricoles s'effectuant sur une période réduite de l'année (environ 4 mois), le débit annuel a été rapporté à une utilisation de 12h par jour pendant 4 mois pour avoir un débit horaire.

[#] Step dont le rejet s'effectue en rivière ; Un débit résiduel s'infiltrant directement dans la nappe est considéré au droit de toutes les step.

Les prélèvements AEP représentent 95% des eaux pompées avec un débit total de 6 180 000 m³/an dont 4 200 000 m³/an (70%) proviennent du captage de Gémens.

4.4.7 Recharge pluviométrique

La recharge par les précipitations est prise en compte dans le modèle par un apport sur la couche supérieure. Cet apport a été calculé à partir des précipitations et des évapotranspirations potentielles sur les 2 stations MétéoFrance les plus proches disposant de ces données, à savoir Bourgoin-Jallieu au Nord-Est et Reventin-Vaugris, au Sud-Ouest, sur une année hydrologique intégrant la période de réalisation des cartes piézométriques, à savoir du 1^{er} septembre 2014 au 31 août 2015.

Cette analyse, réalisée selon la méthode de Thornthwaite, conclut à une recharge efficace de 320 mm/an sur la station de Bourgoin-Jallieu et de 400 mm/an sur la station de Reventin-Vaugris.

Les graphiques présentés Figure 7 mettent en évidence que la recharge s'opère principalement sinon exclusivement entre les mois de novembre et mars, lorsque l'évapotranspiration est minimale.

Au mois de septembre (date de réalisation de la carte piézométrique de référence pour le modèle), la recharge est nulle.

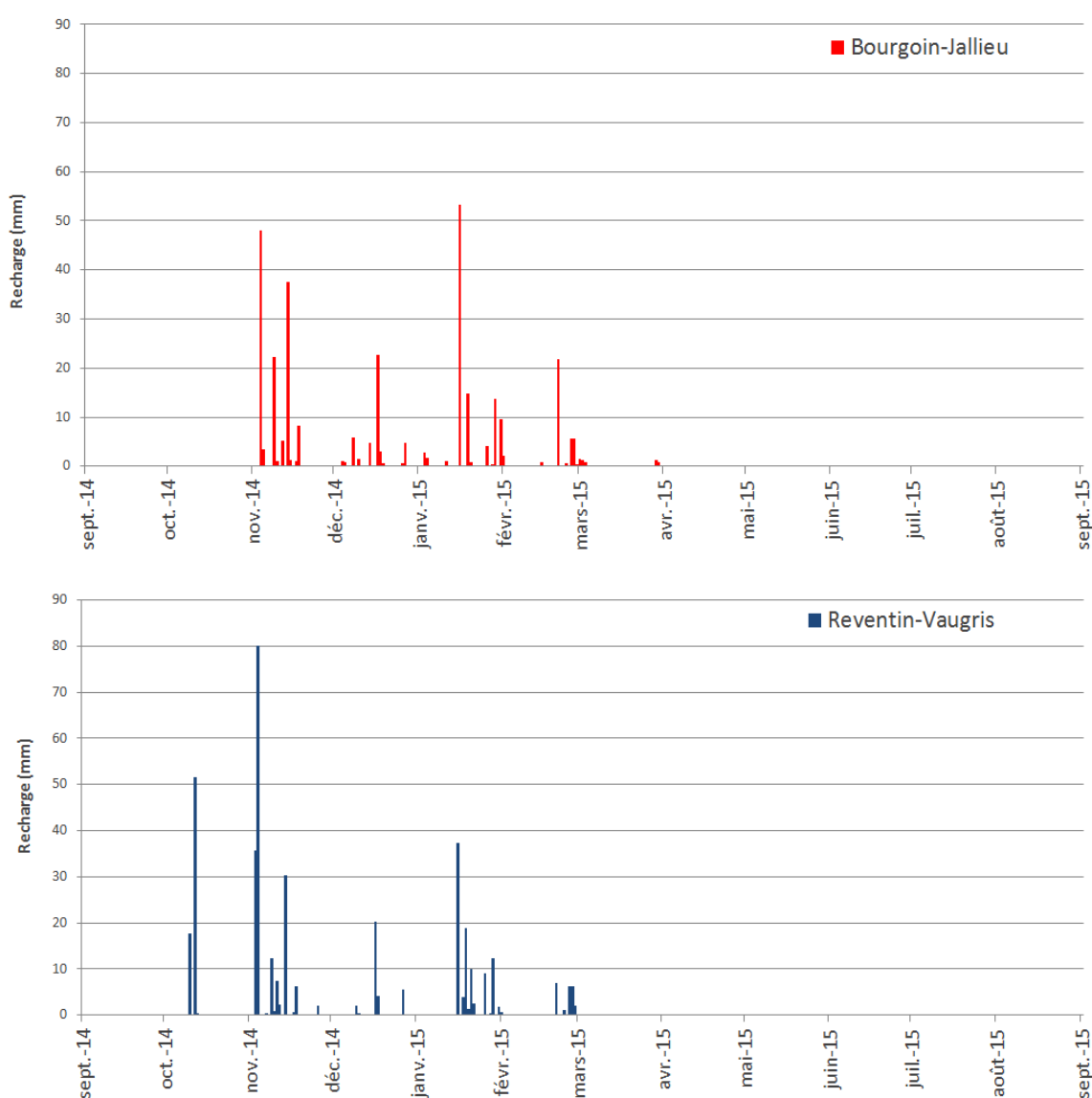


Figure 7 - Distribution de la recharge brute journalière calculée sur les 2 stations de septembre 2014 à août 2015

4.4.8 Conditions aux limites

Les limites du modèle ont été définies dans le paragraphe 4.3 ci-dessus en page 12. Ces limites sont représentées par des conditions hydrogéologiques établies à partir de l'étude du fonctionnement de la nappe. Elles sont définies comme suit :

- Les apports par les bordures en provenance des formations voisines (coteaux des vallées), ou en provenance de la molasse (qui présente une extension beaucoup plus importante que la vallée alluviale modélisée) sont représentés par des conditions de recharge.
- La remontée du niveau piézométrique observée à l'extrême ouest du modèle (due à la remonté du socle cristallin supposé imperméable) est représenté par des mailles à débordement.
- En interne, l'infiltration des cours d'eau a été représentée par des mailles de recharge : en effet, les cours d'eau alimentent la nappe qui se situe entre 5 et 15 mètres sous les rivières.
- Les pompages et rejets ont été intégrés via des conditions de puits.

5 Calage du modèle

5.1 Piézométrie de référence

La piézométrie de référence utilisée pour le calage du modèle est celle mesurée en septembre 2015 lors de la phase 1 de l'étude. Cette carte piézométrique a été établie sur la base des 62 mesures de niveau de la nappe réalisées par Archambault Conseil.

Comme le montre la Figure 6, le secteur aval n'est pas reconnu en l'absence de piézomètres de suivi. Cette carte de référence a donc été complétée dans sa partie aval par la carte piézométrique de 1971 du BRGM.

Les piézomètres retenus pour le calage sont présentés dans le Tableau 3, avec les valeurs de référence au droit de chaque ouvrage.

Tableau 3 – Piézométrie de référence pour le calage

Dénomination	X (km)*	Y (km)*	Z sol (m NGF)	Pz obs. (m NGF)
21	867.669	6495.825	388.85	380.79
7	863.392	6494.930	348.68	332.07
7BIS	863.411	6494.865	347.93	332.10
PZ.CHAR.01	863.858	6494.796	349.58	336.87
PZ.CHAR.03	863.532	6494.646	345.80	332.87
PZ.CHAR.02	863.498	6494.495	348.86	333.96
CUL DE BŒUF	862.749	6494.342	339.70	317.41
5	862.153	6494.209	330.03	309.22
4	862.171	6493.251	329.89	309.86
PZ.BEAU.02	861.545	6492.746	315.88	299.48
10	855.227	6492.261	238.93	230.75
12	856.486	6492.107	252.82	243.32
41	861.935	6491.756	315.84	295.08
39	861.330	6491.711	307.11	289.68
11	855.603	6491.662	244.94	232.61
PZ.ROYA.01	863.561	6491.577	333.77	322.83
9	854.991	6491.469	241.42	228.06
19	864.250	6491.459	339.06	324.12
PZ.BEAU.03	862.273	6491.365	317.80	297.46
BIELLES 1	861.884	6491.314	313.20	291.58
37	860.481	6491.248	297.67	280.82
42	868.463	6491.047	397.92	380.69
22BIS	863.161	6490.953	332.19	307.66
PZ.BOUR.02	865.240	6490.999	351.47	340.93
43	867.362	6491.022	373.86	363.65
13	856.838	6490.891	263.69	247.99
2	855.535	6490.794	249.04	234.83
23	863.262	6490.630	331.92	309.35
26	866.162	6490.680	361.36	352.46
18	856.533	6490.589	259.77	248.54
16BIS	857.141	6490.553	266.97	252.01
LA DETOURBE	860.240	6490.586	295.00	277.47
33	861.512	6490.475	310.22	287.61
35	862.464	6490.498	321.43	300.34
17	856.205	6490.417	257.51	247.93
SIRAN	866.524	6490.384	369.17	357.14
14	858.211	6490.375	277.55	258.25
34	862.088	6490.292	315.60	298.12
PZ.CHAT.03	871.366	6490.249	440.44	437.90
27	867.300	6490.155	380.54	366.79
25	869.808	6490.162	418.67	397.56
15	856.364	6490.109	259.30	250.50
16	856.795	6490.085	263.71	253.59
31	860.208	6490.118	293.92	275.23
PZ2 - CARLOZ	869.388	6490.052	410.14	391.28
PZ.CHAT.02	870.582	6490.009	430.18	419.81
PZ3 - CARLOZ	869.411	6489.914	412.88	390.32
PZ4 - CARLOZ	869.420	6489.864	413.85	390.29
29	860.054	6489.544	291.67	274.58
28	859.555	6489.451	285.56	271.91

* Toutes les coordonnées sont exprimées dans le système de coordonnées Lambert93 (Lamb.93)

5.2 Résultats du calage

Le calage s'est révélé délicat en raison du peu de données disponibles en comparaison de la superficie du site d'étude et de la complexité géologique et hydrogéologique du secteur. A titre illustratif, 50 points de mesure ont été utilisés pour le calage du modèle qui représente une surface d'environ 50 km², soit en moyenne un point de calage par une surface de 1 km².

Le calage conduit à l'ajustement du modèle de perméabilité initial selon les gammes de valeurs allant de 1.10⁻² m/s à 1.10⁻⁴ m/s dans les alluvions et de 1.10⁻³ m/s à 1.10⁻⁴ m/s dans la molasse sous-jacente.

Les résultats du calage sont présentés sous forme de :

- tableau comparatif entre valeurs observées et calculées sur les points de référence (Tableau 4),
- diagramme de validation (Figure 8 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- carte piézométrique simulée (Figure 9).

La comparaison entre les mesures et la piézométrie simulée est réalisée au droit des 50 piézomètres. Sur les 62 points initiaux, 8 ne sont pas pris en compte car ils ne disposent pas de valeurs ou sont secs, 2 sont hors modèle et 2 ont été écartés car leurs valeurs ne semblaient pas représentatives du comportement général de la nappe des alluvions.

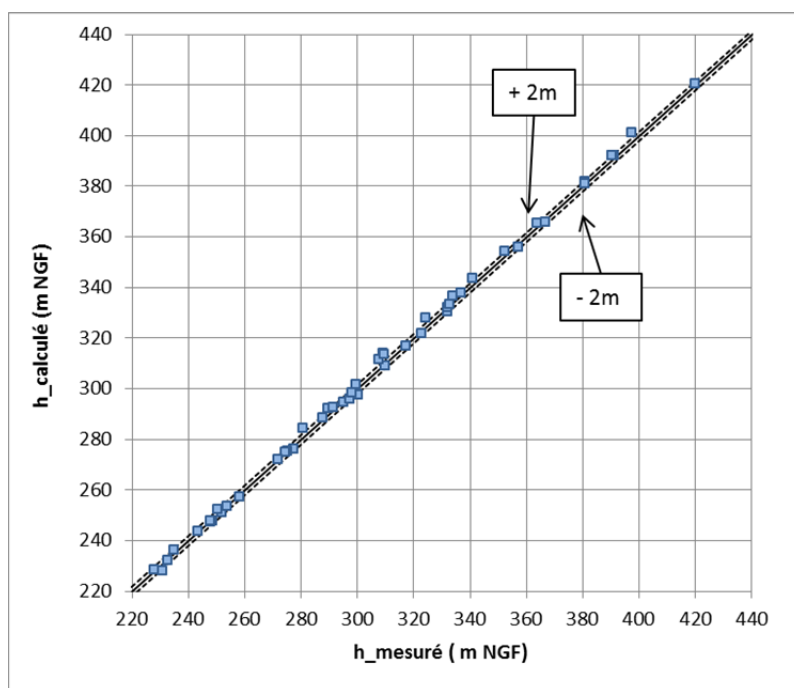


Figure 8 – Graphique de comparaison des piézométries observée et simulée pour l'état initial

Le diagramme de validation montre une corrélation moyenne entre les niveaux simulés et les observations : environ 75% des piézomètres de référence se situent dans l'intervalle ± 2 m. L'écart moyen est d'un peu moins de 1.5 m.

Au niveau des AEP, la corrélation entre la piézométrie calculée et observée est satisfaisante (décimétrique à métrique). A l'échelle du modèle, la piézométrie simulée reproduit correctement la structure générale des écoulements, aussi bien en direction qu'en gradient.

On peut donc considérer que le modèle obtenu au terme de cette phase de calage présente un niveau de représentativité et de précision tout à fait compatible avec son exploitation par simulation pour rendre compte des effets des rejets des stations d'épuration (step).

Tableau 4 - Ecart entre niveaux piézométriques observés et simulés sur les points de référence

Dénomination	X (km)*	Y (km)*	Pz obs. (m NGF)	Pz simu. (m NGF)	Ecart (m)
21	867.669	6495.825	380.79	382.03	1.2
7	863.392	6494.930	332.07	330.36	-1.7
7BIS	863.411	6494.865	332.10	331.93	-0.2
PZ.CHAR.01	863.858	6494.796	336.87	337.66	0.8
PZ.CHAR.03	863.532	6494.646	332.87	333.49	0.6
PZ.CHAR.02	863.498	6494.495	333.96	336.51	2.6
CUL DE BŒUF	862.749	6494.342	317.41	317.05	-0.4
5	862.153	6494.209	309.22	314.00	4.8
4	862.171	6493.251	309.86	308.97	-0.9
PZ.BEAU.02	861.545	6492.746	299.48	301.59	2.1
10	855.227	6492.261	230.75	228.08	-2.7
12	856.486	6492.107	243.32	243.75	0.4
41	861.935	6491.756	295.08	294.56	-0.5
39	861.330	6491.711	289.68	292.12	2.4
11	855.603	6491.662	232.61	232.03	-0.6
PZ.ROYA.01	863.561	6491.577	322.83	321.85	-1.0
9	854.991	6491.469	228.06	228.52	0.5
19	864.250	6491.459	324.12	328.16	4.0
PZ.BEAU.03	862.273	6491.365	297.46	295.89	-1.6
BIELLES 1	861.884	6491.314	291.58	292.69	1.1
37	860.481	6491.248	280.82	284.25	3.4
42	868.463	6491.047	380.69	380.87	0.2
22BIS	863.161	6490.953	307.66	311.71	4.1
PZ.BOUR.02	865.240	6490.999	340.93	343.67	2.7
43	867.362	6491.022	363.65	365.43	1.8
13	856.838	6490.891	247.99	247.32	-0.7
2	855.535	6490.794	234.83	236.09	1.3
23	863.262	6490.630	309.35	313.40	4.1
26	866.162	6490.680	352.46	354.28	1.8
18	856.533	6490.589	248.54	247.93	-0.6
16BIS	857.141	6490.553	252.01	251.16	-0.9
LA DETOURBE	860.240	6490.586	277.47	275.98	-1.5
33	861.512	6490.475	287.61	288.51	0.9
35	862.464	6490.498	300.34	297.35	-3.0
17	856.205	6490.417	247.93	247.63	-0.3
SIRAN	866.524	6490.384	357.14	355.76	-1.4
14	858.211	6490.375	258.25	257.36	-0.9
34	862.088	6490.292	298.12	298.48	0.4
PZ.CHAT.03	871.366	6490.249	437.90	440.55	2.7
27	867.300	6490.155	366.79	365.63	-1.2
25	869.808	6490.162	397.56	401.23	3.7
15	856.364	6490.109	250.50	252.43	1.9
16	856.795	6490.085	253.59	253.54	-0.1
31	860.208	6490.118	275.23	275.20	0.0
PZ2 - CARLOZ	869.388	6490.052	391.28	391.96	0.7
PZ.CHAT.02	870.582	6490.009	419.81	420.46	0.7
PZ3 - CARLOZ	869.411	6489.914	390.32	392.00	1.7
PZ4 - CARLOZ	869.420	6489.864	390.29	392.00	1.7
29	860.054	6489.544	274.58	274.93	0.4
28	859.555	6489.451	271.91	272.20	0.3

* Toutes les coordonnées sont exprimées dans le système de coordonnées Lambert93

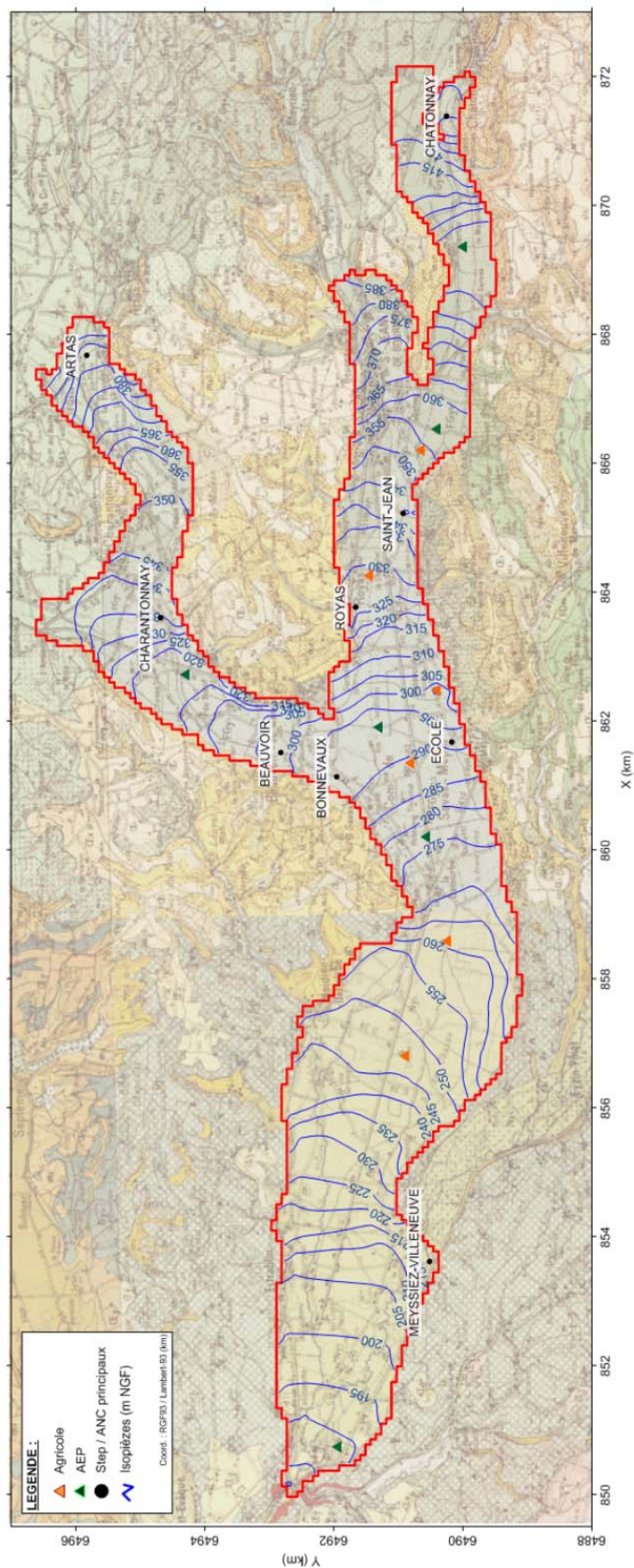


Figure 9 – Carte piézométrique simulée pour l'état initial (actuel)

5.3 Vitesses de Darcy

Les vitesses de Darcy (exprimées en m/s) représentent les vitesses d'écoulement de l'eau souterraine dans les formations aquifères (= alluvions fluvio-glaciaires). Ces vitesses donnent un bon aperçu du fonctionnement global du système aquifère et renseignent sur les vitesses moyennes du milieu. Elles sont fonction du gradient hydraulique et des perméabilités. Généralement exprimées en m/s, elles ont été adaptées à des échelles plus communes (cm/j) afin d'en faciliter la compréhension. Les vitesses de Darcy sont représentées dans la Figure 11. Les directions d'écoulement sont représentées par les flèches.

D'une manière générale, les écoulements les plus rapides (de l'ordre du mètre par jour) s'observent au centre des vallées et principalement en aval du modèle. Les écoulements les plus faibles (quelques centimètres par jour) se situent sur les bordures.

Le diagramme de fréquence présenté en Figure 10 permet de classer les vitesses d'écoulement en fonction de leurs valeurs. Il en ressort que les vitesses sont principalement de l'ordre du centimètre par jour (50% des valeurs). Seules 20% des vitesses sont supérieures à 1 m/j (classe [100 ;500]).

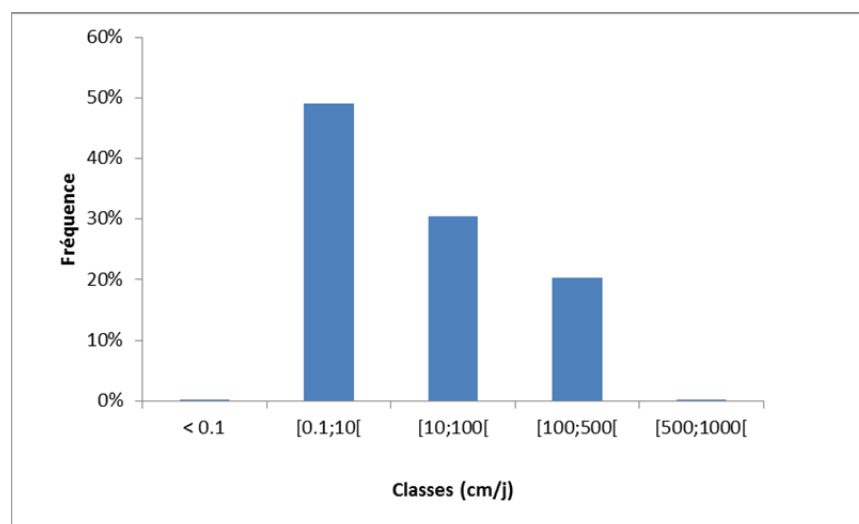


Figure 10 – Histogramme de répartition des vitesses de Darcy exprimées en cm/j

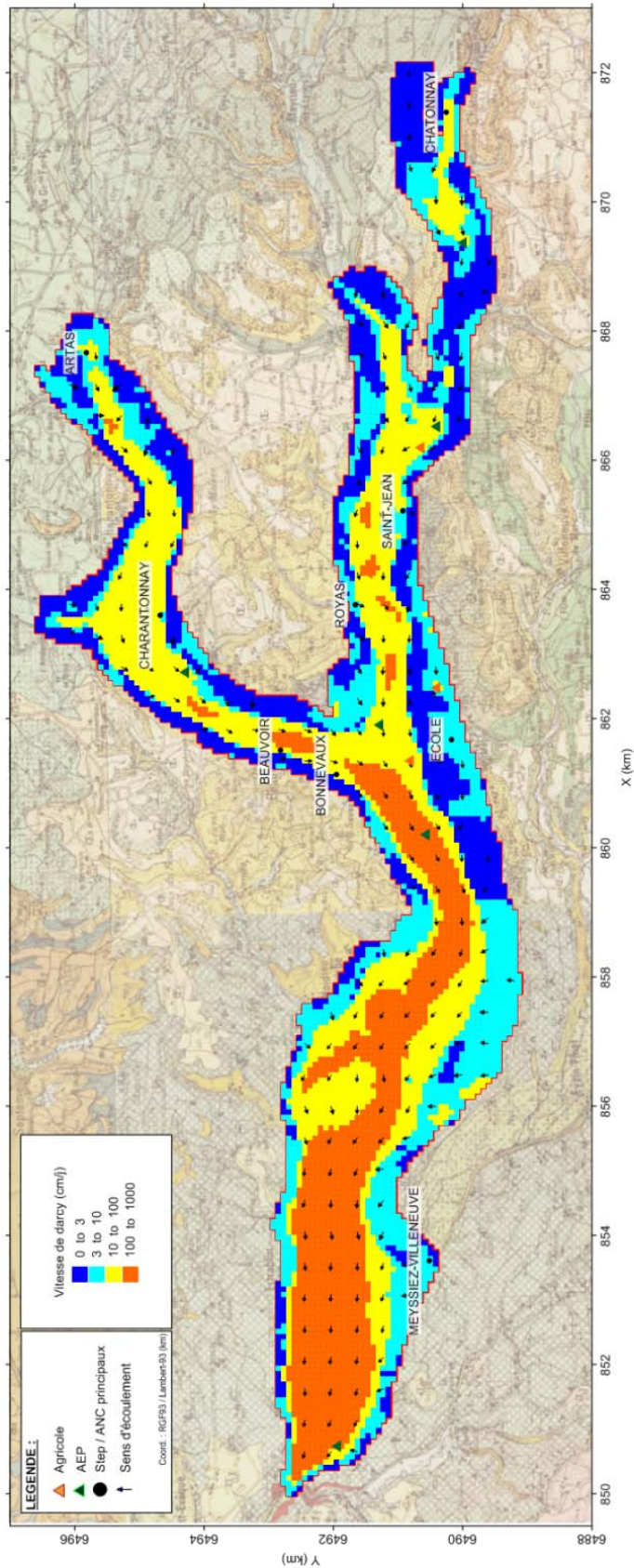


Figure 11 – Représentation du champ des vitesses de Darcy (état actuel « 2015 »)

6 Simulations

6.1 Principe et hypothèses de simulation

Le but des simulations est d'apprécier le transport des substances rejetées par les ouvrages d'assainissement dans la nappe des alluvions. L'objectif est donc d'évaluer l'étendue des panaches de concentration selon différents scénarios (un scénario étant défini par le nombre et la localisation des points de rejets, le type de rejet, la charge et le volume journalier). Quatre simulations sont prévues dans le cadre du marché.

Les 2 premières correspondent aux 2 états suivants :

- 1) Etat actuel « 2015 »
- 2) Etat futur « 2030 »

Les 2 autres simulations seront définies puis réalisées après analyse des résultats sur les 2 premières et concertation avec les différents partis impliqués dans la gestion de l'assainissement à l'échelle de la Communauté de communes.

Les simulations sont effectuées à partir des valeurs mesurées d'azote total. Dans la modèle, l'azote est considéré conservatif, c'est-à-dire qu'il ne réagit pas avec l'environnement (ni réaction chimique – passage nitrates-nitrites, ni sorption sur le sol). Cette hypothèse tend donc à majorer les concentrations simulées donnant ainsi une vision sécuritaire du transport de masse.

Dans le modèle, les step sont représentées par des conditions de puits auxquelles sont affectées des valeurs de concentrations (exprimées en mg/L). Pour les ouvrages d'assainissement dont le rejet s'effectue en rivière, la concentration initiale se trouve « diluée » puis entraînée par l'eau du cours d'eau. Ce double phénomène est pris en compte dans le modèle :

- La dilution est calculée à partir du débit du cours d'eau selon l'état de référence des débits d'étiage de 1993 en considérant une variation linéaire du débit entre deux valeurs ponctuelles.
- La concentration ainsi calculée est affectée aux mailles représentant l'infiltration des cours d'eau depuis le point de rejet de la step jusqu'au point situé à l'aval sur la rivière où le débit est nul.

Les tableaux suivants présentent les concentrations et débits de rejets des step en situation actuelle (Tableau 5) et future (Tableau 6).

A noter que les rejets des step de Meyssiez et Villeneuve s'effectuent en rivière en dehors du modèle. Leur prise en compte se fait donc par un report des concentrations diluées en limite de modèle. L'assèchement du cours d'eau considéré (la Gère) étant total avant le début du modèle, la concentration est considérée comme nulle.

Tableau 5 – Etat actuel « 2015 » – Concentration et type de rejet des ouvrages d’assainissement

	Volume m³/j	Charge kg/j	Rejet -	Conc. mg/L
Artas	53	2	Infiltration	37.7
Beauvoir	147.5	7.8	Rivière	52.9
Charantonnay	222	6.8	Infiltration	30.6
Chatonnay	384	8.1	Rivière	21.1
Meyssez - Villeneuve	240	4.5	Rivière	18.8
Royas	31.5	0.9	Rivière	28.6
Saint Jean	1283	15.6	Rivière	12.2
ANC « BONNEVAUX »	15	1	Rivière	66.7
ANC « ECOLE »	4.5	0.4	Infiltration	88.9
ANC « HABITATIONS »	0.3	0.03	Infiltration	100.0

Tableau 6 – Etat futur « 2030 » – Concentration et type de rejet

	Volume m³/j	Charge kg/j	Rejet	Conc. mg/L
Artas	165	5	Infiltration	30.3
Beauvoir	160	4.1	Infiltration	25.6
Charantonnay	283.5	5	Infiltration	17.6
Chatonnay	390	9.9	Rivière	25.4
Meyssez - Villeneuve	240	6.6	Rivière	27.5
Royas	41	1.1	Infiltration	26.8
Saint Jean	2310	24.6	Infiltration	10.6
ANC « BONNEVAUX »	15	0.36	Rivière	24.0
ANC « ECOLE »	4.5	0.45	Infiltration	100.0
ANC « HABITATIONS »	0.39	0.039	Infiltration	100.0

D’une manière générale, les assainissements non collectifs (ANC) présentent des concentrations d’azote total plus importantes que celles observées au droit des step. Cela est particulièrement notable pour l’ANC dit de « l’école » et pour les ANC des « habitations ».

Les résultats sont présentés sous deux formes :

- historique des concentrations sur les points d’observation retenus (captages AEP et agricoles) : cela permet de voir l’évolution temporelle des concentrations ;
- carte d’iso-valeurs après 50 ans d’exploitation : cela permet de visualiser l’extension de la zone d’impact en plan.

De plus, pour chaque captage AEP, les historiques de concentrations sont adaptés afin d’évaluer l’impact de chaque ouvrage d’assainissement sur le captage.

6.2 Simulation 1 – Etat actuel (2015)

6.2.1 Hypothèses

Les concentrations aux points de rejets sont reportées dans le Tableau 7. A noter que les ouvrages d'assainissement de Royas et Bonnevaux se situent à l'aval des rejets de St Jean et Beauvoir, respectivement. Pour chacun des deux ouvrages, le calcul de la dilution a été adapté afin de prendre en compte l'effet de la step amont (= concentration non nulle et débit supérieur au débit d'étiage de référence).

Tableau 7 - Etat actuel « 2015 » – Concentrations utilisées dans la simulation

	Rejet	Conc. mg/L	Dilution ratio
Artas	Infiltration	37.7	
Beauvoir	Rivière	12.9	4
Charantonnay	Infiltration	30.6	
Chatonnay	Rivière	5.7	4
Meysiez - Villeneuve	Rivière	0	-
Royas	Rivière	5.0	6
Saint Jean	Rivière	5.1	2
ANC « BONNEVAUX »	Rivière	12.3	5
ANC « ECOLE »	Infiltration	88.9	
ANC « HABITATIONS »	Infiltration	100.0	

Les débits prélevés par les captages AEP et agricoles sont identiques à ceux utilisés pour le calage (Tableau 2).

La répartition des concentrations injectées dans le modèle est présentée Figure 12. Sur cette carte, sont aussi représentés le fond cartographique et les valeurs de débits d'étiage reportés dans l'étude de 1993.

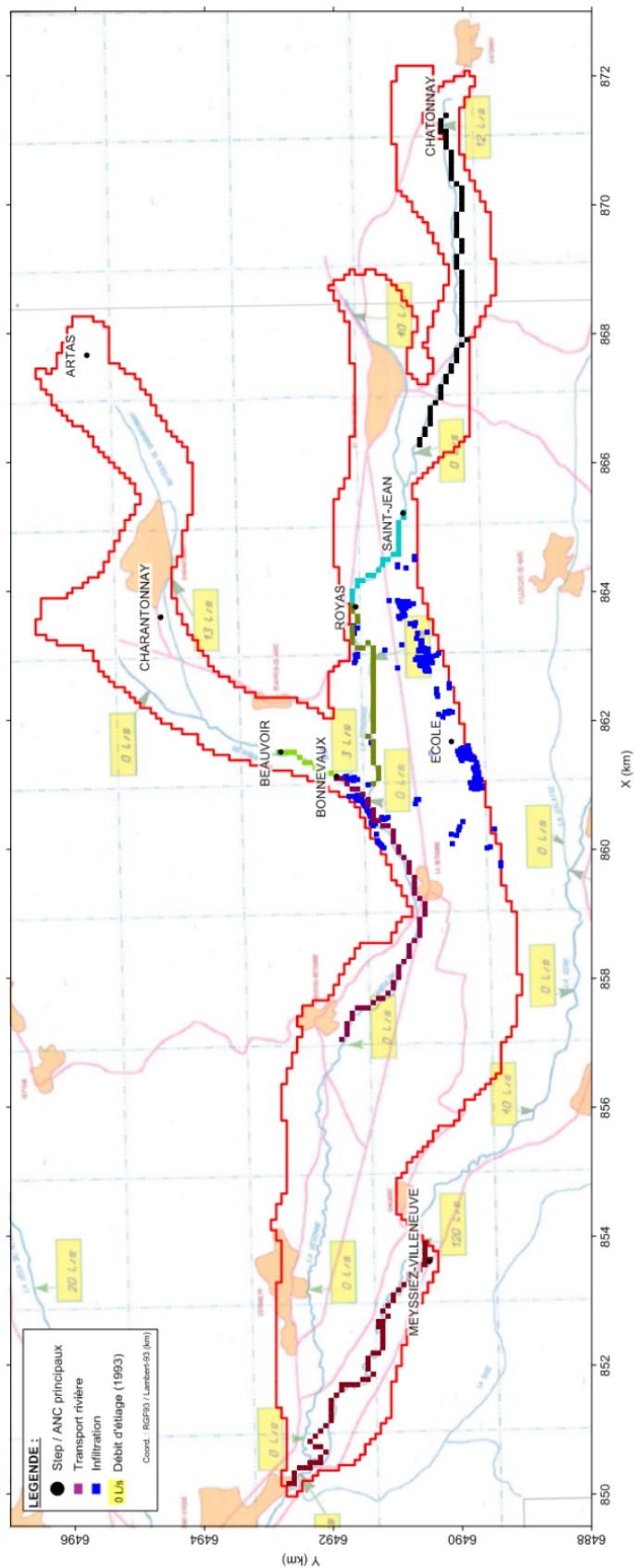


Figure 12 - Carte de localisation des points d'injection des rejets azotés – « état actuel » ; les débits représentés par des rectangles jaunes sont issus de l'étude de 1993.

6.2.2 Résultats de la simulation

6.2.2.1 Cartographie

La carte d'iso-valeur représentant l'évolution des panaches de concentrations en azote total après 50 ans d'exploitation est présentée en Figure 13. Les concentrations maximum (environ 30 mg/L) sont observées au centre-sud du modèle. Cette zone correspond à une forte densité des ANC « habitations » (qui présentent de très fortes concentrations) conjuguée à des vitesses d'écoulement faibles (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-7}$ m/s). Le panache s'estompe très vite lorsqu'il atteint le centre de la vallée où les écoulements sont plus rapides et les débits plus importants.

Les autres points de rejet présentent des concentrations nettement inférieures (entre 5 et 10 mg/L). Les panaches de concentrations sont rapidement entraînés par la nappe et convergent au centre des vallées.

On notera qu'à l'aval du modèle (= tiers ouest), les concentrations d'azote total sont négligeables. L'isovaleur 1 mg/L du panache le plus proche se situe à plus de 6.5 km du captage de Gémens.

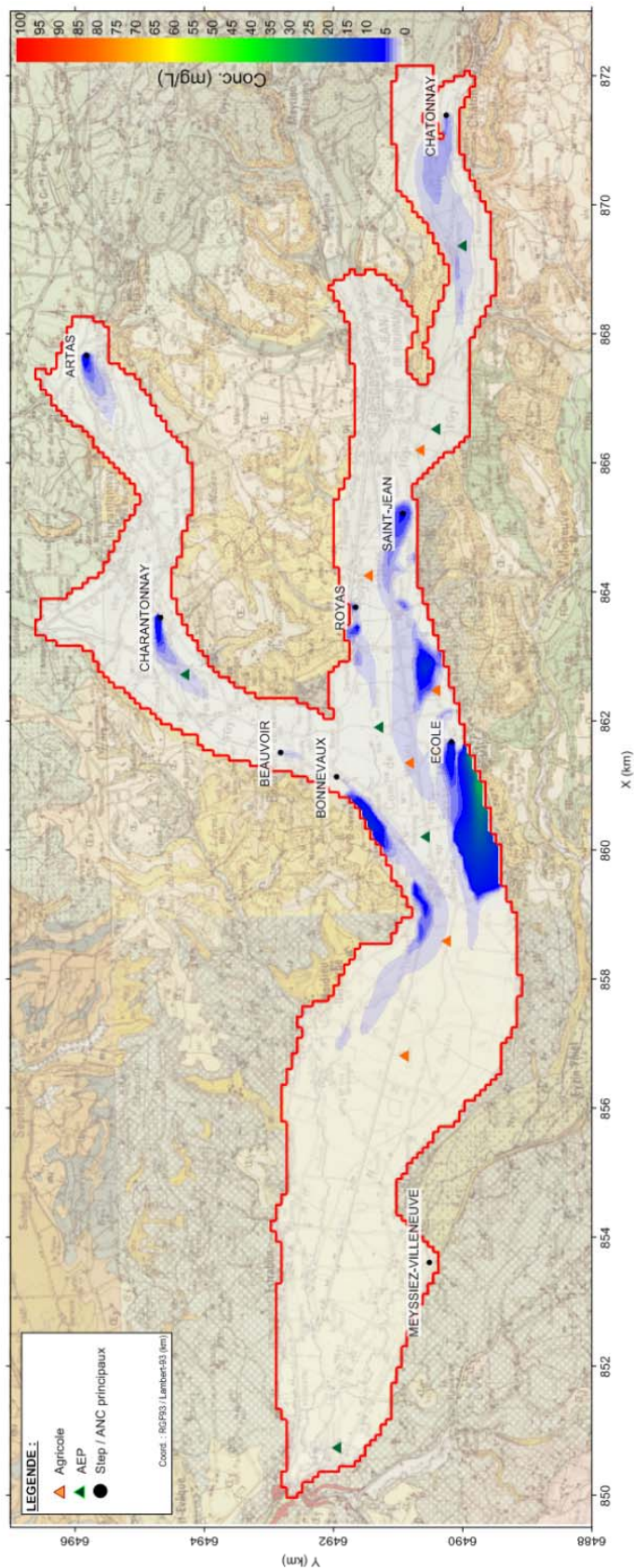


Figure 13 – Cartographie des concentrations après 50 ans d'exploitation – Etat actuel « 2015 »

6.2.2.2 Historique des concentrations

Les graphiques des Figure 14 et Figure 15 présentent l'évolution des concentrations en fonction du temps au niveau des captages d'eau potable (Figure 14) et des captages agricoles (Figure 15).

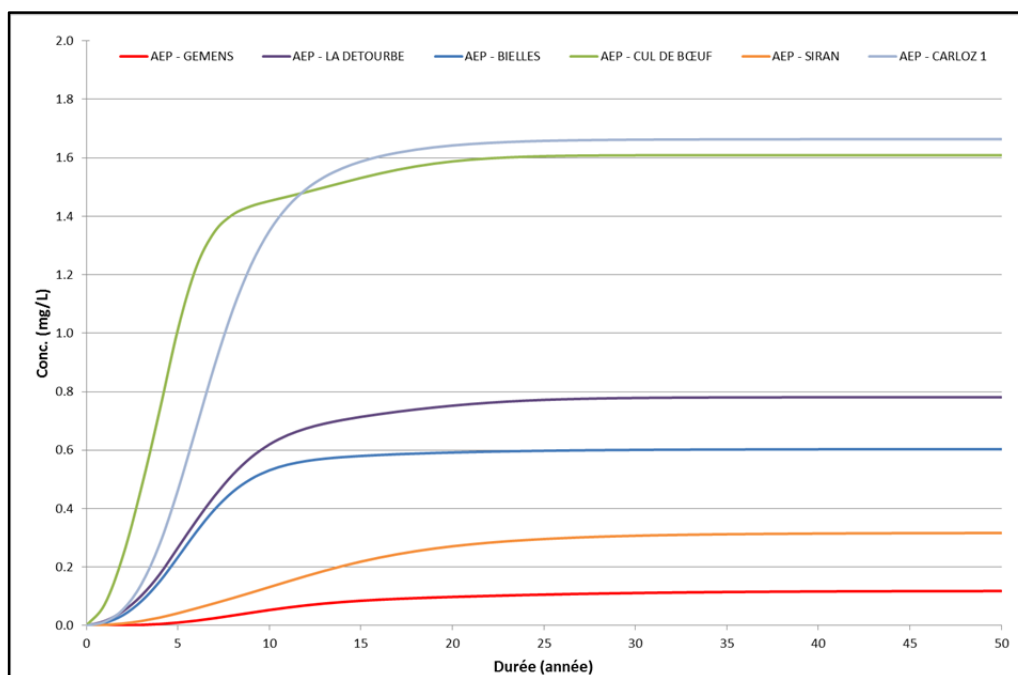


Figure 14 – Historique des concentrations aux AEP – « Etat actuel »

D'une manière générale, les concentrations croissent rapidement les dix premières années (entre 50% et 90% de la concentration finale) puis atteignent un état stationnaire où la concentration ne varie quasiment plus. Les concentrations aux points de suivi sont globalement assez faibles (de l'ordre de 2 mg/L au maximum).

Au niveau des AEP, les ouvrages présentant les concentrations les plus élevées sont Carloz et Cul-de-Bœuf situés en tête de bassin alors que le captage de Gémens situé à l'extrême aval du bassin enregistre la plus faible concentration. Les concentrations de Gémens sont environ dix fois plus faibles que celles de Carloz ou Cul-de-Bœuf.

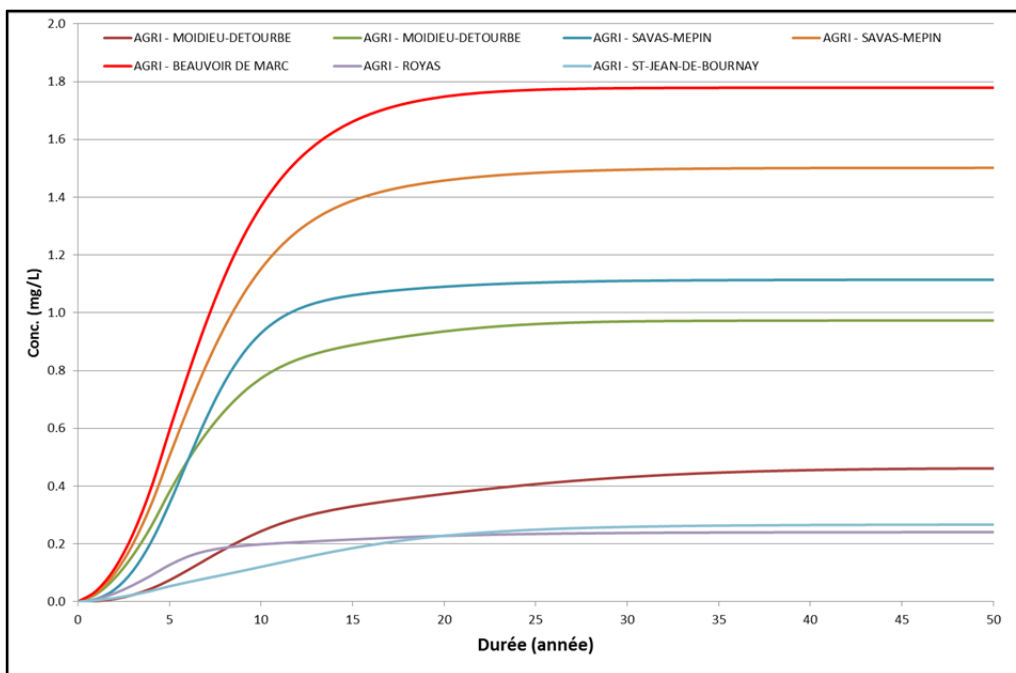


Figure 15 - Historique des concentrations aux forages agricoles – « Etat actuel »

Les captages agricoles sont principalement localisés dans le centre du modèle entre St-Jean-de-Bournay et Moidieu-Détourbe. Les ouvrages enregistrant les concentrations les plus élevées sont ceux de Savas-Mépin et Beauvoir de Marc qui se situent à proximité des habitations non raccordées à l'assainissement collectif.

6.2.2.3 Origine des concentrations aux AEP

D'une manière générale, et comme évoqué dans le paragraphe précédent, les concentrations aux AEP sont relativement faibles (entre 0.12 mg/L et 1.6 mg/L). On note une diminution d'un facteur 10 entre les concentrations les plus élevées (en amont : Cul-de-Bœuf et Carloz) et les plus faibles (en aval : Gémens). Afin d'identifier l'origine des concentrations composant les rejets au droit des captages AEP, des simulations unitaires ont été effectuées. Ces simulations permettent donc de préciser l'impact de chaque station d'épuration sur les concentrations des AEP.

6.2.2.3.1 Gémens

Au niveau de la galerie du captage de Gémens, la concentration totale est très faible (de l'ordre de 0.1 mg/L). La répartition des rejets en fonction des step est relativement homogène (entre 5 et 20 %). A noter l'évolution de la part des rejets dus aux assainissements non collectif des habitations : il devient la source principale d'azote (environ 25%) après 35 ans de fonctionnement.

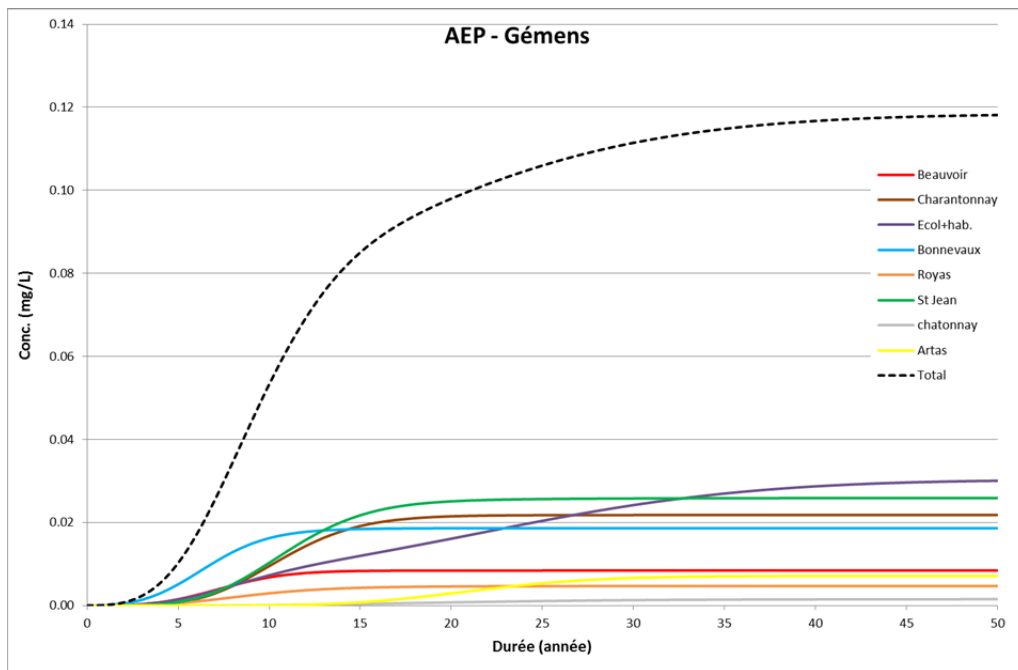


Figure 16 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens - Etat actuel « 2015 »

6.2.2.3.2 La Détourbe

Au niveau du captage de La Détourbe, la majorité de l'azote (environ 60%) provient des step de St Jean et de Charantonnay. Le reste provient essentiellement des step de Beauvoir, Royas et Artas ainsi que de l'assainissement non collectif.

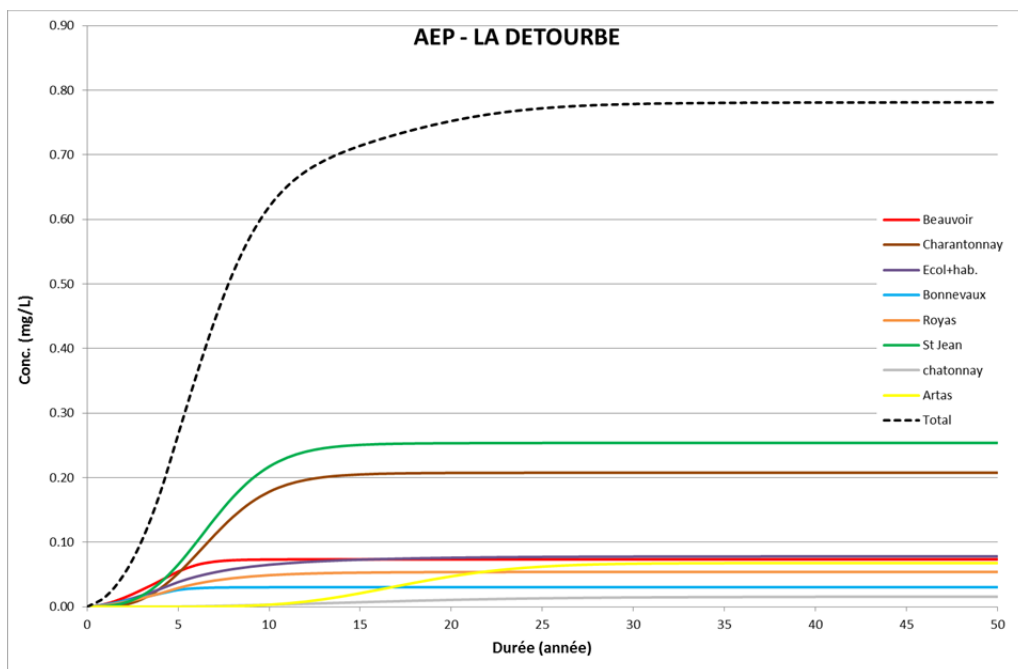


Figure 17 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Etat actuel « 2015 »

6.2.2.3.3 Les Bielles

Au niveau du captage des Bielles, plus de 60% de l'azote provient de la step de St Jean-de-Bournay. Le reste provient essentiellement de Royas (environ 20%) puis de l'ensemble « l'assainissement non collectif - Chatonnay » (l'ensemble représente environ 10%).

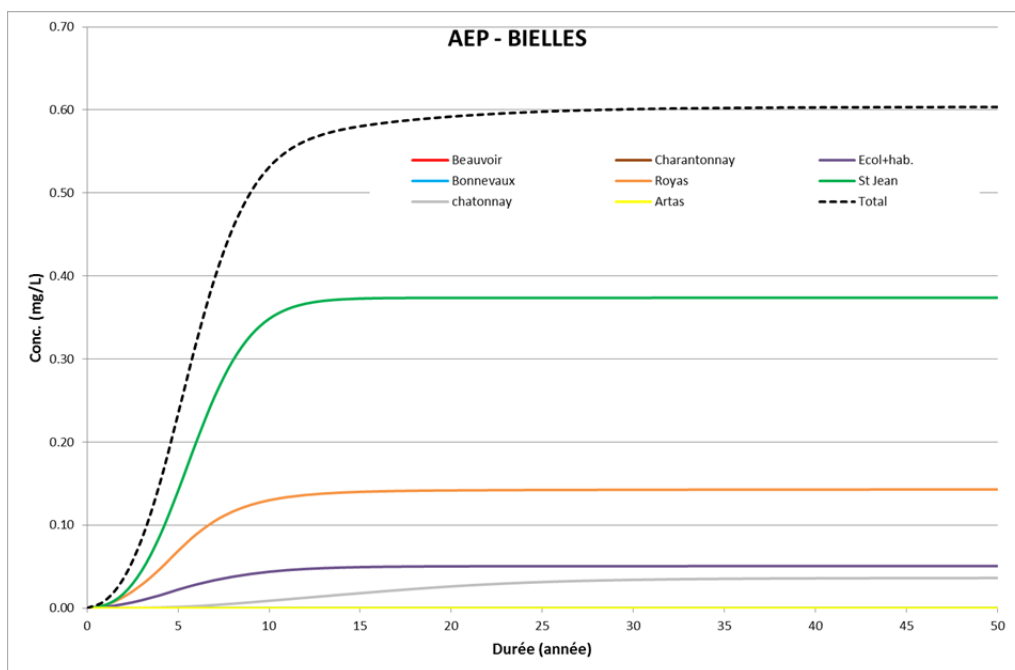


Figure 18– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles- Etat actuel « 2015 »

6.2.2.3.4 Cul-de-Boeuf

Au niveau du captage de Cul-de-Bœuf, plus de 85% de la concentration totale est issu de la step de Charantonnay. Le reste provient essentiellement d'Artas (environ 15%).

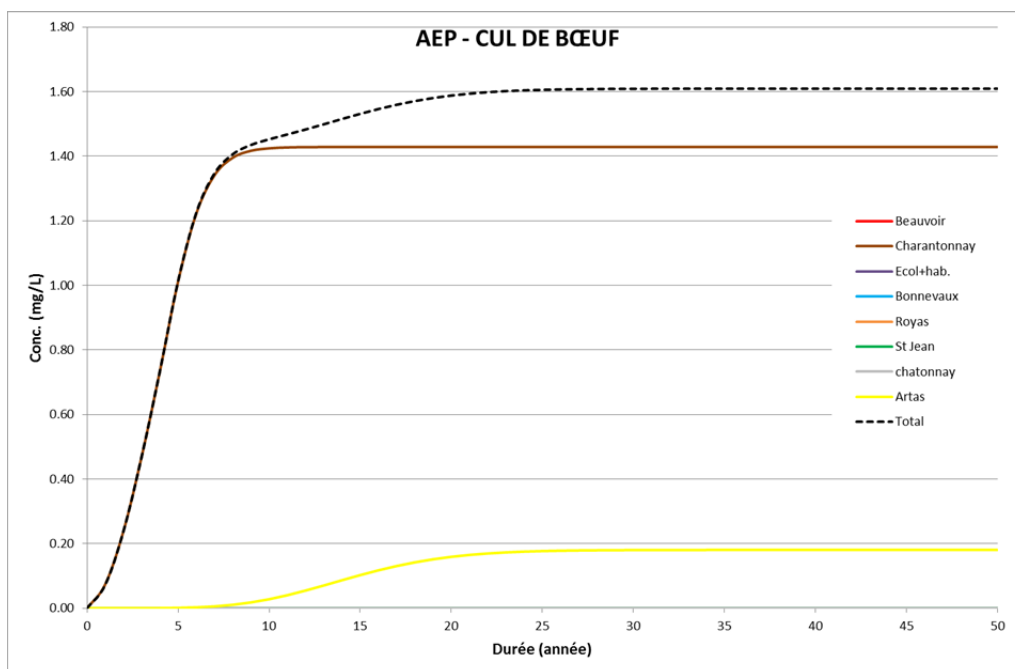


Figure 19 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf - Etat actuel « 2015 »

6.2.2.3.5 Siran et Carloz

Au niveau des captages de Siran et de Carloz, la totalité des concentrations provient de la step de Chatonnay. Le captage AEP de Siran est situé à presque 3 km en aval du captage de Carloz et présente des valeurs environs 5 fois plus faibles qu'à Carloz.

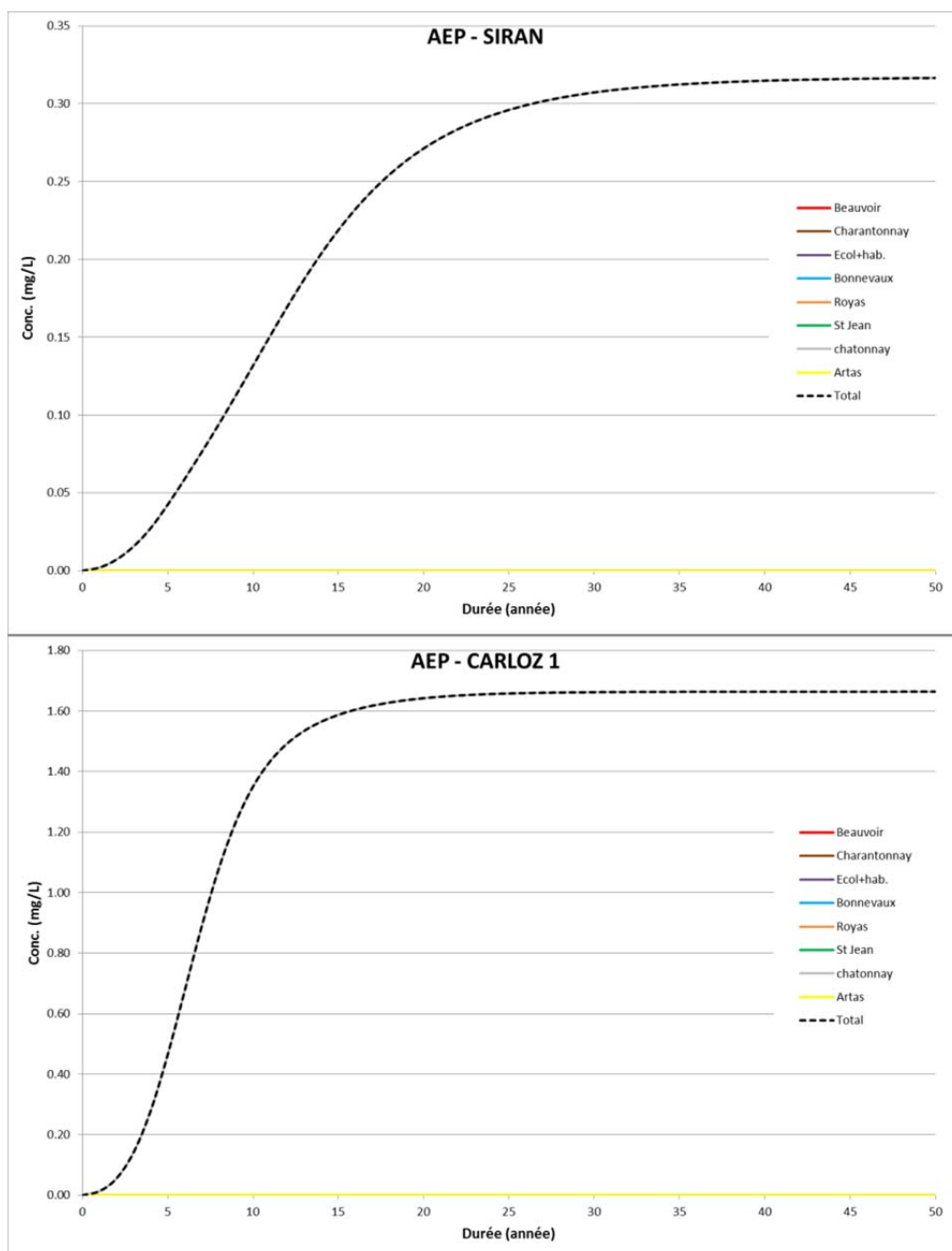


Figure 20– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz - Etat actuel « 2015 »

6.3 Simulation 2 – Etat futur (2030)

6.3.1 Hypothèses

Les concentrations aux points de rejets sont reportées dans le Tableau 8. Contrairement à la situation « état actuel », les rejets se font principalement sous le mode de l'infiltration. Seules les step de Chatonnay et Bonnevaux rejettent en rivière.

Tableau 8 - Etat futur « 2030 » – Concentrations utilisées dans la simulation

	Rejet	Conc. mg/L	Dilution ratio
Artas	Infiltration	30.3	-
Beauvoir	Infiltration	25.6	-
Charantonnay	Infiltration	17.6	-
Chatonnay	Rivière	6.9	4
Meyssez - Villeneuve	Rivière	-	-
Royas	Infiltration	26.8	-
Saint Jean	Infiltration	10.6	-
ANC « BONNEVAUX »	Rivière	1.2	21
ANC « ECOLE »	Infiltration	100.0	-
ANC « HABITATIONS »	Infiltration	100.0	-

Les débits prélevés pour les besoins agricoles sont identiques à ceux utilisés pour le calage (Tableau 2). En revanche, les débits des captages AEP ont été modifiés. Ils ont tous été augmentés. Le Tableau 9 présente les débits considérés pour l'état futur ainsi que l'augmentation par rapport à l'état actuel.

Tableau 9 – Débits de pompage des AEP – Etat futur « 2013 »

Dénomination	Débits futurs m ³ /an	Evolution* ratio
CARLOZ 2	-	-
CARLOZ 1	925,000	2.2
CARLOZ 3	-	-
LA DETOURBE	885,000	1.1
CUL DE BŒUF	1,095,000	3.7
SIRAN	547,500	2.1
BIELLES 0	-	-
BIELLES 1	215,000	1.1
BIELLES 2	-	-
GEMENS	5,110,000	1.2

* « Evolution » représente la variation des débits entre l'état actuel et l'état futur exprimée sous la forme d'un ratio : état actuel / état futur.

6.3.2 Résultats de la simulation

6.3.2.1 Cartographie

La carte d'iso-valeur représentant l'évolution des panaches de concentrations en azote total après 50 ans d'exploitation est présentée en Figure 21. Les concentrations maximum (environ 50 mg/L) sont observées au centre-sud du modèle. Cette zone correspond à une forte densité des ANC « habitations » (qui présentent de très fortes concentrations) conjuguée à des vitesses d'écoulement faibles (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-7}$ m/s). Le panache s'estompe très vite lorsqu'il atteint le centre de la vallée où les écoulements sont plus rapides et les débits plus importants.

Les panaches suivent globalement les mêmes tendances que celles simulées dans l'état actuel « 2015 ».

La différence la plus notable s'observe au niveau de la station d'épuration de St Jean qui a été déplacée d'environ 1 km à l'est de l'emplacement actuel et dont le mode de rejet est passé d'un rejet en rivière à une infiltration en nappe. Dans la situation future, le panache issu des rejets de la station est plus étendu et les concentrations plus élevées.

On notera l'impact du captage de Carloz sur le panache issu de la station d'épuration de Chatonnay. L'augmentation des débits pompés provoque un quasi assèchement de la nappe à cet endroit du fait de l'étranglement de la vallée. Afin de ne pas assécher totalement la nappe, le débit de Carloz a été ajusté à 80% du débit initial.

On notera, comme pour l'état actuel que :

- D'une manière générale, les panaches de concentrations sont rapidement entraînés par la nappe et convergent au centre des vallées.
- A l'aval du modèle (= tiers ouest), les concentrations d'azote total sont négligeables. L'isovaleur 1 mg/L du panache la plus proche se situe à plus de 6.5 km du captage de Gémens.

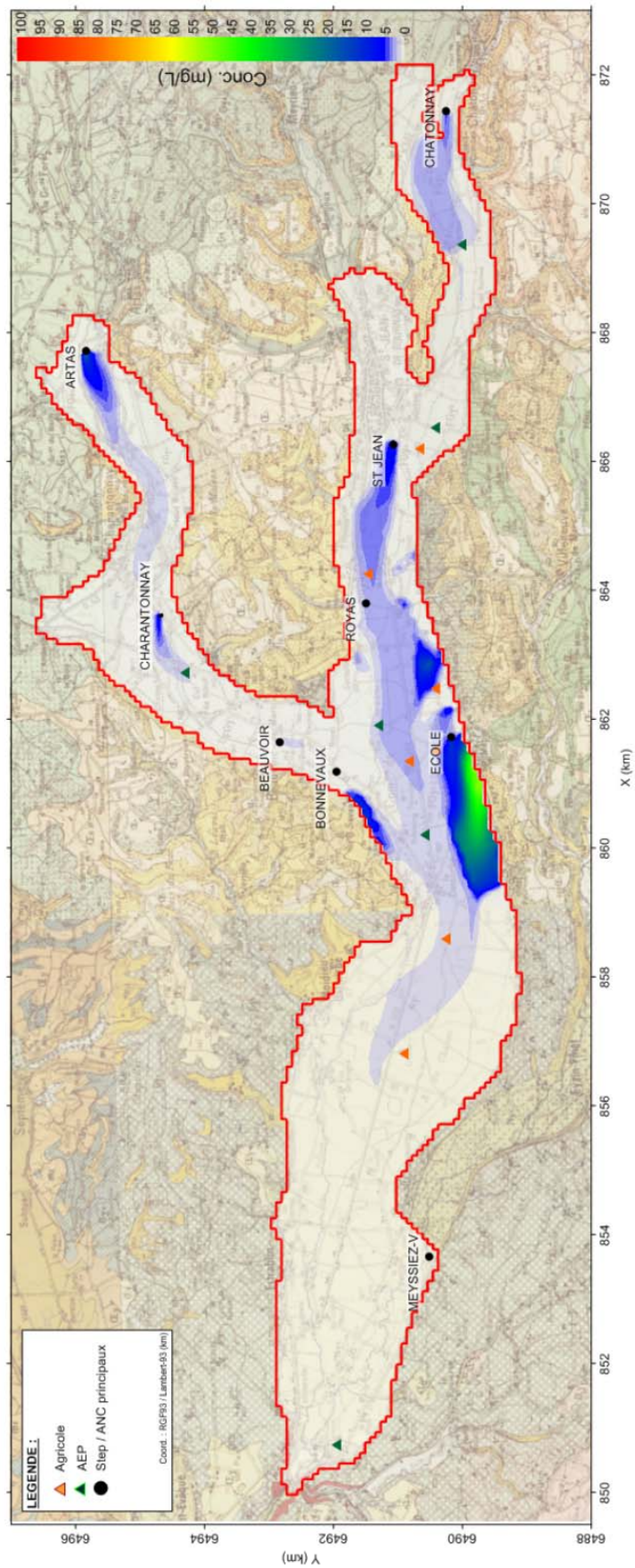


Figure 21 - Cartographie des concentrations après 50 ans d'exploitation – Etat futur « 2030 »

6.3.2.2 Historique des concentrations

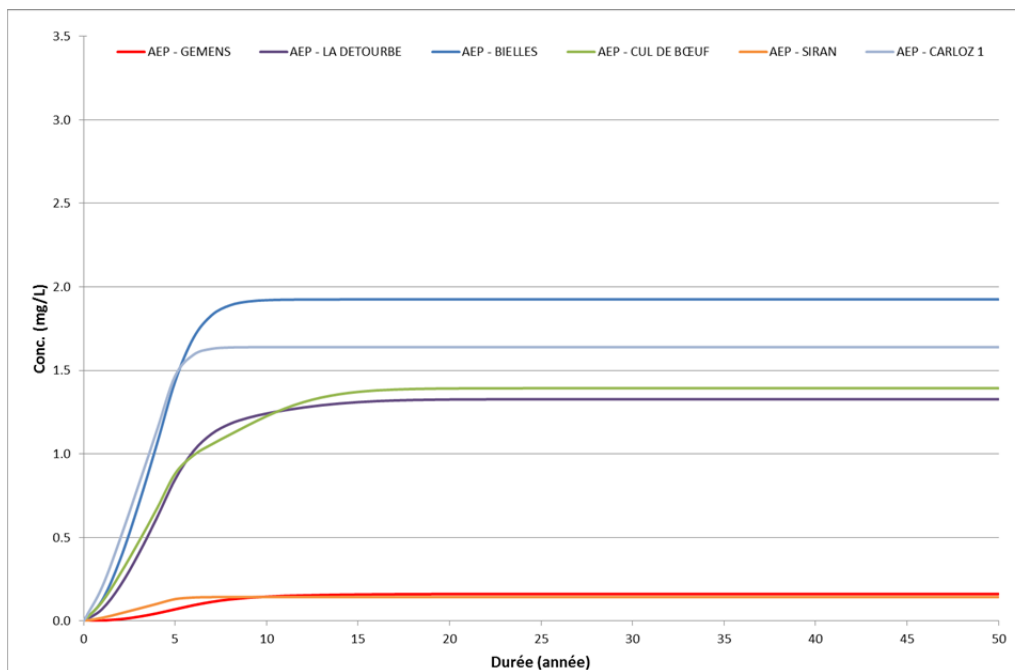


Figure 22 - Historique des concentrations aux AEP – « Etat futur »

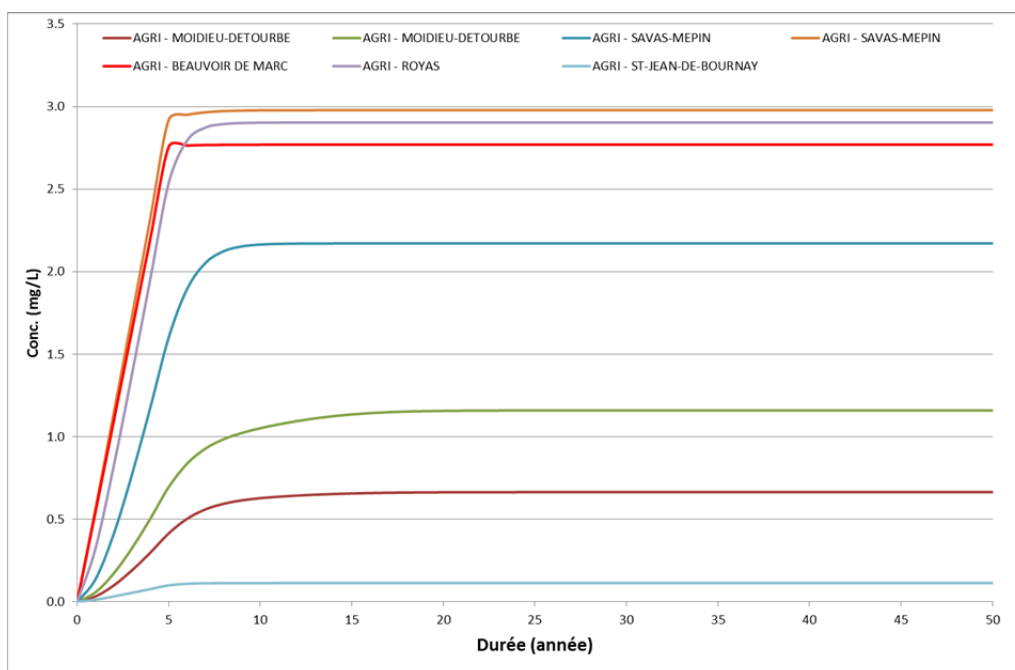


Figure 23 - Historique des concentrations aux captages agricoles – « Etat futur »

Comme pour les simulations de l'état actuel :

- les concentrations croissent rapidement les dix premières années (entre 50% et 90% de la concentration finale) puis atteignent un état stationnaire où la concentration ne varie quasiment plus.
- Les concentrations aux points de suivi sont globalement assez faibles (de l'ordre de 2 à 3 mg/L au maximum).

Au niveau des AEP, les ouvrages présentant les concentrations les plus élevées sont Bielles, Carloz, Cul-de-Bœuf et La Détourbe. Carloz et Cul-de-Bœuf présentent globalement les mêmes valeurs que celles observées dans l'état actuel. En revanche, Bielles et La Détourbe présentent des valeurs plus élevées du fait du panache de St Jean.

Comme pour l'état actuel, les concentrations de Gémens sont environ dix fois plus faibles que celles de Carloz ou Cul-de-Bœuf.

Les captages agricoles, principalement localisés dans le centre du modèle entre St-Jean-de-Bournay et Moidieu-Détourbe, sont globalement plus impactés par les rejets des ouvrages d'assainissement. Comme pour l'état actuel, les ouvrages enregistrant les concentrations les plus élevées sont ceux de Savas-Mépin et Beauvoir de Marc qui se situent à proximité des habitations non raccordées à l'assainissement collectif. Situé sur la trajectoire du panache issu de la station d'épuration St Jean, le prélèvement de Royas voit aussi sa concentration augmenter.

6.3.2.3 Origine des concentrations aux AEP

D'une manière générale et comme évoqué dans le paragraphe précédent, les concentrations aux AEP sont relativement faibles (entre 0.16 mg/L et 3 mg/L) bien que généralement plus élevées que celles obtenues lors de la simulation de l'état actuel. Comme pour l'état actuel, des simulations unitaires ont été effectuées afin d'identifier l'origine des concentrations composant les rejets au droit des captages AEP. Ces simulations permettent donc de préciser l'impact de chaque station d'épuration sur les concentrations des AEP.

6.3.2.3.1 Gémens

Au niveau de la galerie du captage de Gémens, la concentration totale est très faible (de l'ordre de 0.15 mg/L). La majeure partie de l'azote (75%) provient, à part égale, des step de St Jean de Bournay et de l'ensemble « anc habitation et école ». Comme pour l'état actuel, l'assainissement non collectif représente une part importante des concentrations simulées à Gémens (environ 25%).

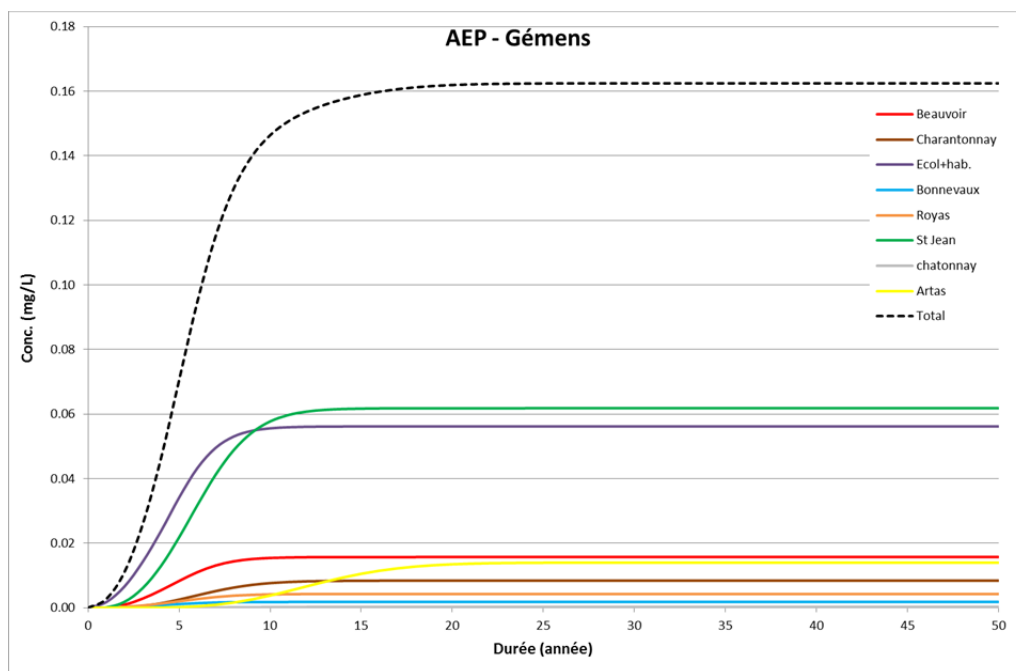


Figure 24 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens - Etat futur « 2030 »

6.3.2.3 La Détourbe

Au niveau du captage de La Détourbe, la majorité de l'azote (environ 65%) provient de la step de St Jean. Le reste se répartit de manière homogène entre les step de Beauvoir, Charantonnay, Royas et Artas ainsi que de l'assainissement non collectif. Par rapport à la situation actuelle, la concentration totale à 50 ans a augmenté d'environ 0.6 mg/l qui sont essentiellement apportés par la step de St Jean.

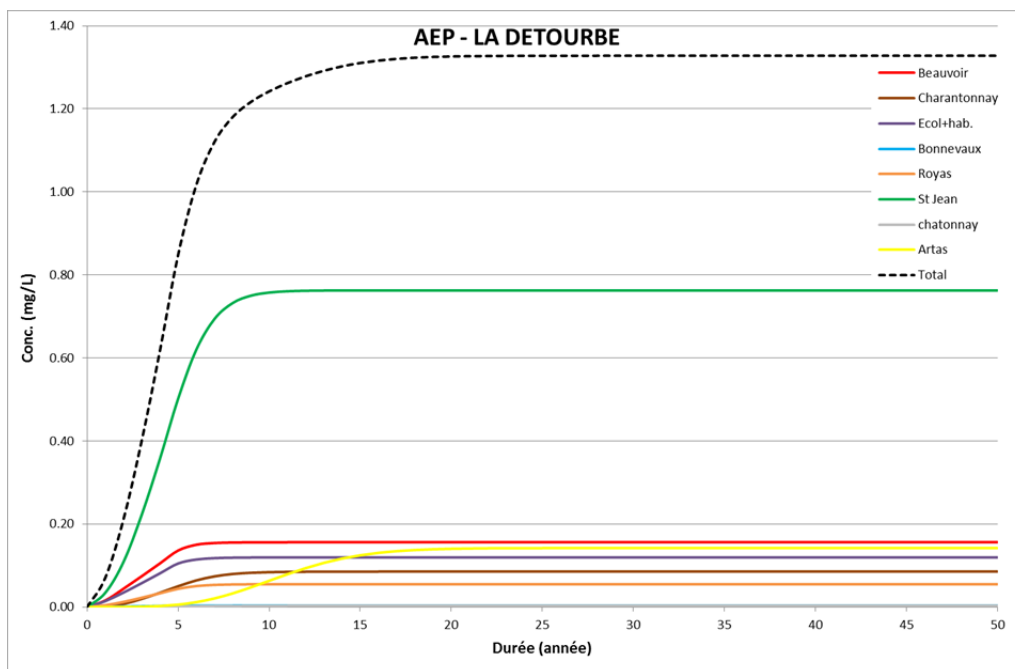


Figure 25 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Etat futur « 2030 »

6.3.2.3.3 Les Bielles

Comme pour l'état actuel, au niveau du captage des Bielles, la majeure partie de l'azote (dans ce cas plus de 80%) provient de la step de St Jean-de-Bournay. Le reste provient essentiellement de Royas (environ 15%) puis de l'assainissement non collectif. Là encore, l'augmentation de la concentration totale à 50 ans est essentiellement due aux rejets de la step de St Jean.

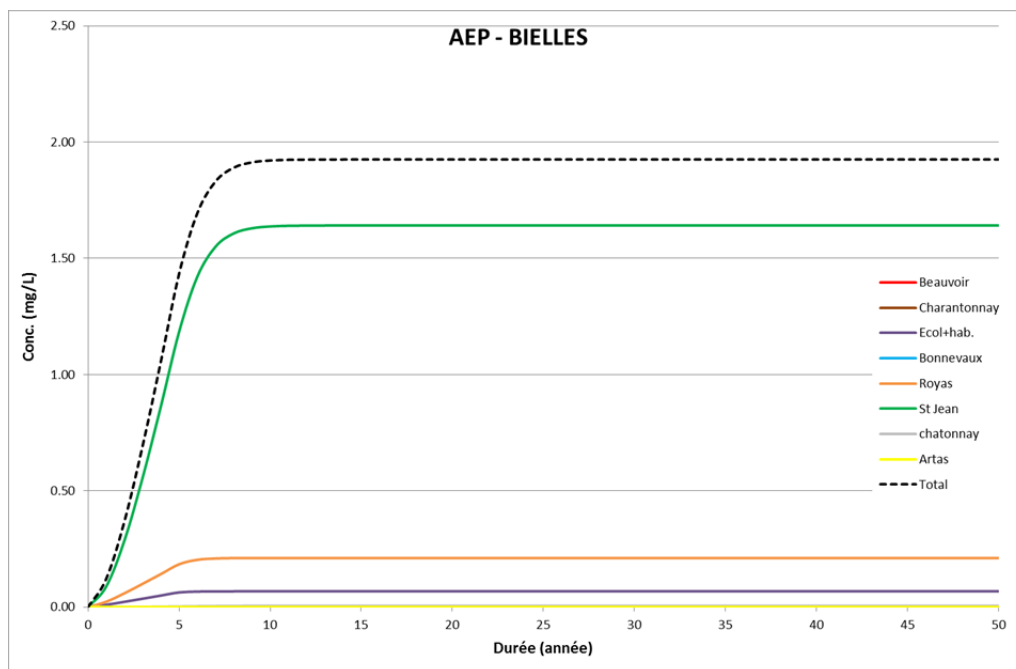


Figure 26– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles - Etat futur « 2030 »

6.3.2.3.4 Cul-de-Boeuf

Au niveau du captage de Cul-de-Bœuf, environ 70% de la concentration totale est issu de la step de Charantonnay. Pour rappel, en situation actuelle, ils représentaient 85%. Le reste provient essentiellement d'Artas (environ 30%). Par rapport à l'état actuel, la concentration totale a légèrement diminué (0.2 mg/L) du fait de l'amélioration de la capacité de traitement de la station de Charantonnay (en situation initiale, les rejets avaient une concentration de 30 mg/l, dans ce cas de figure ils ne sont plus que de 17 mg/L).

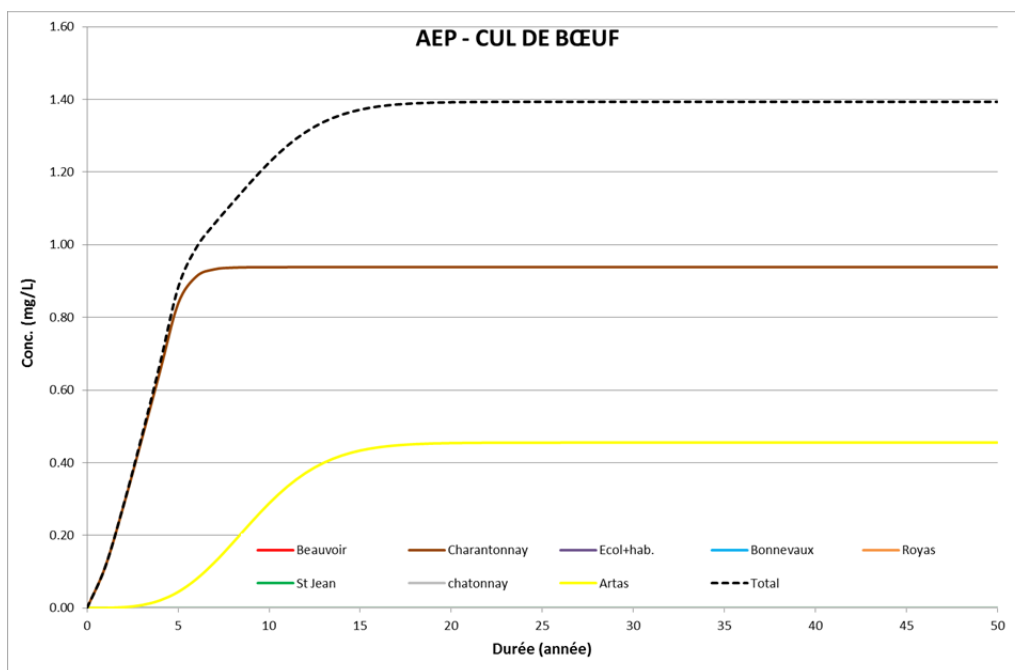


Figure 27 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf - Etat futur « 2030 »

6.3.2.3.5 Siran et Carloz

Au niveau des captages de Siran et de Carloz, la totalité des concentrations provient de la step de Chatonnay. Le captage AEP de Siran est situé à presque 3 km en aval du captage de Carloz et présente des valeurs environs 10 fois plus faibles qu'à Carloz (concentration inchangée par rapport à l'état actuel). Pour rappel, ce ratio de concentration entre Carloz et Siran était de 5 en situation actuelle. Cette baisse des concentrations à Siran est due à l'augmentation des débits de pompage du champ captant de Carloz qui capte dorénavant la quasi-totalité du débit transitant dans la vallée alluviale, particulièrement étroite dans ce secteur.

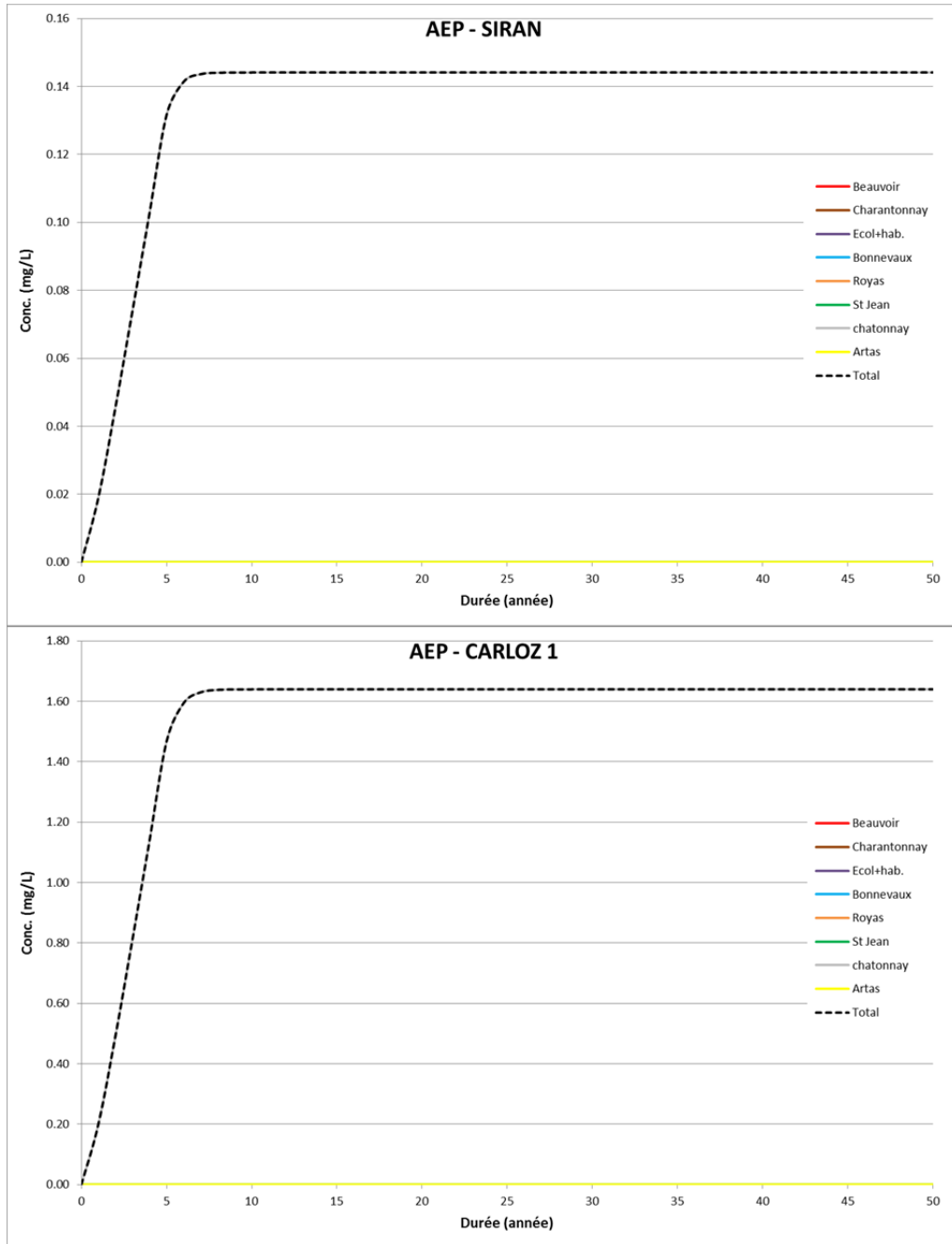


Figure 28– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz - Etat futur « 2030 »

6.3.2.4 Synthèse

Ce que l'on peut retenir de cette simulation :

- Des panaches de concentrations moyen tant en portée qu'en amplitude,
- Une diminution, par rapport à l'état actuel, des concentrations en azote au niveau de :
 - Siran et St-Jean-de-Bournay (captage agricole) du fait des pompages importants de Carloz qui stoppent l'avancée du panache issu de Chatonnay.
 - Cul-de-Bœuf, du fait de l'amélioration de la qualité de traitement de la station de Charantonnay.
- Une augmentation, par rapport à l'état actuel, des concentrations en azote au niveau de tous les autres captages AEP et agricoles :
 - Gémens, La Détourbe, Bielles ainsi que les captages agricoles du fait de l'augmentation de la capacité de traitement, de la délocalisation et du changement du type de rejet de la step de St Jean,

A noter que le captage de Carloz présente globalement les mêmes concentrations qu'à l'état actuel.

6.4 Simulation 3 – Etat futur (2030)

6.4.1 Hypothèses

Les concentrations aux points de rejets sont reportées dans le Tableau 10. Contrairement à la situation « état futur – simulation 2 », les rejets de la step de St Jean de Bournay se font en rivière. Le rejet de la step de Charantonnay a été déplacé en aval du captage de Cul de Bœuf.

Tableau 10 –Concentrations utilisées dans la simulation 3

	Rejet	Conc. mg/L	Dilution ratio
ARTAS	Infiltration	30.3	-
BEAUVOIR	Infiltration	25.6	-
CHARANTONNAY	Infiltration	17.6	-
CHATONNAY	Rivière	6.9	4
MEYSSIEZ - VILLNEUVE	Rivière	-	-
ROYAS	Infiltration	26.8	-
SAINT JEAN	Infiltration	2	2
ANC « BONNEVAUX »	Rivière	1.2	21
ANC « ECOLE »	Infiltration	100.0	-
ANC « HABITATIONS »	Infiltration	100.0	-

Les débits prélevés pour les besoins agricoles sont identiques à ceux utilisés pour le calage (Tableau 2). En revanche, les débits des captages AEP ont été modifiés. Le Tableau 11 présente les débits considérés pour la simulation 3 ainsi que l'augmentation par rapport à l'état actuel.

Tableau 11 – Débits de pompage des AEP – simulation 3

Dénomination	Débits futurs m ³ /an	Evolution* ratio
CARLOZ 2	-	-
CARLOZ 1	550,000	1.3
CARLOZ 3	-	-
LA DETOURBE	885,000	1.1
CUL DE BŒUF	600,000	2
SIRAN	547,500	2.1
BIELLES 0	-	-
BIELLES 1	215,000	1.1
BIELLES 2	-	-
GEMENS	4,015,000	1

* « Evolution » représente la variation des débits entre l'état actuel et l'état futur exprimée sous la forme d'un ratio : état actuel / état futur.

6.4.2 Résultats de la simulation 3

6.4.2.1 Cartographie

La carte d'iso-valeur représentant l'évolution des panaches de concentrations en azote total après 50 ans d'exploitation est présentée en Figure 29. Comme pour les simulations 1 (état actuel) et 2 (état futur), les concentrations maximum (environ 50 mg/L) sont observées au centre-sud du modèle. Cette zone correspond à une forte densité des ANC « habitations » (qui présentent de très fortes concentrations) conjuguée à des vitesses d'écoulement faibles (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-7}$ m/s). Le panache s'estompe très vite lorsqu'il atteint le centre de la vallée où les écoulements sont plus rapides et les débits plus importants (effet de dilution).

Les panaches suivent globalement les mêmes tendances que celles simulées pour l'état actuel « 2015 » - simulation 1.

On notera, comme pour l'état actuel, que :

- D'une manière générale, les panaches de concentrations sont rapidement entraînés par la nappe et convergent au centre des vallées.
- A l'aval du modèle (= tiers ouest), les concentrations d'azote total sont négligeables. L'isovaleur 1 mg/L du panache la plus proche se situe à environ 5.8 km du captage de Gémens.

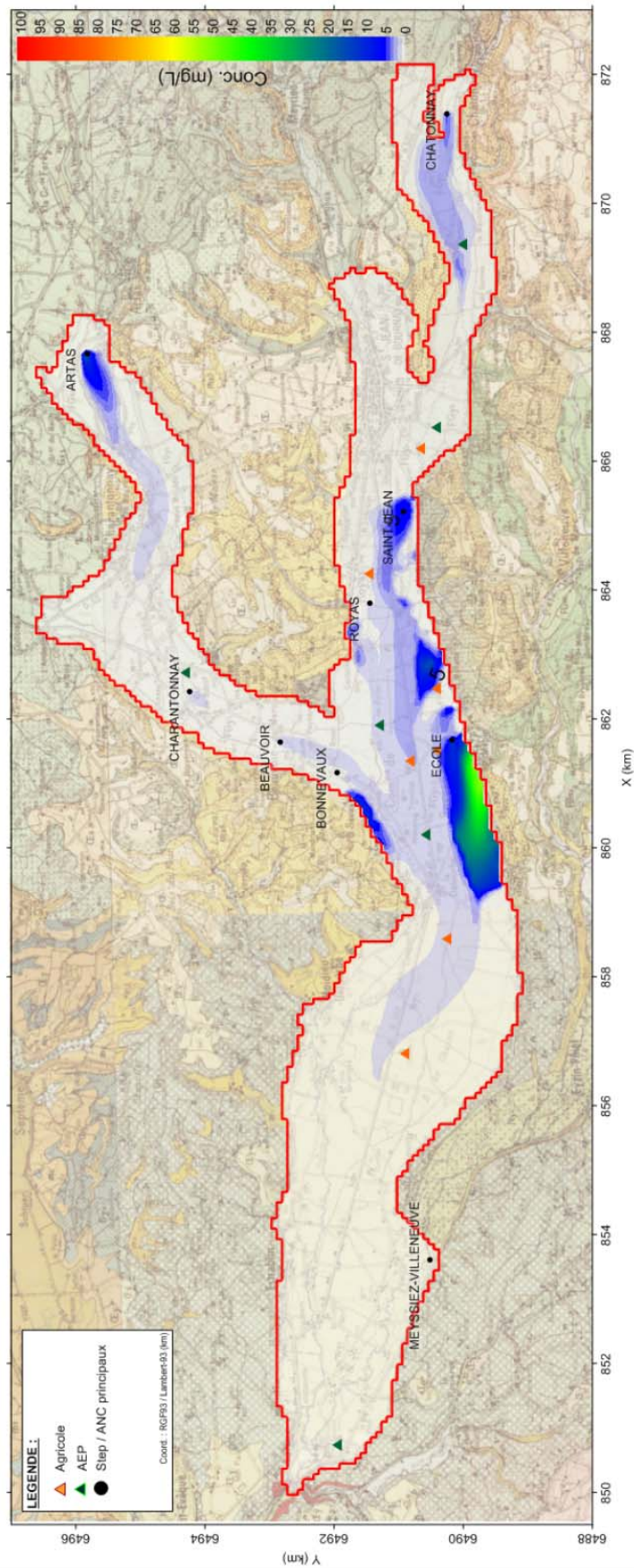


Figure 29 - Cartographie des concentrations après 50 ans d'exploitation – Simulation 3

6.4.2.2 Historique des concentrations

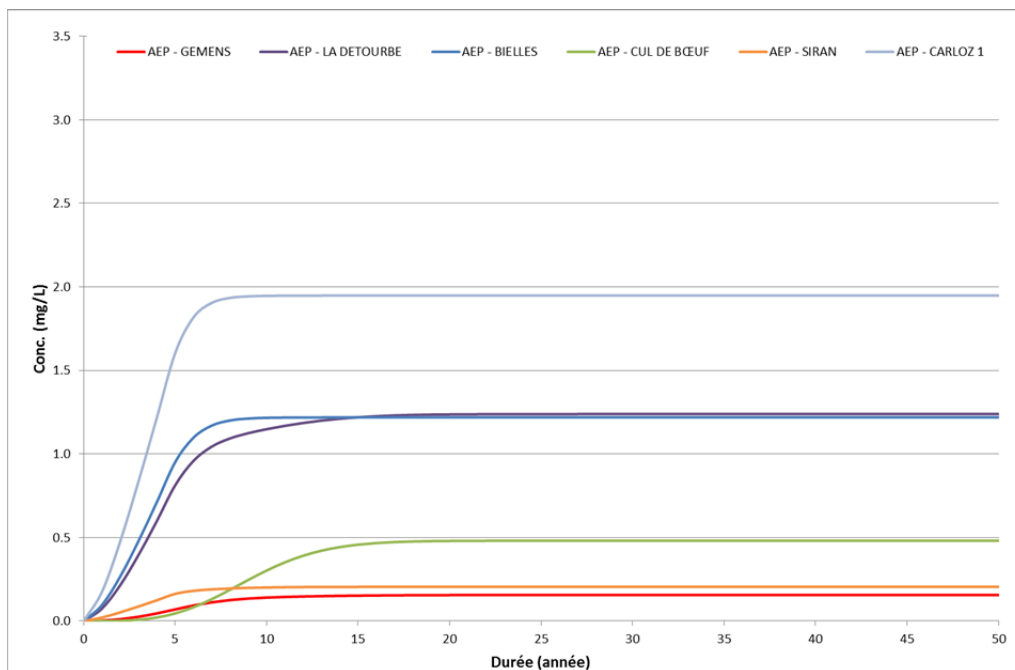


Figure 30 - Historique des concentrations aux AEP – Simulation 3

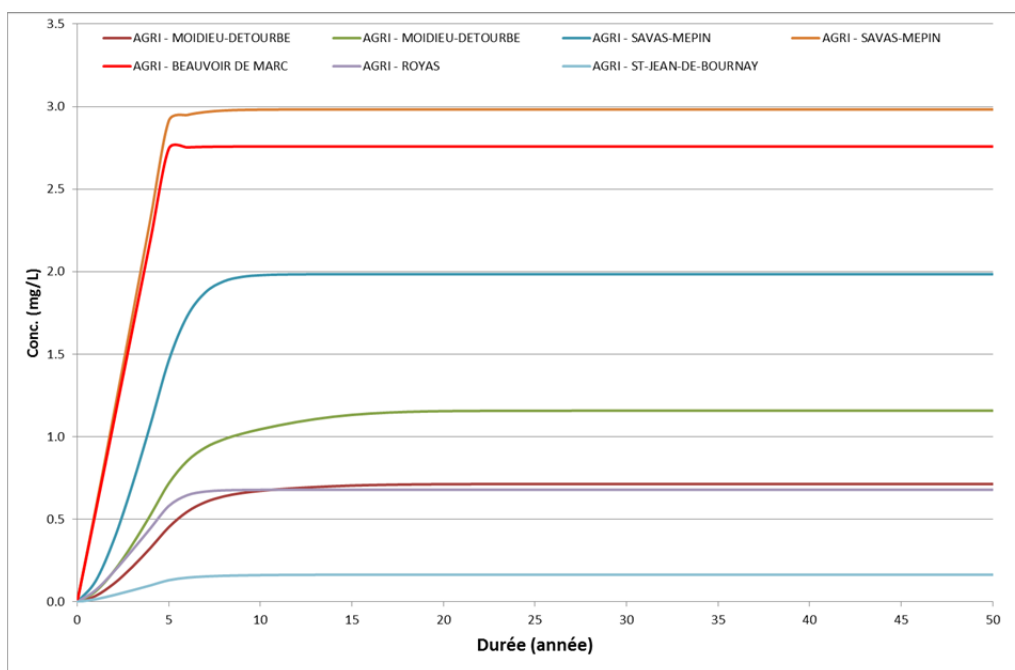


Figure 31 - Historique des concentrations aux captages agricoles – Simulation 3

Comme pour les simulations de l'état actuel :

- les concentrations croissent rapidement les dix premières années (entre 50% et 90% de la concentration finale) puis atteignent un état stationnaire où la concentration ne varie quasiment plus.
- Les concentrations aux points de suivi sont globalement assez faibles (de l'ordre de 2 à 3 mg/L au maximum).

Au niveau des AEP, les ouvrages présentant les concentrations les plus élevées sont Carloz, Bielles et La Détourbe. Ces ouvrages présentent des valeurs légèrement supérieures à celles observées dans l'état actuel du fait de :

- l'augmentation de la capacité de traitement de la step de St Jean pour les captages de Bielles et La Détourbe,
- l'augmentation de la capacité de traitement de la step de Chatonnay pour le captage de Carloz.

Comme pour l'état actuel, les concentrations de Gémens sont environ dix fois plus faibles que celles de Carloz.

Les captages agricoles, principalement localisés dans le centre du modèle entre St-Jean-de-Bournay et Moidieu-Détourbe, sont globalement plus impactés par les rejets des ouvrages d'assainissement. Comme pour l'état actuel, les ouvrages enregistrant les concentrations les plus élevées sont ceux de Savas-Mépin et Beauvoir de Marc qui se situent à proximité des habitations non raccordées à l'assainissement collectif.

6.4.2.3 Origine des concentrations aux AEP

D'une manière générale et comme évoqué dans le paragraphe précédent, les concentrations aux AEP sont relativement faibles (entre 0.16 mg/L et 2 mg/L) bien que généralement légèrement plus élevées que celles obtenues lors de la simulation de l'état actuel (sauf pour Cul de Bœuf). Comme pour l'état actuel, des simulations unitaires ont été effectuées afin d'identifier l'origine des concentrations composant les rejets au droit des captages AEP. Ces simulations permettent donc de préciser l'impact de chaque station d'épuration sur les concentrations des AEP.

6.4.2.3.1 Gémens

Au niveau de la galerie du captage de Gémens, les historiques des concentrations simulées sont relativement proches de ceux de la simulation 2 : i) la concentration totale est très faible (de l'ordre de 0.15 mg/L) et ii) la majeure partie de l'azote (75%) provient, à part égale, des step de St Jean de Bournay et de l'ensemble « anc habitation et école ».

Par rapport à la situation actuelle, la concentration totale à 50 ans a légèrement augmenté 0.04 mg/l (+ 30%). Cette augmentation est essentiellement due à l'augmentation de la capacité de traitement de la step de St Jean et du nombre d'habitations non raccordées au réseau d'assainissement collectif.

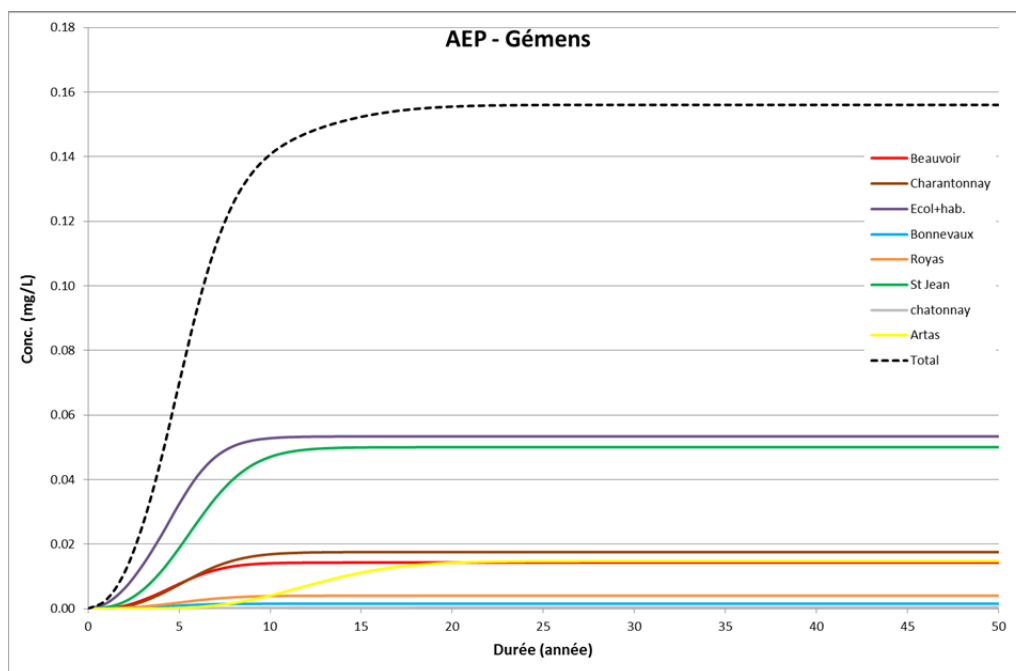


Figure 32 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens – Simulation 3

6.4.2.3.2 La Détourbe

Au niveau du captage de La Détourbe, les historiques des concentrations simulées sont relativement proches de ceux de la simulation 2 :

- la moitié de l'azote (environ 50%) provient de la step de St Jean. A noter une légère diminution de la concentration (- 0.2 mg/L) provenant de la step de St Jean.
- Le reste se répartit de manière homogène entre les step de Charantonnay, Beauvoir, Royas et Artas ainsi que l'assainissement non collectif.

Par rapport à la situation actuelle, la concentration totale à 50 ans a augmenté d'environ 0.4 mg/l (+ 50%). Cette augmentation est essentiellement due à l'augmentation de la capacité de traitement de la step de St Jean.

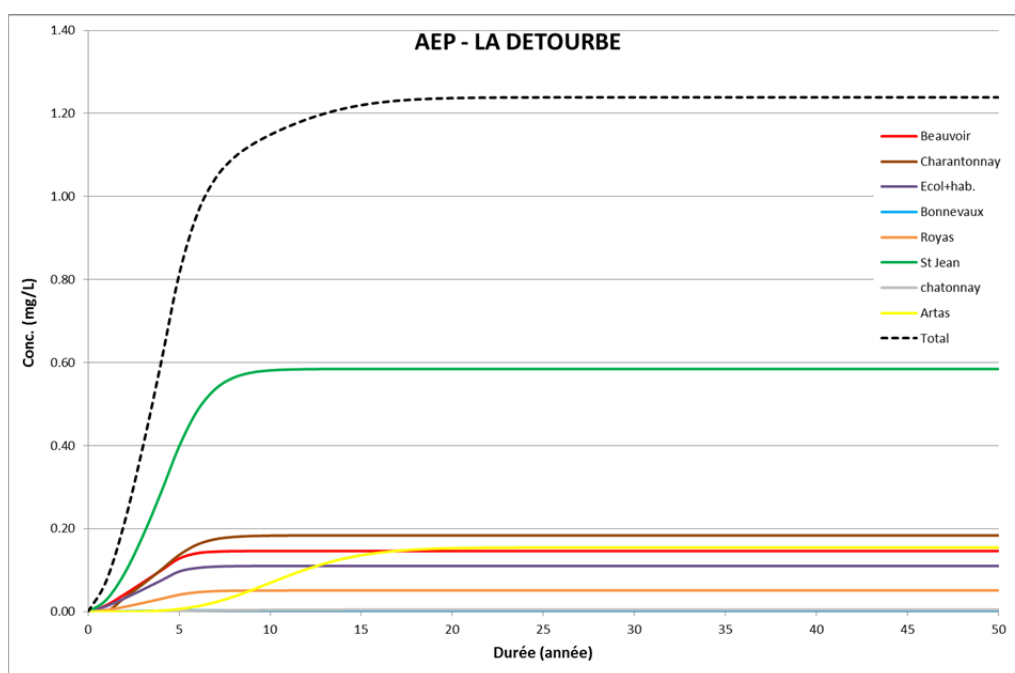


Figure 33 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Simulation 3

6.4.2.3.3 Les Bielles

Comme pour la simulation 2, au niveau du captage des Bielles, la majeure partie de l'azote (environ 80%) provient de la step de St Jean-de-Bournay. Le reste provient essentiellement de Royas (environ 15%) puis de l'assainissement non collectif. Là encore, l'augmentation de la concentration totale à 50 ans est essentiellement due aux rejets de la step de St Jean.

A noter une diminution d'environ 0.8 mg/L (- 40%) par rapport à la situation 2 et une augmentation de 0.6 mg/L (+ 100%) par rapport à l'état actuel. Ces variations proviennent majoritairement des hypothèses de rejet de la step de St Jean.

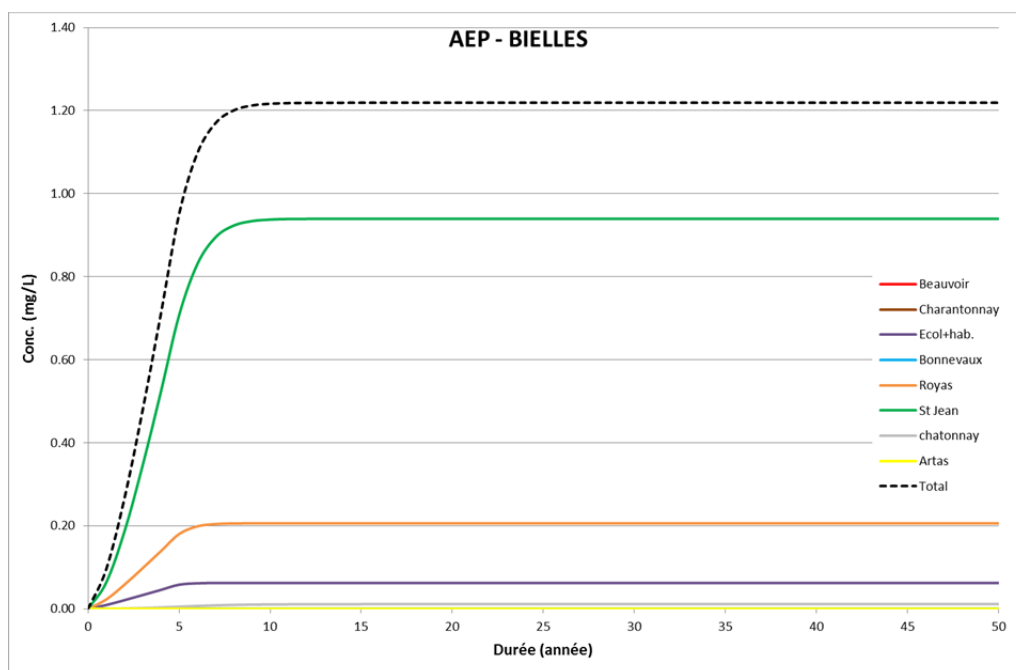


Figure 34– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles – Simulation 3

6.4.2.3.4 Cul-de-Boeuf

Au niveau du captage de Cul-de-Bœuf, le positionnement de la step de Charantonnay à l'aval du captage permet de diminuer considérablement la concentration. La totalité de la concentration provient de la step d'Artas (= les courbes de la Figure 35 sont superposées).

Par rapport à l'état actuel et la simulation 2, la concentration a été diminuée d'environ 1 mg/L (- 80%).

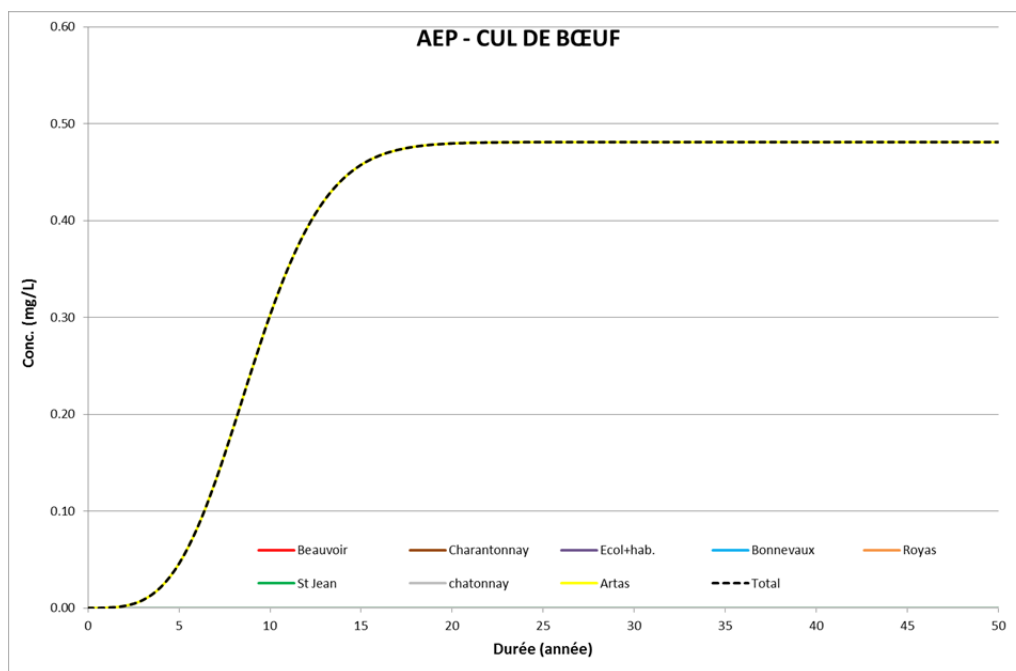


Figure 35 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf – Simulation 3

6.4.2.3.5 Siran et Carloz

Au niveau des captages de Siran et de Carloz, la totalité des concentrations provient de la step de Chatonnay (= les courbes de la Figure 36 sont superposées). Le captage AEP de Siran est situé à presque 3 km en aval du captage de Carloz et présente des valeurs environ 10 fois plus faibles qu'à Carloz. Cette baisse est aussi observée dans la simulation 2, et est due à l'augmentation des débits de pompage du champ captant de Carloz qui capte une grande partie du débit et donc des concentrations transitant dans la vallée alluviale, particulièrement étroite dans ce secteur.

A noter une augmentation des concentrations d'environ 25% par rapport à la situation 2 dans les deux captages alors que par rapport à l'état actuel, les concentrations sont plus faibles à Siran (30% en moins en situation 3) et plus élevées à Carloz (20% en plus en situation 3).

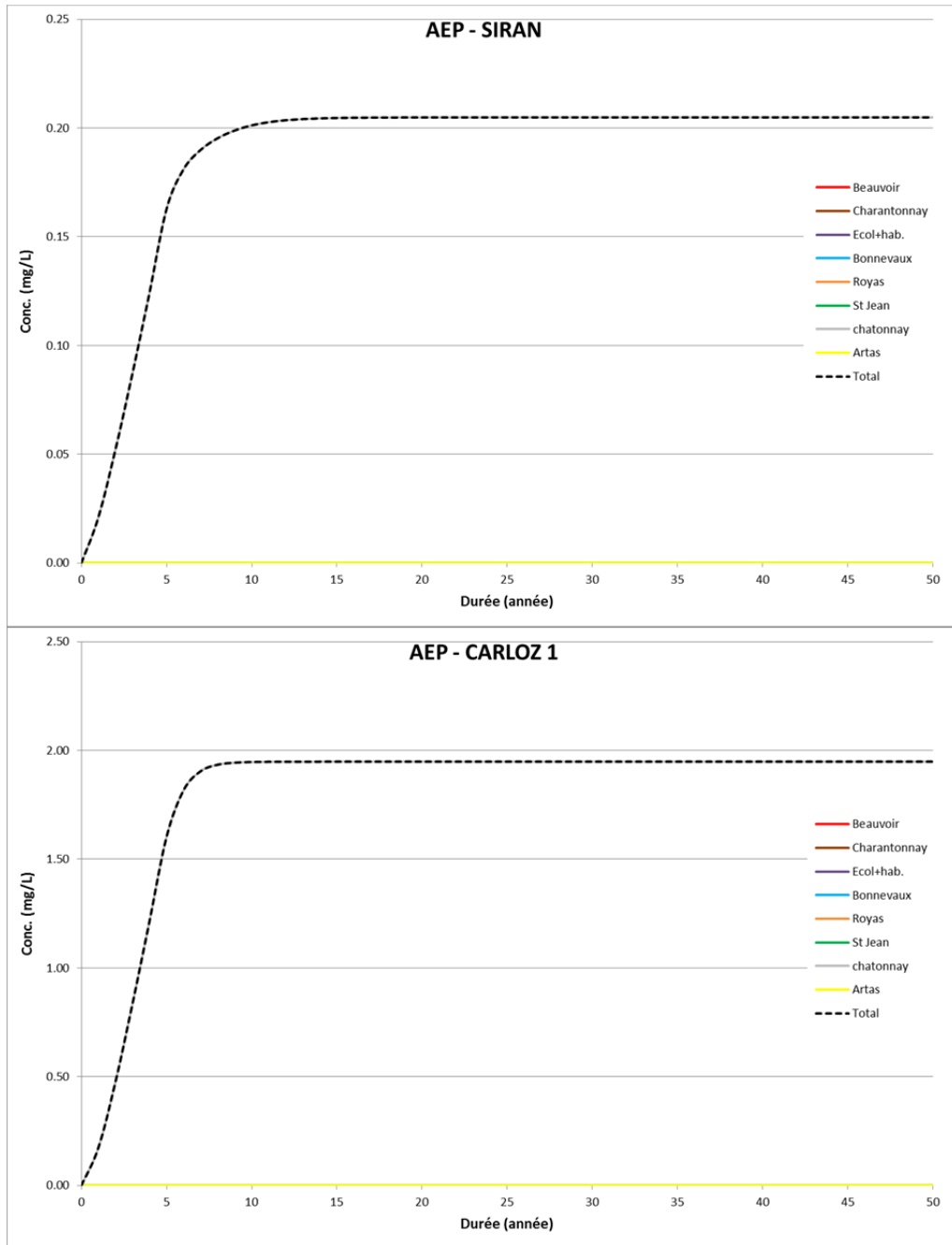


Figure 36– Origine des concentrations simulées au niveau de Siran et Carloz – Simulation 3

6.4.2.4 Synthèse

Ce que l'on peut retenir de cette simulation :

- Des panaches de concentrations présentant une extension proche de celles observées lors des simulations précédentes et des concentrations du même ordre de grandeur que pour les simulations 1 et 2,
- Une diminution, par rapport à l'état actuel, des concentrations en azote au niveau de :
 - Cul de Bœuf du fait du déplacement à l'aval du captage de la step de Charantonay,
 - Siran du fait des pompages importants de Carloz qui stoppent l'avancée du panache issu de Chatonnay.
- Une augmentation, par rapport à l'état actuel, des concentrations en azote au niveau de :
 - Gémens, La Détourbe, Bielles ainsi que les captages agricoles du fait de l'augmentation de la capacité de traitement de la step de St Jean,

A noter que les captages agricoles sont aussi influencés par l'augmentation des ANC « habitations ».

6.5 Simulation 4 – Etat futur (2030)

6.5.1 Hypothèses

Les concentrations aux points de rejets sont reportées dans le Tableau 12. A noter le regroupement en station intercommunale des stations de Beauvoir et Charantonay (désignée par « inter. Beauvoir » dans la suite du rapport) et des step de Chatonnay, Saint-Jean, Royas et d'une partie des ANC de Mépin ((désignée par « inter. Savas » dans la suite du rapport).

Globalement, le nombre de point de rejet a été divisé par 2. A noter aussi la diminution du nombre d'habitations non raccordées à l'assainissement non collectif. Selon les hypothèses retenues, elles ne seraient plus que de 84 au lieu de 238 en situation actuelle ou 318 en situation 2.

Tableau 12 – Simulation 3 - Etat futur « 2030 » – Concentrations utilisées dans la simulation

	Rejet	Conc. mg/L	Dilution ratio
ARTAS	Infiltration	30.3	-
Inter. BEAUVOIR	Infiltration	17.4	-
Inter. SAVAS	Infiltration	11.1	-
ANC « BONNEVAUX »	Rivière	1.2	21
ANC « HABITATIONS »	Infiltration	100.0	-

Les débits prélevés pour les besoins agricoles sont identiques à ceux utilisés pour le calage (Tableau 2). En revanche, les débits des captages AEP ont été modifiés, ils sont identiques à ceux utilisés dans la simulation 3. Le Tableau 13 présente les débits considérés pour la simulation 4 ainsi que l'augmentation par rapport à l'état actuel.

Tableau 13 – Débits de pompage des AEP – simulation 3

Dénomination	Débits futurs m ³ /an	Evolution* ratio
CARLOZ 2	-	-
CARLOZ 1	550,000	1.3
CARLOZ 3	-	-
LA DETOURBE	885,000	1.1
CUL DE BŒUF	600,000	2
SIRAN	547,500	2.1
BIELLES 0	-	-
BIELLES 1	215,000	1.1
BIELLES 2	-	-
GEMENS	4,015,000	1

* « Evolution » représente la variation des débits entre l'état actuel et l'état futur exprimée sous la forme d'un ratio : état actuel / état futur.

6.5.2 Résultats de la simulation 3

6.5.2.1 Cartographie

La carte d'iso-valeur représentant l'évolution des panaches de concentrations en azote total après 50 ans d'exploitation est présentée en Figure 37. Comparativement aux simulations 1, 2 et 3, les panaches de concentrations sont moins étendus et les valeurs maximales moins élevées (diminution d'un facteur 3), en particulier dans les zones où il y avait de nombreux ANC « habitations ».

Comme pour les simulations 1 (état actuel) 2 et 3 (états futurs), l'étendue maximale des concentrations est observée au centre-sud du modèle. Cette zone correspond au rejet de la step interco. Savas conjuguée à des vitesses d'écoulement faibles (de l'ordre de 2.10^{-7} m/s). Le panache s'estompe rapidement lorsqu'il atteint le centre de la vallée où les écoulements sont plus rapides et les débits plus importants.

Les panaches suivent globalement les mêmes tendances que celles simulées pour l'état actuel « 2015 » - simulation 1.

Bien que l'on observe une diminution générale des concentrations tant en portée qu'en amplitude, on notera qu'à l'aval du modèle, l'iso-valeur 1 mg/L (du panache le plus proche) ne se situe plus qu'à environ 3 km du captage de Gémens. Il était à environ 6km dans les simulations précédentes.

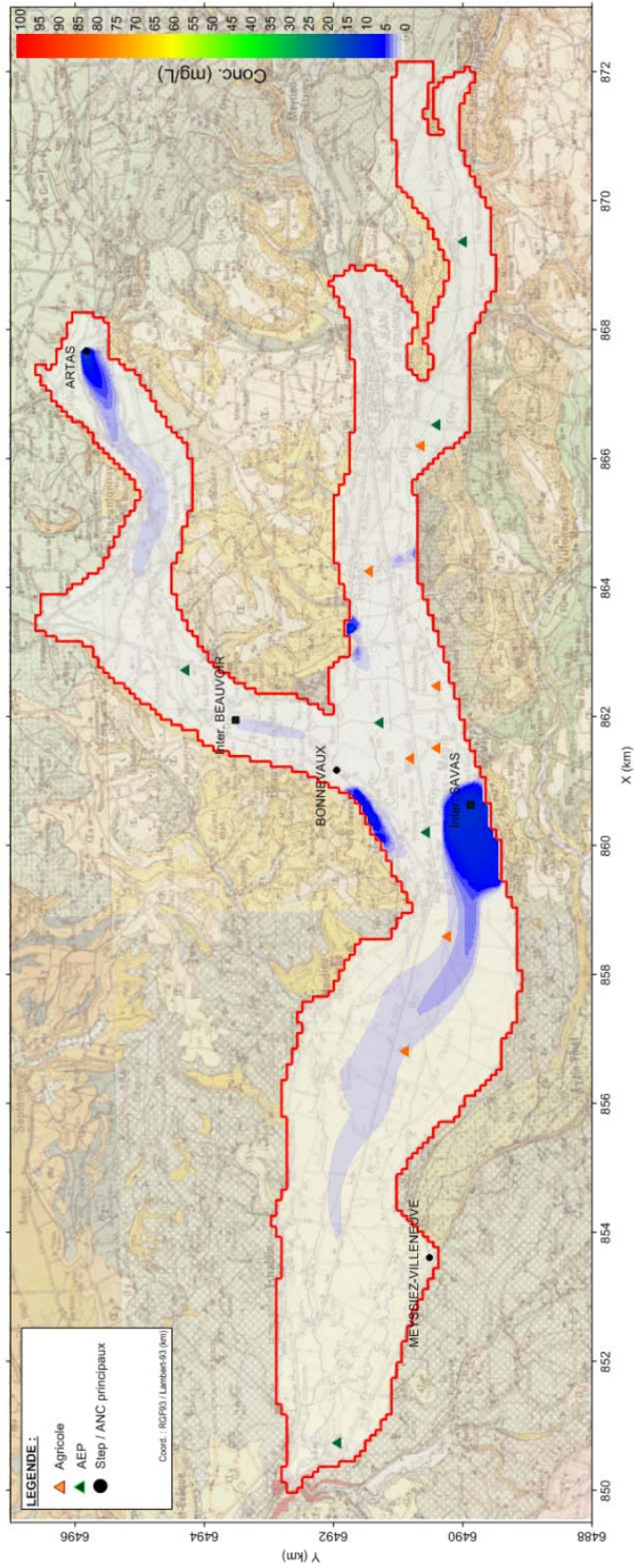


Figure 37 - Cartographie des concentrations après 50 ans d'exploitation – Simulation 4

6.5.2.2 Historique des concentrations

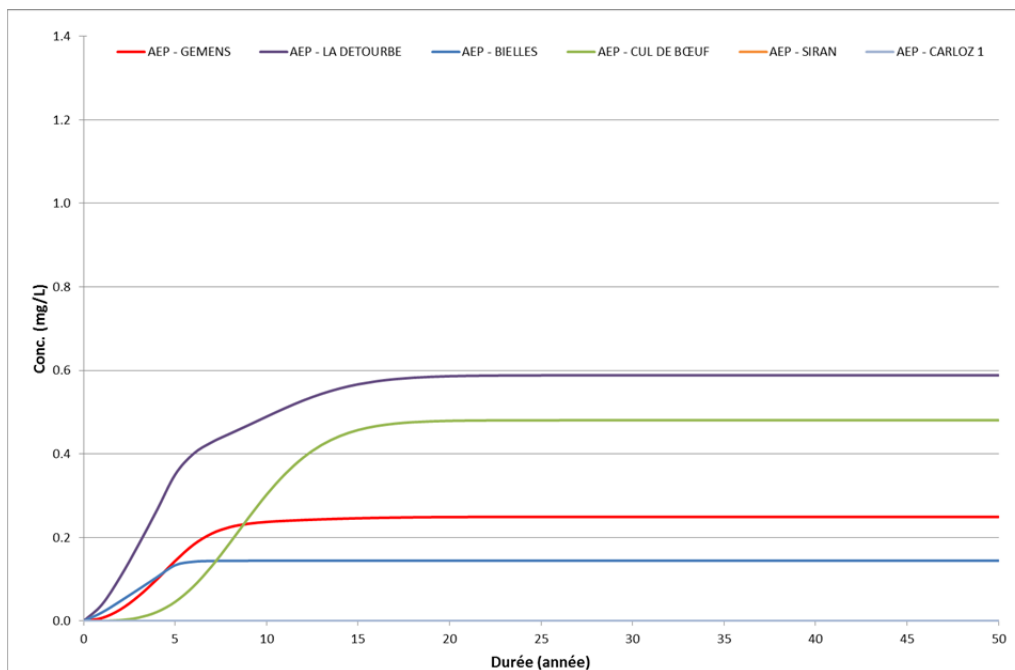


Figure 38 - Historique des concentrations aux AEP – Simulation 4

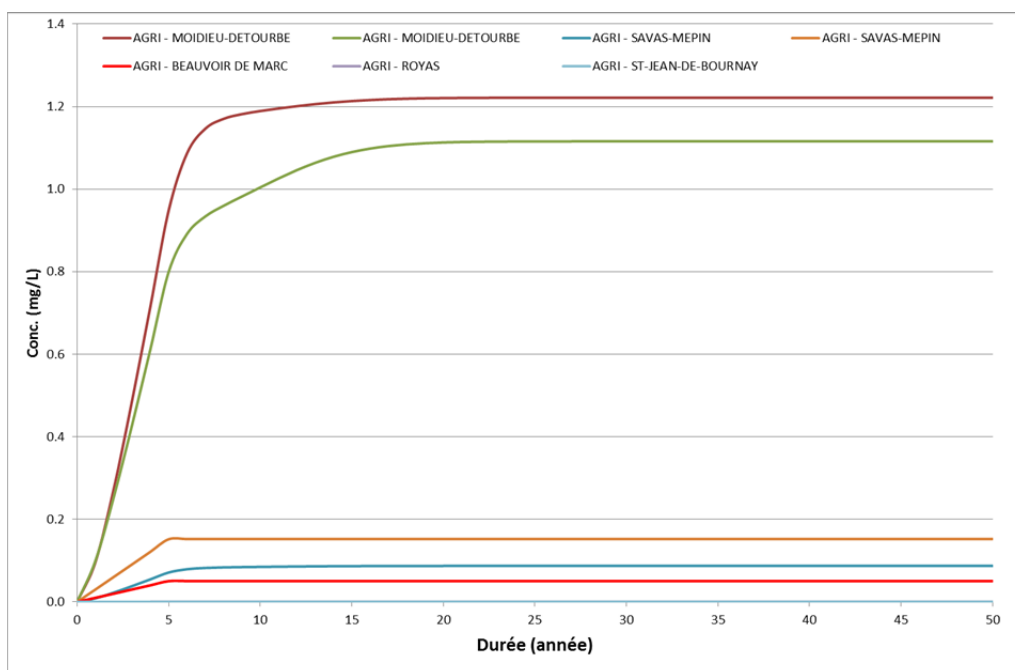


Figure 39 - Historique des concentrations aux captages agricoles – Simulation 4

Comme pour les simulations de l'état actuel :

- les concentrations croissent rapidement les dix premières années (entre 50% et 90% de la concentration finale) puis atteignent un état stationnaire où la concentration ne varie quasiment plus.
- Les concentrations aux points de suivi sont globalement très faibles (1.2 mg/L au maximum).

Tous les AEP présentent des concentrations très faibles (0.6 mg/L au maximum au niveau de la Détourbe) et inférieures (à l'exception de Gémens) à celles observées dans l'état actuel.

A noter une légère augmentation des concentrations au niveau de Gémens (+0.11 mg/L) par rapport à l'état actuel (=simulation 1). Les concentrations de Gémens sont environ 2.5 fois plus faibles que celles de La Détourbe.

Les captages agricoles, sont eux aussi globalement moins impactés par l'évolution des panaches d'azote. La majorité des concentrations sont inférieures à 0.2 mg/L. Seuls les deux ouvrages de Moidieu – Détourbe, situés dans l'axe du panache issu de la step interco. Savas, présentent des valeurs supérieures à 0.2 mg/l (entre 1 et 1.2 mg/L) et plus élevées qu'à l'état actuel.

6.5.2.3 Origine des concentrations aux AEP

D'une manière générale et comme évoqué dans le paragraphe précédent, les concentrations aux AEP sont très faibles (entre 0 mg/L et 0.6 mg/L) et moins élevées que celles obtenues lors de la simulation de l'état actuel (sauf pour Gémens). Comme pour l'état actuel, des simulations unitaires ont été effectuées afin d'identifier l'origine des concentrations composant les rejets au droit des captages AEP. Ces simulations permettent donc de préciser l'impact de chaque station d'épuration sur les concentrations des AEP.

6.5.2.3.1 Gémens

Au niveau de la galerie de Gémens, la majeure partie de l'azote (80%) provient de la step interco. de Savas. Sur les 20% restant, 10% proviennent de la seconde step intercommunale (interco. Beauvoir).

Par rapport à la situation actuelle, la concentration totale à 50 ans a légèrement augmenté (0.13 mg/l en plus). Cette augmentation est essentiellement due aux rejets de la step interco Savas qui est le point de rejet d'eaux usées le plus proche du captage (environ 10km en amont).

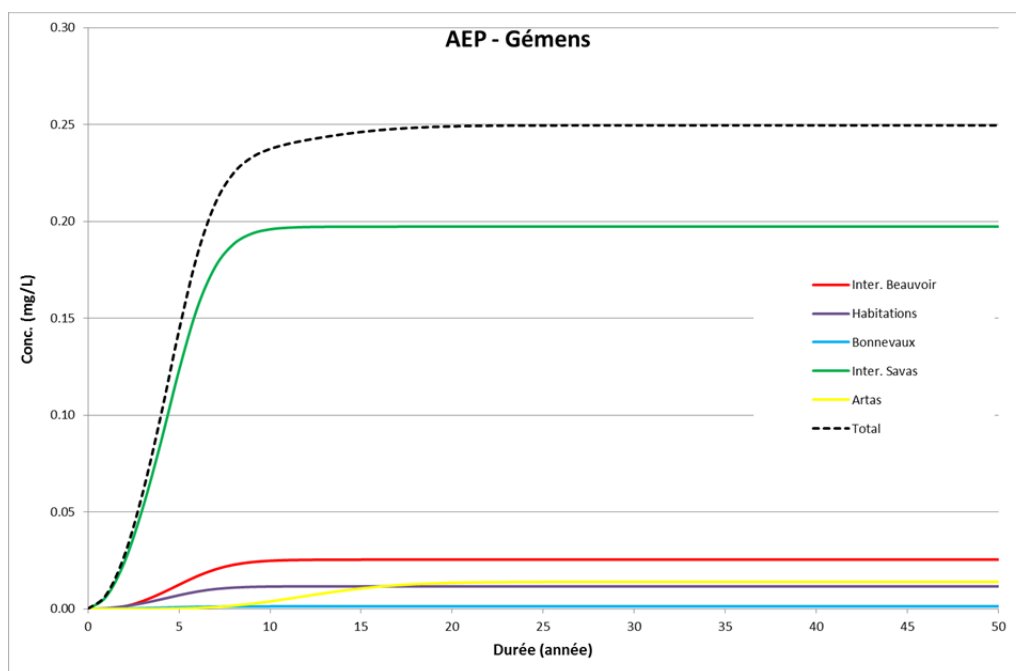


Figure 40 – Origine des concentrations simulées au niveau de Gémens – Simulation 4

6.5.2.3.2 La Détourbe

Au niveau du captage de La Détourbe, la concentration totale est assez faible (0.6 mg/L). Les deux principales sources d'azote sont la step interco. Beauvoir (50% du total) et la step d'Artas (25%) qui arrive avec un délai d'environ 10 ans du fait de son éloignement (environ 10 km en amont).

Par rapport à la situation actuelle, la concentration totale à 50 ans a diminué d'environ 0.2 mg/l (- 20%). Cette diminution est essentiellement due à la délocalisation de la step de St Jean, regroupée dans la step interco. Savas.

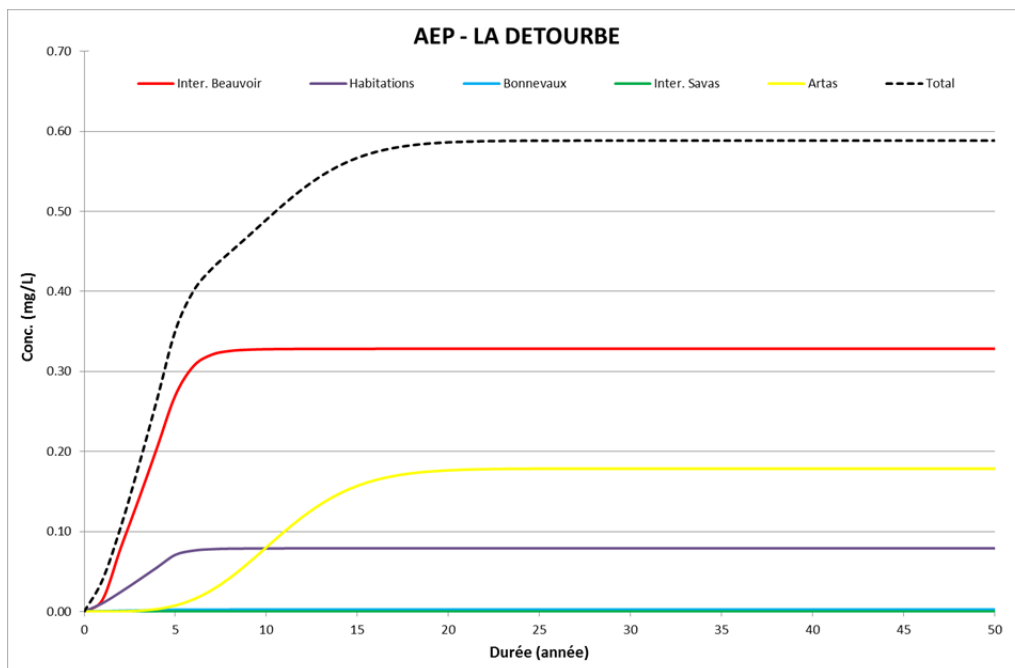


Figure 41 - Origine des concentrations simulées au niveau de La Détourbe – Simulation 4

6.5.2.3.3 Les Bielles

Au niveau du captage des Bielles, la totalité de l'azote provient des ANC « habitations ».

A noter une diminution d'environ 0.45 mg/L (- 75%) par rapport à l'état actuel. Là encore, cette diminution est essentiellement due à la délocalisation des step de St Jean et de Royas dans une moindre mesure, regroupées dans la step interco. Savas.

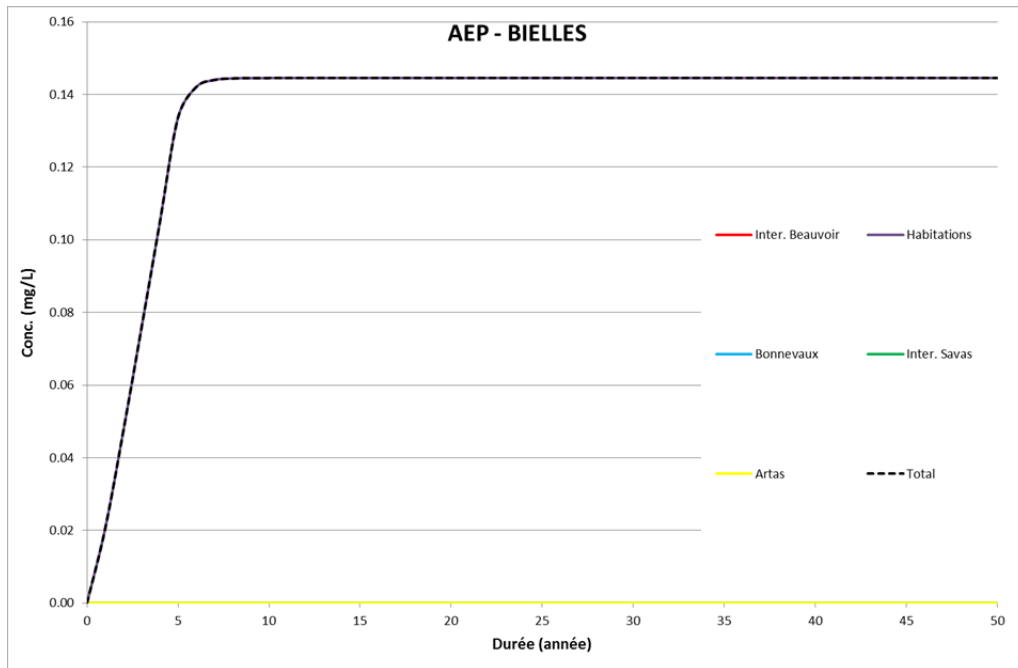


Figure 42– Origine des concentrations simulées au niveau des Bielles – Simulation 4

6.5.2.3.4 Cul-de-Boeuf

Au niveau du captage de Cul-de-Bœuf, le regroupement à l'aval de la step de Charantonnay et de Beauvoir permet de diminuer considérablement la concentration. La totalité de la concentration provient de la step d'Artas.

Par rapport à l'état actuel, la concentration a été diminuée d'environ 1 mg/L (- 70%).

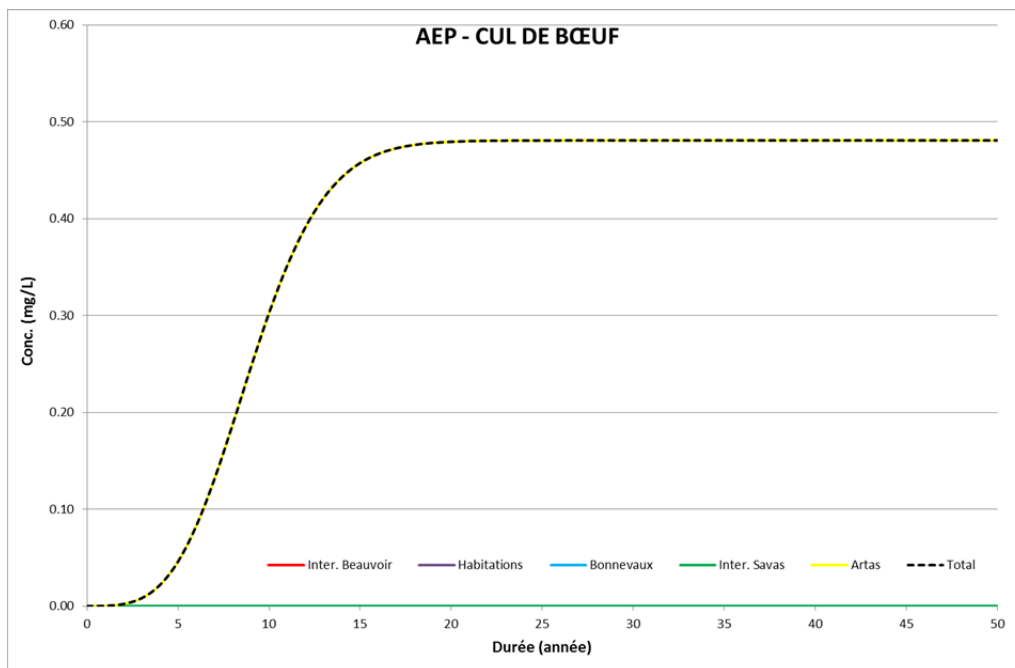


Figure 43 – Origine des concentrations simulées au niveau de Cul-de-Bœuf – Simulation 4

6.5.2.3.5 Siran et Carloz

La step de Chatonnay ayant été déplacée en aval (interco. Savas), aucun rejet n'est effectué en amont des deux ouvrages AEP. La concentration en azote est donc nulle au niveau de ces captages.

6.5.2.4 Synthèse

Ce que l'on peut retenir de cette simulation :

- Des panaches de concentrations faibles tant en portée qu'en amplitude,
- Une diminution des concentrations en azote au niveau de tous les captages AEP (entre 20% et 80% d'amélioration) sauf sur celui de Gémens du fait de la proximité de la step interco. Savas (augmentation d'un facteur 2).

7 Synthèse générale

7.1 Hypothèses des scénarios

Les hypothèses de rejets des step sont reportées dans le Tableau 14. Les principaux changements par rapport à l'état actuel sont les suivants :

- SIMU 2 :
 - Artas – augmentation des débits (x 3),
 - Beauvoir – augmentation des concentrations (x 2),
 - Charantonay – diminution des concentrations injectées (/ 2),
 - Royas – augmentation des concentrations (x 2) et rejet en infiltration,
 - St Jean – déplacement à l'est, augmentation des débits (x 2) et concentrations (x 2), rejet en infiltration,
 - Bonnevaux – diminution des concentrations (/ 10),
 - ANC Habitations – augmentation des débits et du nombre d'habitations (+ 30%).
- SIMU 3, idem SIMU 2 sauf pour :
 - Charantonay – déplacée à l'aval du captage de Cul-de-Bœuf,
 - St Jean – même emplacement et type de rejet que la simulation 1 (état actuel) mais débits augmentés (x 2) et concentration identique.
- SIMU 4 :
 - Beauvoir, Charantonay - regroupement (et donc suppression des step) en step intercommunale,
 - Chatonnay, St Jean, Royas, ANC Mepin – regroupement (et donc suppression des step) en step intercommunale,
 - ANC Habitations – diminution du nombre d'habitations (- 60%).

Tableau 14 – Récapitulatif des débits et concentrations des step pour les quatre scénarios

	ACTUEL – SIMU 1			SIMU 2			SIMU 3			SIMU 4		
	Rejet	Débits m ³ /s	Conc. mg/L	Rejet	Débits m ³ /s	Conc. mg/L	Rejet	Débits m ³ /s	Conc. mg/L	Rejet	Débits m ³ /s	Conc. mg/L
ARTAS	Infil.	0.0006	37.74	Infil.	0.0019	30.3	Infil.	idem 2	30.3	Infil.	idem 2	30.3
BEAUVOIR	Riv.	0.0017	12.88	Infil.	0.0019	25.6	Infil.	idem 2	25.6	-	-	-
CHARANTONNAY	Infil.	0.0026	30.63	Infil.	0.0033	17.6	Infil.	idem 2	17.6	-	-	-
CHATONNAY	Riv.	0.0044	5.70	Riv.	0.0045	6.9	Riv.	idem 2	6.9	-	-	-
MEYSSIEZ - VILLNEUVE	Riv.	-	-	Riv.	-	-	Riv.	-	-	Riv.	-	-
ROYAS	Riv.	0.0004	4.99	Infil.	0.0005	26.8	Infil.	idem 2	26.8	-	-	-
SAINT JEAN	Riv.	0.0148	5.09	Infil.	0.0267	10.6	Riv.	idem 2	6.0	-	-	-
BONNEVAUX	Riv.	0.0002	12.32	Riv.	0.0002	1.2	Riv.	idem 2	1.2	Riv.	idem 2	1.2
ECOLE	Infil.	0.0001	88.89	Infil.	5.2E-05	100.0	Infil.	idem 2	100.0	-	-	-
ANC HABITATIONS	Infil.	3.5E-06	100.00	Infil.	4.5E-06	100.0	Infil.	idem 2	100.0	Infil.	idem 2	100.0
BEAUVOIR/CHARANTONNAY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Infil.	0.0051	17.4
CHATONNAY/SAINT-JEAN/ROYAS/ANC MEPIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Infil.	0.0326	11.1

7.2 Résultats des scénarios

Les résultats des quatre simulations sont reportés dans le Tableau 15 sous forme de concentrations au droit des captages AEP et agricoles. Dans ce tableau, les ratios sont exprimés par rapport à l'état initial et sont positifs lorsqu'il s'agit d'une amélioration de la qualité de l'eau souterraine (= diminution en azote total) et négatifs lorsqu'il s'agit d'une détérioration de la qualité de l'eau souterraine (= augmentation en azote total). Le code couleur correspond à des limites arbitraires bleu entre [-1.5 ; 1.5], vert entre [1.5 ; 100], rouge entre [-100 ; -1.5]. Le signe « ok » signifie une disparition totale des concentrations en azote total.

Par rapport à la situation actuelle, la simulation 2 est celle qui présente les plus fortes concentrations en azote total au droit des points d'observations. Les principales causes étant les rejets de la step de St Jean et, dans une moindre mesure, l'augmentation du nombre d'ANC habitations.

La simulation 3 présente une nette amélioration de la qualité de l'eau vis-à-vis de l'azote total au niveau du captage AEP du Cul-de-Bœuf et du captage agricole de Royas. Mais les concentrations en azote total sont globalement plus élevées que dans l'état actuel.

En revanche, dans la simulation 4, le regroupement des stations de Chatonnay, St-Jean, Royas et des ANC Mépin en step intercommunale et son positionnement en aval des principaux points de prélèvements AEP améliore notablement la qualité des eaux souterraines au niveau de Carloz, Siran, Bielles et La Détourbe. Le même constat est fait au niveau des captages agricoles sauf les deux situés en aval de la step intercommunale pré-citée (Moidieu – Détourbe). Le regroupement des step de Charantonay et Beauvoir (interco. Beauvoir) et son positionnement à l'aval du captage de Cul-de-Bœuf, permet de diminuer notablement les concentrations en azote total de ce captage. Le captage de Gémens est plus impacté par ce changement (augmentation d'un facteur 2 des concentrations en azote total) mais les concentrations restent dans des gammes très faibles (<0.5mg/L).

Tableau 15 – Synthèse des résultats des simulations

Nom	SIMU 1			SIMU 2			SIMU 3			SIMU 4		
	Conc mg/L	Conc mg/L	Ratio -	Cause principale -	Conc mg/L	Ratio -	Cause principale -	Conc mg/L	Ratio -	Cause principale -		
MOIDIEU-DETOURBE - CHASSE	0.46	0.66	-1.4		0.71	-1.5		1.22	-2.7	Inter. Savas (ajout)		
MOIDIEU-DETOURBE - CHARAVETIERE	0.97	1.16	-1.2		1.16	-1.2		1.12	-1.2			
SAVAS-MEPIN - LA PELISSONIERE	1.11	2.17	-2.0	St Jean (type de rejet)	1.99	-1.8	St Jean (augmentation des concentrations rejetées)	0.09	12.3	St Jean (suppression) ANC (diminution du nombre)		
SAVAS-MEPIN - GRANDE DE SEIGLIERE	1.5	2.98	-2.0	St Jean (type de rejet)	2.98	-2.0	St Jean (augmentation des concentrations rejetées)	0.15	10.0	St Jean (suppression) ANC (diminution du nombre)		
BEAUVOIR-DE-MARC - LES SEIGLIERES	1.78	2.77	-1.6	ANC (augmentation du nombre)	2.76	-1.6	ANC (augmentation du nombre)	0.05	35.6	St Jean (suppression) ANC (diminution du nombre)		
ROYAS - LE CHEVALLET	0.24	2.9	-12.1	St Jean (type de rejet)	0.68	-2.8	St Jean (augmentation des concentrations rejetées)	-	ok	Chatonnay (suppression)		
ST-JEAN-DE-BOURNAY - LES EPARELLIERES	0.27	0.11	2.5	augmentation des débits de pompage de Carloz qui "stoppent" l'avancée du panache	0.16	1.7	augmentation des débits de Carloz qui "stoppent" l'avancée du panache	-	ok	Chatonnay (suppression)		
CARLOZ 1	1.66	1.64	1.0		1.95	-1.2		-	ok	Chatonnay (suppression)		
LA DETOURBE	0.78	1.33	-1.7	St Jean (type de rejet)	1.24	-1.6	St Jean (augmentation des concentrations rejetées)	0.59	1.3	St Jean (suppression) Charantonnay (supression)		
CUL DE BŒUF	1.61	1.39	1.2		0.48	3.4	Charantonnay (déplacement à l'aval)	0.48	3.4	Charantonnay (supression)		
SIRAN	0.32	0.14	2.3	augmentation des débits de pompage de Carloz qui "stoppent" l'avancée du panache	0.2	1.6	augmentation des débits de Carloz qui "stoppent" l'avancée du panache	-	ok	Chatonnay (suppression)		
BIELLES 1	0.6	1.93	-3.2	St Jean (type de rejet)	1.22	-2.0	St Jean (augmentation des concentrations rejetées)	0.14	4.3	St Jean (suppression) ANC (diminution du nombre)		
GEMENS	0.12	0.16	-1.3		0.16	-1.3		0.25	-2.1	Inter. Savas (ajout)		