

Ville de BELLEVILLE (69)

DELIMITATION ET DEFINITION DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DE BELLEVILLE (69)

RAPPORT FINAL

Étude 09-085/69

Mai 2010

CPGF-HORIZON

Centre-Est

"Le River" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com

eau
environnement
géophysique...



OPQIBi
INGÉNIERIE QUALIFIÉE
N° 08 06 1986

SOMMAIRE

1 Contexte réglementaire.....	8
2 Préambule.....	9
3 Contexte général et moyens mis en œuvre.....	10
3.1 Contexte général.....	10
3.1.1 Documents guide	10
3.1.2 Définitions préalables	10
3.2 Moyens mis en œuvre.....	11
3.2.1 Analyse bibliographique.....	11
3.2.2 Mise à jour des données	11
3.2.3 Enquête de terrain.....	12
3.2.4 Analyse multicritères	12
4 L'alimentation en eau potable	13
4.1 Territoire desservi	13
4.2 Le champ captant de Belleville.....	14
4.2.1 Localisation du champ captant	14
4.2.2 Historique du champ captant.....	14
4.2.3 Descriptif du champ captant	15
4.2.4 Descriptif sommaire de la filière de traitement.....	15
5 Qualité des eaux.....	16
5.1 Qualité des eaux souterraines.....	16
5.1.1 Le champ captant AEP de Belleville	16
5.1.2 Comparaison entre les eaux du champ captant de Belleville et du forage du SIEVA.....	18
5.2 Qualité des eaux superficielles.....	19
5.3 Caractéristiques des eaux à l'échelle du bassin d'alimentation	19
5.3.1 Eaux superficielles : l'Ardières	19
5.3.2 Eaux souterraines.....	19
5.4 Conclusions partielles	21
6 Contexte hydrologique	22
6.1 Les cours d'eau.....	22
6.1.1 L'Ardières	22
6.1.2 Le ruisseau de la Morcille	23



6.1.3 Le Sarron	23
6.1.4 La Mézerine.....	23
6.2 Bilan hydroclimatique	23
6.2.1 Principe	24
6.2.2 Bilan hydroclimatique 2000-2009.....	25
6.2.3 Conclusions partielles.....	26
7 Contexte géologique	27
7.1 Cadre général	27
7.1.1 Les alluvions de la Saône.....	27
7.1.2 Les Monts du Beaujolais.....	27
7.2 Contexte local	28
7.3 Campagne géophysique complémentaire	29
7.3.1 Principe de la prospection par panneaux électriques.....	29
7.3.2 Résultats de la prospection électrique	30
7.3.3 Conclusions partielles.....	33
8 Contexte hydrogéologique	34
8.1 Aquifères en présence	34
8.1.1 Aquifères fracturés	34
8.1.2 Aquifères poreux	35
8.2 Relations entre aquifères	35
8.3 Piézométrie	36
8.4 Caractéristiques hydrodynamiques et hydrodispersives.....	36
8.4.1 Les formations cristallines	36
8.4.2 Les formations pliocènes.....	36
8.4.3 Les alluvions récentes	37
8.5 Détermination des isochrones.....	37
8.6 Détermination du bassin d'alimentation hydrogéologique	38
9 Contexte environnemental.....	39
9.1 Protection naturelle de la nappe.....	39
9.2 Occupation des sols.....	39
9.2.1 Activités agricoles.....	39
9.2.2 Industries.....	40
9.2.3 Infrastructures	41
9.2.4 Assainissement	41
9.3 Réseau hydrographique.....	42
9.3.1 Recensement et suivi qualité.....	42
9.3.2 Risques d'inondation	42
9.3.3 Drainage.....	42
9.4 Conclusions partielles	43
10 Analyse multicritères.....	44
10.1 Principes de l'analyse multicritères.....	44
10.2 Délimitation de la zone d'étude.....	45
10.3 Critères retenus.....	46
10.3.1 L'hydrogéologie	46
10.3.2 Géologie	49
10.3.3 L'occupation des sols.....	51
10.3.4 L'hydrographie	52



10.3.5	Le ruissellement.....	53
10.4	Résultats et zonage des risques.....	54
10.4.1	Carte de vulnérabilité.....	54
10.4.2	Carte des risques.....	55
10.5	Conclusion partielle	56
11	Conclusions et préconisations	57
11.1	Rappels du contexte.....	57
11.2	Délimitation du BAC	57
11.3	Résultats de l'analyse multicritères.....	58
11.4	Préconisations.....	58
12	Bibliographie	60



FIGURES

09-085/69-01	Situation générale
09-085/69-02	Evolution de la production du champ captant de Belleville
09-085/69-03	Implantation des ouvrages
09-085/69-04	Chroniques des teneurs en nitrates et en sulfates entre 1999 et 2009
09-085/69-05	Evolution des teneurs en pesticides entre 1999 et 2009
09-085/69-06	Evolution des précipitations et des débits spécifiques entre 2000 et 2009
09-085/69-07	Contexte géologique et implantation des coupes transversales
09-085/69-08	Implantation des panneaux électriques
09-085/69-09	Interprétation des panneaux électriques
09-085/69-10	Coupes géologiques transversales
09-085/69-11	Schéma conceptuel des écoulements
09-085/69-12	Esquisse piézométrique
09-085/69-13	Zone d'appel des forages
09-085/69-14	Délimitation du bassin d'alimentation des captages
09-085/69-15	Occupation des sols
09-085/69-16	Méthodes de cultures de la vigne
09-085/69-17	Réseau de drainage des vignes
09-085/69-18	Réseau de drainage des cultures
09-085/69-19	Analyse multicritères : Distance aux captages

09-085/69-20	Analyse multicritères : Profondeur de la nappe
09-085/69-21	Analyse multicritères : Perméabilité des formations superficielles
09-085/69-22	Analyse multicritères : Epaisseur d'aquifère
09-085/69-23	Analyse multicritères : Bassins versants
09-085/69-24	Analyse multicritères : Captivité de la nappe
09-085/69-25	Analyse multicritères : Perméabilité de l'aquifère
09-085/69-26	Analyse multicritères : Fracturation
09-085/69-27	Analyse multicritères : Occupation des sols
09-085/69-28	Analyse multicritères : Hydrographie
09-085/69-29	Analyse multicritères : Ruissellement
09-085/69-30	Analyse multicritères : Carte de vulnérabilité
09-085/69-31	Analyse multicritères : Carte des risques
09-085/69-32	Analyse multicritères : Carte des risques agricoles



TABLEAUX

Tableau 1	Comparaison des eaux captées par Belleville et le SIEVA sur Saint-Jean d'Ardières
Tableau 2	Données hydrologiques moyennes mensuelles de l'Ardières à Beaujeu
Tableau 3	Moyennes mensuelles des données climatiques entre 2000 et 2009
Tableau 4	Moyennes annuelles des données climatiques entre 2000 et 2009
Tableau 5	Coupe géologique du forage P2b
Tableau 6	Coupe géologique du forage F4
Tableau 7	Coupe géologique du forage F5
Tableau 8	Caractéristiques hydrodynamiques des forages AEP
Tableau 9	Dimensions du cône d'appel des forages
Tableau 10	Estimation des isochrones
Tableau 11	Nomenclature DCE des entités hydrologiques
Tableau 12	Paramètres de l'analyse multicritères
Tableau 13	Classes de qualité
Tableau 14	Classes du paramètre « Distance aux captages »
Tableau 15	Classes du paramètre « Profondeur de la nappe »
Tableau 16	Classes du paramètre « Perméabilité des formations superficielles »
Tableau 17	Classes du paramètre « Epaisseur d'aquifère »
Tableau 18	Classes du paramètre « Bassins versants »
Tableau 19	Classes du paramètre « Captivité de la nappe »
Tableau 20	Classes du paramètre « Perméabilité de l'aquifère »
Tableau 21	Classes du paramètre « Fracturation »
Tableau 22	Classes du paramètre « Occupation des sols »

Tableau 23	Classes du paramètre « Hydrographie »
Tableau 24	Classes du paramètre « Ruissellement »
Tableau 25	Classes du paramètre « Paramètres de la carte de vulnérabilité »
Tableau 26	Superficie du bassin versant impacté par chaque classe de risques

ANNEXES

Annexe 1 :	Résultats du suivi qualité sur l'Ardières (données SEQ'EAU)
Annexe 2 :	Caractéristiques des eaux à l'échelle du bassin versant (campagne janvier 2010)
Annexe 3 :	Bilan hydroclimatique
Annexe 4 :	Résultats des prospections électriques
Annexe 5 :	Coupes des forages



1

Contexte réglementaire

Les études de délimitation et de définition des bassins d'alimentation de captages trouvent leur origine dans l'adaptation de la **Directive Cadre Européenne 2000/60/CE**. Cette dernière, établissant le cadre d'une politique communautaire dans le domaine de l'eau, fixe des objectifs ambitieux en matière de reconquête de la qualité de la ressource destinée à l'eau potable. Dans ce cadre, elle impose à chaque état membre d'assurer la protection des captages AEP, de manière à :

- prévenir la détérioration de leur qualité ;
- réduire le traitement nécessaire à la production d'eau potable ;
- établir des zones de sauvegarde des captages.

L'adaptation de la DCE dans le corpus législatif français a donné lieu à la **Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 3 décembre 2006**, et notamment à son **Article 21** (ou L 211-3, II-5° du Code de l'Environnement), précisé par le **décret du 14 mai 2007** relatif aux « zones soumises à certaines contraintes environnementales », qui renforce les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection quantitative et qualitative des aires d'alimentation de captages, pour lutter en particulier contre les pollutions diffuses d'origine agricole.

Cette étude rentre également dans le cadre des mesures énoncées par le Grenelle de l'Environnement, à savoir la généralisation des périmètres de protection et la **protection des aires d'alimentation** de 500 captages parmi les plus importants et/ou les plus menacés d'ici 2012.



2

Préambule

La commune de Belleville alimente ses habitants en eau potable grâce à deux forages, F4 et F5, situés en bordure d'Ardières, sur le territoire de Saint-Jean-d'Ardières (figure 09-085/69-01). Ils captent la nappe profonde des sables du Pliocène.

Ce champ captant est classé « Captage prioritaire du Grenelle ». Le projet de loi de programmation relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement est d'assurer la protection de l'aire d'alimentation des 500 captages les plus menacés par les pollutions diffuses (pesticides et/ou nitrates) d'ici 2012.

C'est à ce titre que la commune de Belleville a mandaté CPGF-HORIZON Centre-Est. La délimitation du bassin d'alimentation de ces captages (BAC) repose sur la base d'un diagnostic territorial, et doit permettre la mise en place de mesures agroenvironnementales, destinées à restaurer et/ou préserver la qualité des eaux brutes du captage.

La rédaction du présent rapport a été assurée par Monsieur Fabien GUIRAUD, hydrogéologue, et par Mademoiselle Florence BASTIEN, ingénieur hydrogéologue et environnement, sous la supervision de Monsieur Frank LENCLUD, ingénieur hydrogéologue, directeur de CPGF-HORIZON Centre-Est.



3

Contexte général et moyens mis en œuvre

3.1 Contexte général

3.1.1 Documents guide

L'application de ce dispositif réglementaire a nécessité l'élaboration d'une trame méthodologique commune de délimitation des aires d'alimentation de captages.

Le BRGM a ainsi proposé, en septembre 2007, un guide méthodologique de « Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis de leur pollution diffuse » (BRGM/RP-55874-FR).

La présente étude a été réalisée sur la base de la méthodologie développée dans ce guide.

Cette dernière comporte plusieurs étapes :

- La délimitation de l'aire d'alimentation du captage (AAC);
- Le diagnostic des pressions, notamment agricoles ;
- La hiérarchisation des zones à protéger ;
- L'élaboration d'un programme d'action.

Remarque importante :

La démarche envisagée ne vise pas la protection de l'aquifère ou des aquifères alimentant le captage dans leur globalité, mais bien des portions d'aquifères alimentant le captage concerné.

3.1.2 Définitions préalables

Préalablement à la notion de bassin d'alimentation de captage (BAC), on définira la notion de **bassin hydrogéologique ou bassin versant souterrain**, qui correspond à la partie d'aquifère dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire. Il s'agit de l'homologue souterrain d'un bassin versant pour les eaux de surface.

De là, **l'aire d'alimentation d'un captage (AAC)** correspondra à l'ensemble des particules d'eau situé dans la zone saturée de la nappe souterraine, qui termineront leur course dans le captage.



Enfin, le **bassin d'alimentation d'un captage (BAC)** sera représenté par l'ensemble des points de la surface du sol contribuant à l'alimentation du captage.

A noter que pour les eaux souterraines, les notions de bassins d'alimentation de captages et d'aire d'alimentation de captages sont équivalentes.

3.2 Moyens mis en œuvre

3.2.1 Analyse bibliographique

La bibliographie consultée et analysée dans le cadre de cette étude est présentée en fin de rapport.

3.2.2 Mise à jour des données

Des compléments d'informations ont été collectés auprès des divers organismes compétents :

- Services déconcentrés de l'Etat :
 - DDT (ex-DDAF) ;
 - DDASS ;
 - DREAL (ex-DRIRE et ex-DIREN)
- Organismes consulaires (Chambre d'Agriculture)
- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse (<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>) ;
- Bases de données en ligne :
 - **ADES**: Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (<http://www.ades.eaufrance.fr/>)
 - **Infoterre** : site du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>)
 - **DREAL** (<http://www.rhone-alpes.environnement.gouv.fr/>) ;
 - **BASOL/BASIAS** : sites et sols pollués (<http://basol.ecologie.gouv.fr/>) ;
 - **CARTORISQUE** : risques naturels (dont inondations) (<http://cartorisque.prim.net/>) ;
 - **Registre français des émissions polluantes** (<http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP>)



3.2.3 Enquête de terrain

3.2.3.1 Campagne piézométrique et occupation des sols

L'analyse de la bibliographie a été complétée par une campagne de terrain en janvier 2010 comprenant un levé piézométrique sur les points d'eaux recensés lors de l'étude DH780 (*HORIZONS Centre-Est, 2001*). Des mesures de pH, conductivité, température, potentiel d'oxydoréduction et teneurs en oxygène dissous ont été réalisées sur chacun de ces points.

Un levé exhaustif de l'occupation des sols a été dressé dans un secteur de 5 km en amont des captages.

3.2.3.2 Investigations complémentaires

Une série de 8 panneaux électriques a été réalisée en avril 2010, perpendiculairement à la vallée de l'Ardières, afin de préciser la géométrie et les relations entre les différentes formations au droit de la rivière.

3.2.4 Analyse multicritères

Grâce à la synthèse des données géologiques, hydrogéologiques et environnementales, une analyse multicritères a été réalisée sur l'ensemble du bassin d'alimentation des captages de Belleville.

Elle permet d'apprécier la vulnérabilité naturelle des terrains, ainsi que les risques liés aux activités anthropiques.

4

L'alimentation en eau potable

4.1 Territoire desservi

Le service d'alimentation en eau potable de Belleville est géré au niveau de la commune de Belleville (*Rapports annuels de la Mairie de Belleville*). Il alimente :

- La totalité de la commune de Belleville ;
- Quelques abonnés situés en limite de commune Belleville / Saint-Jean-d'Ardières.

En 2008, le nombre total d'abonnés était de 3 023, soit environ 7 704 habitants.

Le service des eaux dispose d'une interconnexion avec le Syndicat Intercommunal des Eaux de la Vallée d'Ardières (SIEVA), pour un volume maximal de 300 m³/j. En 2008, le volume acheté au SIEVA était de 248 m³.

L'évolution de la production du champ captant de 2004 à 2008 est présentée sur le graphe suivant :

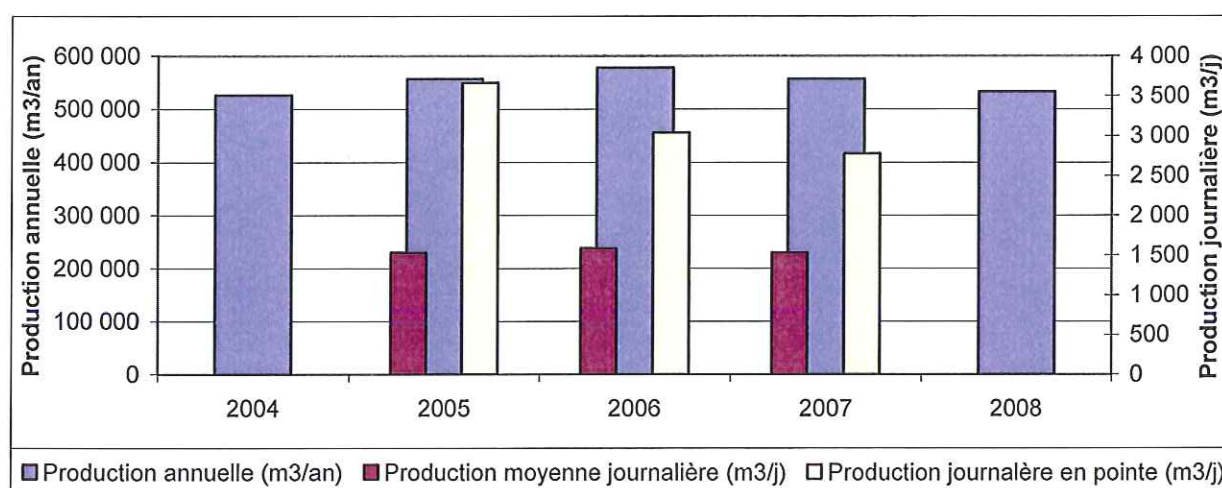


Figure 09-085/69-02 : Evolution de la production du champ captant de Belleville depuis 2004

La variation de production d'une année sur l'autre est de l'ordre de 5 %. Après une tendance à l'augmentation entre 2004 et 2006, la production annuelle était en diminution entre 2006 et 2008. Les volumes produits en période de pointe sont par ailleurs en diminution depuis 2005, alors que la production moyenne journalière reste stable. Actuellement, le volume de pointe se situe vers 2 600 m³/j.

En 1988, le service des eaux de la ville de Belleville a délégué la gestion du captage (pompage, production et distribution) à Veolia-Eau, anciennement Compagnie Générale des Eaux. Ce contrat d'affermage, initialement conclu pour 20 ans, a été renouvelé jusqu'au 30 juin 2016.

4.2 Le champ captant de Belleville

4.2.1 Localisation du champ captant

Le champ captant alimentant Belleville se situe sur la commune de Saint Jean d'Ardières, en rive gauche de l'Ardières. Celui-ci capte la nappe profonde des sables du Pliocène par le biais de deux forages.

A titre indicatif, le SIEVA possède également un forage, à 1 400 m au nord des ouvrages de Belleville, et captant le même aquifère profond, dont la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) est en cours d'instruction.

4.2.2 Historique du champ captant

L'implantation des différents ouvrages est présentée sur la figure 09-085/69-03.

L'historique du champ captant débute après la réalisation des réservoirs de la Plume en 1930. Les grandes étapes sont rappelées ci-après :

- 1930 : création de trois puits, d'une profondeur de 9 à 13 m. Ces ouvrages ont fonctionnés jusqu'en 1973 ;
- En 1964, le puits P1 a été approfondi jusqu'à 57 m ;
- en 1965, le puits P3 a été approfondi jusqu'à 62,30 m ;
- En 1973, lors de l'attribution de l'affermage à la CGE (ancien nom de Veolia Eau), le puits P2 a été abandonné et remplacé par le forage P2b (58 m de profondeur), implanté à environ 10 m à l'est de P2. Ces trois ouvrages ont fonctionné à un débit global de 100 m³/h jusqu'en 1977 ;
- En 1977, ce débit étant devenu insuffisant en période estivale, le forage F4 (80 m de profondeur) a été créé. Il était exploité à 140 m³/h. De 1977 à 1983, la commune était alimentée par P2b et F4, fonctionnant alternativement ;
- En 1983, suite à des traces de contamination en fer sur P2b, la commune décide de réaliser le forage F5 (profondeur 78 m). Elle est alors alimentée par les trois forages (P2b n'étant utilisé qu'épisodiquement) jusqu'en 1994 ;
- En 1994, la commune abandonne l'exploitation de P2b, qui est dès lors alimentée par les forages F4 et F5 ;
- En 2009, les anciens puits P1, P2 et P3 ont été comblés définitivement. L'ouvrage P2b a été réhabilité en piézomètre ;



- Les ouvrages F4 et F5 doivent faire l'objet d'un passage caméra courant 2010 pour diagnostiquer leur état et, si nécessaire, mettre en œuvre des travaux de régénération. Le télescopage entre le pré-trou et le tubage en petit diamètre doit être rénové sur les deux ouvrages.

4.2.3 Descriptif du champ captant

Le champ captant de Belleville a fait l'objet d'une Déclaration d'Utilité Publique le 21/06/1978, fixant la délimitation des périmètres de protections immédiate et rapprochée présentés en figure 09-085/69-03.

Suite à l'étude HORIZONS Centre-Est DH 780 de 2001, un rapport d'hydrogéologue agréé avait préconisé la mise en place d'un périmètre de protection éloignée. Il préconisait également l'extension du périmètre de protection rapprochée au droit de la vallée de l'Ardières, identifiée comme étant en relation avec l'aquifère Pliocène. A ce jour, la mise en place d'un périmètre de protection éloignée n'a toujours pas été régularisée par une DUP.

A l'heure actuelle, seuls les forages F4, F5 et P2b (réhabilité en piézomètre) subsistent dans le champ captant, tel que le préconisait l'étude DH780 de 2001.

4.2.4 Descriptif sommaire de la filière de traitement

Une station de traitement au chlore gazeux est installée sur la colonne de refoulement des deux forages, dans le champ captant. Cette station est actuellement adaptée aux conditions locales d'exploitation et permet la distribution d'une eau de bonne qualité.



5

Qualité des eaux

5.1 Qualité des eaux souterraines

5.1.1 Le champ captant AEP de Belleville

Les caractéristiques des eaux captées dans les sables pliocènes sur le champ captant sont issues du contrôle sanitaire réalisé par la DDASS sur les 11 dernières années (1999-2009).

Elles mettent en évidence une eau principalement **bicarbonatée-calcique, basique** (pH moyen = 7,9), **faiblement minéralisée** (255 $\mu\text{S/cm}$) **et douce** (TH = 12,6°F). Elles ne comportent ni fer ni manganèse, et pas d'ammonium.

Les teneurs en nitrates sont faibles, environ 8,5 mg/l en 2009, avec une légère évolution à la hausse ces 10 dernières années tout en restant inférieures à 10 mg/l. Les teneurs en sulfates sont également en augmentation sur la même période.

Les teneurs en oxygène dissous sont en moyenne de l'ordre de 7,7 mg/l. Cette concentration témoigne d'une eau bien oxygénée, correspondant à une nappe libre. Or, au droit du champ captant, la nappe est captive.

De plus, ces eaux sont faiblement minéralisées contrairement à ce que l'on pourrait attendre d'une eau ayant transité longuement dans un aquifère profond.

Des infiltrations d'eaux en provenance du milieu superficiel existent donc en amont dans l'aire d'alimentation des puits.



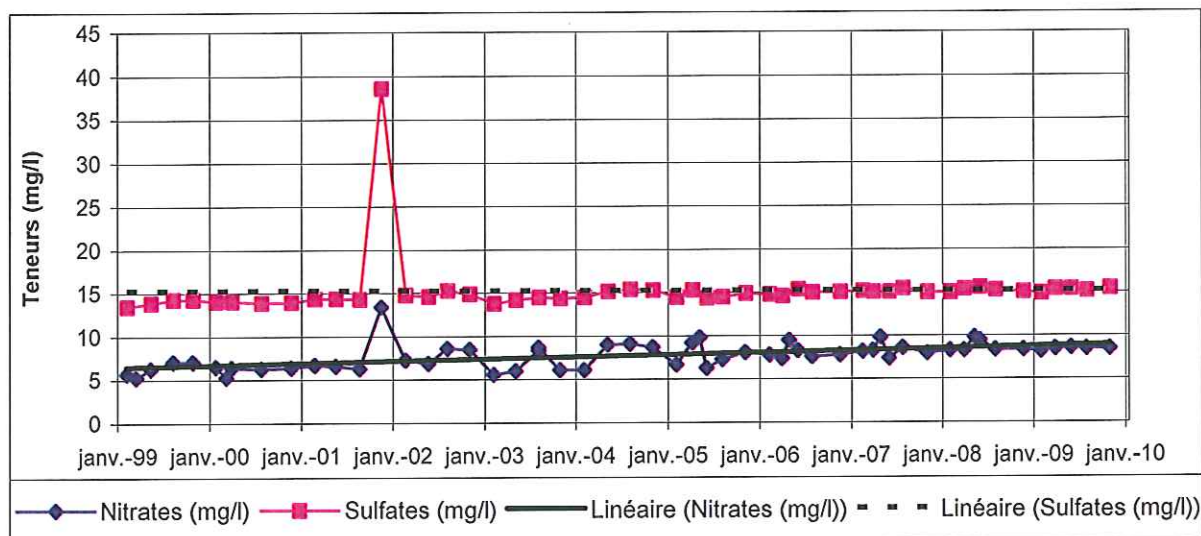


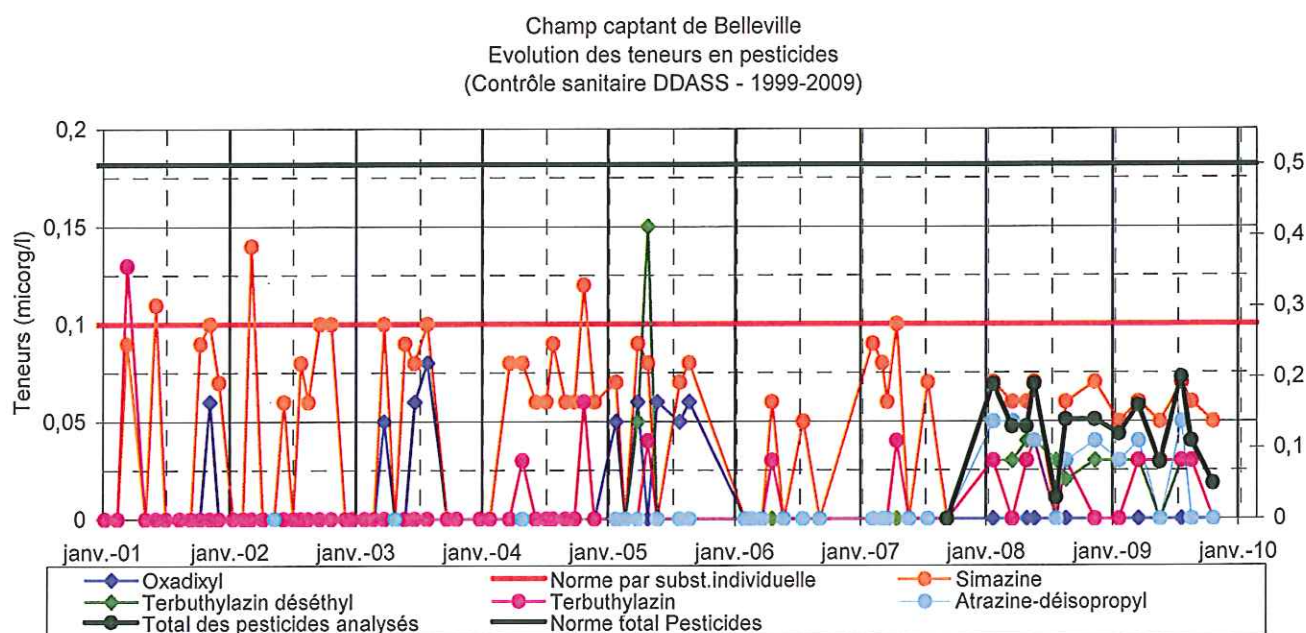
Figure 09-085/69-04 : Chronique des teneurs en nitrates et en sulfates entre 1999 et 2009

D'un point de vue des micropolluants, la présence de phytosanitaires est régulièrement détectée en teneurs significatives dans les eaux captées, malgré une nette diminution depuis 2005, date du dernier dépassement des limites de qualité du Code de la Santé Publique. Les substances principalement détectées encore à ce jour sont les suivantes :

- La simazine, utilisée en traitement de la vigne, est interdite depuis septembre 2001 ;
- L'atrazine déisopropyl, produit de dégradation de l'atrazine (produit phytosanitaire utilisé dans la culture du maïs, interdit depuis 2003) ;
- Le terbuthylazin et son sous-produit le terbuthylazin déséthyl. La molécule est un herbicide de la vigne, interdit depuis 2004.

L'oxadixyl, utilisée dans le traitement de la vigne et du maraîchage, n'est quasiment plus détecté depuis 2006. La molécule est interdite depuis le 31 décembre 2003.

Notons également la présence récurrente de tétrachloroéthylène depuis 2004 à des teneurs variant 1 et 5 µg/l, pour une limite de qualité fixée par le Code de la Santé Publique à 10 µg/l. Cette molécule est utilisée dans l'industrie comme solvant dans le textile, la métallurgie ou bien pour le nettoyage à sec.



5.1.2 Comparaison entre les eaux du champ captant de Belleville et du forage du SIEVA

Le tableau ci-dessous compare les principales caractéristiques des eaux captées dans l'aquifère du Pliocène sur les 2 sites :

Paramètres	Champ captant de Belleville (moyenne 1999-2009)	Saint-Jean-d'Ardières SIEVA (pompage longue durée août 2004/mars 2005)
pH	7,9	7,65
Conductivité (µS/cm)	255	546
TH (°F)	12,6	27,9
Nitrates (mg/l)	8,5	8
Fe (mg/l)	0	0,11
Mn (mg/l)	0	0,20
As (mg/l)	0	0,010

Tableau 1 : Comparaison des eaux captées par Belleville et le SIEVA sur Saint-Jean d'Ardières

Il est intéressant de noter que les caractéristiques des eaux captées pour l'AEP de Belleville sont significativement différentes de celles des eaux captées par le forage d'exploitation de Saint-Jean-d'Ardières (SIEVA), captant également la nappe du Pliocène.

En effet, les eaux du champ captant de Belleville montrent l'influence des eaux superficielles sur certains paramètres (faibles conductivités et TH, teneurs nulles en fer, manganèse et arsenic).

Cette différence pourrait être liée aux régimes de pompage différents sur les deux zones de captages (Belleville de 1964 à maintenant, 46 ans ; Saint-Jean-d'Ardières, 8 mois).

Dans le premier cas, une alimentation quasi-permanente s'est instaurée alors que dans le second cas, les eaux moins minéralisées n'ont pas encore eu le temps d'atteindre la zone de captage.

5.2 Qualité des eaux superficielles

La qualité de l'Ardières est suivie à Saint Jean d'Ardières, à la station n°6051550. Les résultats d'évaluation annuelle de la qualité suivant la grille du SEQ'EAU sont synthétisées en annexe 1.

Ils montrent d'importantes variations de qualité suivant les années mais toujours une dégradation marquée par la présence de pesticides, de micropolluants minéraux, et en moindre mesure de nitrates. La présence de HAP, surtout dans les sédiments, est également constante.

En 2007, l'Ardières restait de qualité médiocre à mauvaise du fait de la présence de pesticides et de micropolluants minéraux.

5.3 Caractéristiques des eaux à l'échelle du bassin d'alimentation

La campagne de mesures piézométriques a été complétée par des mesures de pH, conductivité, température, oxygène dissous et potentiel d'oxydoréduction sur l'ensemble des ouvrages. Des mesures ont également été réalisées sur les eaux superficielles de l'Ardières. Le tableau situé en annexe 2 synthétise ces résultats.

5.3.1 Eaux superficielles : l'Ardières

Les eaux de l'Ardières ont une température inférieure à 5°C (mesures en période hivernale) et une conductivité de l'ordre de 160 µS/cm (apports d'eau météorique peu minéralisée).

Leur pH augmente d'amont en aval, indiquant une alcalinisation de l'eau. Notons que ces eaux sont légèrement basiques, ce qui peut paraître surprenant pour des eaux lessivant un bassin d'alimentation en grande partie granitique.

Les teneurs en oxygène dissous sont élevées (>8 mg/l) et le potentiel d'oxydoréduction est important.

5.3.2 Eaux souterraines

5.3.2.1 La nappe alluviale de l'Ardières

La température des eaux est comprise entre 5°C (ouvrage peu profond) et 10°C. La conductivité augmente entre l'amont (Saint-Ennemond) et l'aval à Saint-Jean-d'Ardières (258 à 680 µS/cm), caractéristique d'un enrichissement progressif des eaux en éléments minéraux.

La conductivité au droit du point 13 est plus importante car celui-ci se situe à proximité d'une zone agricole céréalière. Cela peut traduire la présence potentielle d'apports azotés qui augmentent localement la minéralisation.



Le pH sur ces points est légèrement acide (6,7 en moyenne) du fait de la nature granitique du bassin d'alimentation. Les teneurs en oxygène dissous sont faibles : 2,5 mg/l en moyenne (nappe captive).

5.3.2.2 Les nappes des terrasses

Les conductivités des nappes des terrasses varient d'ouest en est (respectivement de 335 à 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les valeurs les plus faibles sont situées en amont de la nappe, c'est à dire à l'ouest. Les conductivités les plus élevées sont enregistrées en aval dans la plaine alluviale et en limite des cônes de déjections. Cette variation de conductivité est due à la différence de perméabilité entre les formations plus grossières des cônes de déjection (vitesse de transfert élevée) et les formations sablo-graveleuses moins perméables de la plaine alluviale (temps de transfert plus important). Rappelons que les temps de transfert importants favorisent la minéralisation de l'eau : plus l'eau reste longtemps en contact avec la roche encaissante, plus les échanges ioniques sont favorisés, entraînant la minéralisation de l'eau.

La température des eaux est généralement comprise entre 11 et 13°C et leur pH est neutre à acide, à l'exception de deux points où le pH est basique.

Les teneurs en oxygène varient de 4 à 10 mg/l. Les points ayant les teneurs en oxygène dissous les plus importantes sont situés au niveau de Pizay. Ce secteur ne comporte pas de couverture argileuse. Les apports d'eaux superficielles oxygènent donc la nappe à cet endroit.

5.3.2.3 La nappe du Pliocène

La nappe du Pliocène présente des conductivités relativement variables (de 250 à 1034 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les ouvrages situés dans les talwegs hydrogéologiques (zones d'écoulements préférentielles) captent des eaux dont la conductivité est inférieure à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vitesse de transit élevée). Les points situés en dehors des axes drainants ont des conductivités supérieures à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (temps de transfert plus important favorisant la minéralisation des eaux).

La température est similaire sur l'ensemble de la nappe (10°C en moyenne).

Le pH varie rapidement d'un secteur à l'autre, mais il est globalement proche de la neutralité, voire légèrement basique.

Les teneurs en oxygène dissous varient de 0 à 10,4 mg/l. Les teneurs les plus importantes sont mesurées sur les eaux du champ captant de Belleville (proche de 10 mg/l).

Ces différentes observations indiquent que :

- Les eaux ont **un temps de séjour important** dans l'aquifère pliocène du fait de leur forte conductivité ;
- Il existe des **zones de mélange avec des eaux superficielles** (en provenance de l'Ardières ou de des nappes des terrasses). Les eaux de mélange sont caractérisées par une oxygénation importante, des conductivités plus faibles liées à la contribution des eaux météoriques et des températures inférieures en cette période de l'année à celles constatées sur les autres ouvrages captant exclusivement l'aquifère pliocène.

Il apparaît que les eaux captées au droit des forages de la ville présentent effectivement certaines **caractéristiques d'eaux de surface**, à savoir une teneur en oxygène importante et une conductivité faible.



Des mesures isotopiques avaient été réalisées en 1992 (*étude CPGF n°4053*) sur 11 points d'eau de la vallée de la Saône. Les puits de Belleville ont révélé des eaux « jeunes » (1400 ans), traduisant le mélange d'eaux fossiles et d'eaux actuelles (superficielles et/ou météoriques). En fait, il s'agit d'une eau présentant des mélanges importants avec des eaux récentes. Le forage d'essai de Saint-Jean-d'Ardières présentait des eaux relativement « plus anciennes » (6000 ans) traduisant un mélange d'eaux fossiles (> 25 000 ans) et d'eaux plus récente.

Ces caractéristiques mettent en évidence des **apports d'eaux superficielles dans l'aquifère pliocène**, en provenance de l'Ardières ou bien des nappes des terrasses. La localisation des zones d'échange reste toutefois à préciser.

5.4 Conclusions partielles

Les forages F4 et F5 captent la nappe des sables du Pliocène, entre - 38 et - 65 m en moyenne. Cette nappe est globalement captive à semi-captive.

Le suivi analytique des eaux du champ captant traduit **l'apport d'eaux superficielles dans la nappe du Pliocène**, avec des teneurs en oxygène dissous élevées, une absence de fer et manganèse, une augmentation régulière des teneurs en nitrates et sulfates et la présence quasi-constantes de produits phytosanitaires (en deçà toutefois des limites de qualité fixées par le Code de la Santé Publique).



6

Contexte hydrologique

6.1 Les cours d'eau

Les cours d'eau concernés situés à proximité des captages de Belleville sont l'Ardières, son affluent le ruisseau de la Morcille, le Sarron et le ruisseau de la Mézerine.

Les informations relatives à la zone de captage de Belleville dans le référentiel de la DCE sont synthétisées ci-dessous :

Entité	Code	Nom
Bassin versant	FRD02	Le Rhône, la Saône, le Doubs, l'Isère, la Durance et la Crau
Bassin versant RNDE	BVRN3330604	La Saône du Doubs à Lyon
Région hydrographique	PHYD333U	La Saône
Zone hydrographique	ZHYD333U450	L'Ardières
Masse d'eau	FRDR576	L'Ardières
Cours d'eau	UI4500500	L'Ardières (29,9 km)
	U4510520	Ruisseau de Mézerine (6,3 km)
	U4400700	Le Bief de Sarron (5 km)

Tableau 11 : Nomenclature DCE des entités hydrologiques

6.1.1 L'Ardières

Le cours de l'Ardières s'étend sur 29,9 km. Au niveau de la station de Beaujeu, elle a un débit moyen annuel de 0,83 m³/s pour un bassin versant de 54,5 km².

Le tableau suivant présente les débits moyens mensuels de l'Ardières à Beaujeu (données Banque Hydro) :

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	dec.	année
débits (m³/s)	1.330	1.560	1.200	1.030	0.812	0.547	0.309	0.209	0.252	0.552	0.917	1.300	0.830
Qsp (l/s/km²)	24.4	28.6 (max)	22.0	19.0	14.9	10.0	5.7	3.8 (min)	4.6	10.1	16.8	23.9	15.2
lame d'eau (mm)	65	71	58	49	39	26	15	10	12	27	43	63	482

Tableau 2 : Données hydrologiques moyennes mensuelles de l'Ardières à Beaujeu

6.1.2 Le ruisseau de la Morcille

Le ruisseau de la Morcille s'étend sur une dizaine de kilomètres. Il se jette dans l'Ardières au niveau de Saint-Ennemond.

La seule station sur ce cours d'eau est située à Villié-Morgon (bassin versant de 3,5 km²). Les données disponibles portent sur les débits d'étiage et sur les crues.

En période d'étiage, le débit mensuel minimal annuel (QMNA) est estimé à 0,005 m³/s et le QMNA5 à 0,003 m³/s.

Les débits maximaux sont estimés à 2,7 m³/s pour une crue décennale, et à 3,3 m³/s pour une crue vicennale.

6.1.3 Le Sarron

Le ruisseau du Sarron est situé au nord du bassin de l'Ardières. Il s'étend sur 4 km et se jette dans la Saône. Il est rejoint par le ruisseau du Torbay à 1 km environ de sa confluence avec la Saône.

En période d'étiage, le débit du Sarron est très faible et comporte des assecs naturels. Le Syndicat Mixte des Rivières du Beaujolais nous a fourni des débits de crue estimés à 13,3 m³/s pour le Q10, et 24,5 m³/s pour le Q100.

6.1.4 La Mézerine

Le ruisseau de la Mézerine se trouve au sud du bassin de l'Ardières. Son bassin s'étend sur 13 km² environ. Elle se jette dans le ruisseau du Sancillon, à 300 m en amont de la Saône.

Aucune donnée sur le débit de ce cours d'eau n'est disponible.

6.2 Bilan hydroclimatique

Les données mensuelles moyennes de précipitations, températures et ETP Penman des dix dernières années (2000 à 2009) ont été récupérées auprès de Météo France pour la station de Saint Jean d'Ardières (69). Elles nous ont permis d'établir un bilan hydroclimatique.



Ces données incluent l'année de sécheresse exceptionnelle de 2003. Ceci a permis de comparer le bilan hydroclimatique moyen des 10 dernières années à un bilan hydroclimatique d'année sèche.

6.2.1 Principe

Réaliser un bilan hydroclimatique sur un bassin versant consiste à dresser le bilan des entrées et des sorties d'eau de ce système. Il peut se résumer par la relation suivante :

$$P = ETR + Q$$

avec :

P = précipitations (mm)

ETR = évapotranspiration réelle (mm)

Q = pluie efficace correspondant à la somme de R (ruissellement) + I (infiltration),

P constituant le terme entrant (E) et ETR, I et R constituant les termes sortants (S).

Ce bilan peut se révéler :

- équilibré, si $(E) = (S)$.
- déficitaire, si $(E) < (S)$, ce qui se traduira par un appauvrissement de la réserve globale en eau.
- ou enfin excédentaire, si $(E) > (S)$, ce qui permettra une recharge des nappes.

Le calcul du bilan hydroclimatique nécessite en premier lieu d'estimer l'évapotranspiration réelle (ETR). Celle-ci a été déterminée plus haut à partir des valeurs mensuelles d'ETP et de pluviométrie P.

On admet que les premières couches du sol et du sous-sol contiennent un stock optimum d'eau (soit la portion de réserve hydrique mobilisable, RFU) qu'il faut reconstituer avant qu'il puisse y avoir ruissellement, et dont une partie est mobilisée par l'ETP en cas de déficit pluviométrique.

Plusieurs cas de figure se posent :

- Si $P > ETP$, on admet qu'il y a suffisamment d'eau disponible, et dès lors $ETR = ETP$.
- Si $P < ETP$, on admet que toute la pluie est reprise par l'évaporation. La valeur d'ETR se situera alors entre la valeur d'ETP (valeur maximale), et la valeur des précipitations (valeur minimale). C'est ensuite la réserve hydrique mobilisable stockée dans le sol, la RFU, qu'il faut estimer et qui déterminera la valeur définitive de l'ETR.

La RFU dépend des caractéristiques du sol. Sa « capacité » a été fixée ici à une valeur moyenne de 50 mm.

A partir des valeurs de P et de RFU, sont calculées des valeurs de pluie efficace ou débit d'écoulement Q et Q3, exprimées en lame d'eau en mm et en l/s/km².



Le débit Q (mm) est calculé sur la base des précipitations et de la RFU du mois (m-1).

Le débit Q3 (mm) est calculé en répartissant sur 3 mois la pluie efficace en additionnant 50 % de l'écoulement du mois (m0), 30 % de l'écoulement du mois précédent (m-1) et 20 % de l'écoulement d'il y a deux mois (m-2).

Enfin, le débit spécifique Qs (l/s/km²) traduit la valeur de débit Q rapportée à la surface du bassin versant. Il est estimé de la manière suivante :

$$Q_s = Q3 \times 10^6 / ((\text{nb jours dans le mois}) \times 24 \times 3600)$$

6.2.2 Bilan hydroclimatique 2000-2009

Les tableaux présentés en annexe 3 présentent les moyennes mensuelles de précipitations et de températures, l'évapotranspiration potentielle (ETP de Penman), et l'évapotranspiration réelle (ETR), année par année, entre 2000 et 2009. Ces données ont permis de calculer les pluies efficaces annuelles ainsi que les débits spécifiques. Les tableaux présentés ci-après correspondent aux bilans hydroclimatiques des 10 dernières années.

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	46,2	43,2	52,7	69,2	78,4	74,9	72,4	96,4	57,8	103,4	109,7	56,5	861,2
Temp (°C)	3,2	5,07	8,6	12,2	16,6	20,5	21,5	21,2	17,2	13,3	7,76	3,62	12,6
ETP (mm)	8	14,8	30,1	48,6	74,3	98,9	105,6	103,2	78	54,9	26,4	9,3	652,1
RFU	50	50	50	50	50	26,0	0	0	0	48,5	50	50	
ETR (mm)	8	14,8	30,1	48,6	74,3	98,9	98,5	96,4	57,8	54,9	26,4	9,3	618,1
Q (mm)	38,2	28,4	22,6	20,6	4,1	0	0	0	0	0	81,9	47,2	243,1
Q3 (mm)	49,7	35,1	27,5	22,8	12,8	5,4	0,8	0	0	0	40,9	48,2	243,2
Qs (l/s/km ²)	18,6	14,5	10,3	8,8	4,8	2,1	0,3	0	0	0	15,8	18	7,8

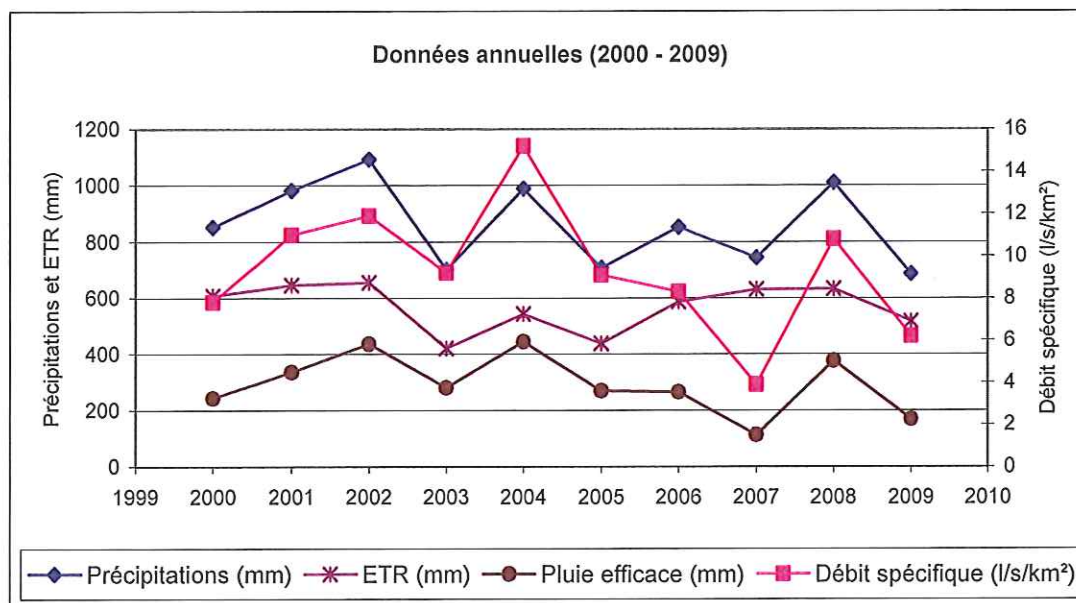
Tableau 3 : Moyennes mensuelles des données climatiques entre 2000 et 2009

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Précipitations (mm)	851,5	981,5	1092,5	702,0	987,5	707,5	851,0	743,5	1009,0
Températures (°C)	13,0	12,4	12,8	13,3	12,2	12,1	12,7	12,5	12,0
ETP (mm)	663,8	645,9	657,4	690,1	641,6	641,6	663,9	646,8	632,4
ETR (mm)	608,3	645,9	655,5	420,7	543,3	437,5	586,2	631,0	632,4
Pluie efficace (mm)	243,2	335,6	437	281,3	444,2	270,0	264,8	112,5	376,6
Qs (l/s/km ²)	7,8	11,0	11,9	9,2	15,2	9,1	8,3	3,9	10,8

Station de Saint Jean d'Ardières (69) - Données annuelles (2000-2009)

Tableau 4 : Moyennes annuelles des données climatiques entre 2000 et 2009





Station de Saint Jean d'Ardières (69) - Bilan hydroclimatique (2000-2009)

Figure 09-085/69-06 : Evolution des précipitations et du débit spécifique entre 2000 et 2009

Sur la période considérée (2000-2009), la moyenne annuelle des **précipitations** s'est ainsi élevée, sur le secteur d'étude, à **861 mm**. Elle a varié entre un minimum d'environ 702 mm en 2003 (année de sécheresse) et un maximum d'environ 1 092 mm en 2002.

La **température annuelle moyenne** est de **12,6°C**, avec un pic à 13,3°C en 2003 et un minimum à 12,0°C en 2008.

La **pluie efficace moyenne** est d'environ **243 mm** et le **débit spécifique** proche de **7,8 l/s/km²**, se répartissant pour 1/3 en infiltration et 2/3 en ruissellement (données empiriques).

A noter que sur cette chronique, l'année la plus sèche se trouve être 2007, avec une pluie efficace de 112,5 mm et un débit spécifique de 3,9 l/s/km².

6.2.3 Conclusions partielles

Le bilan hydroclimatique a permis d'estimer le débit spécifique du bassin versant des forages de Belleville à 7,8 l/s/km², l'infiltration est estimée à 1/3 et 2/3 pour le ruissellement, soit un débit spécifique s'infiltrant de 2,57 l/s/km².

Avec un bassin versant de l'ordre de 16 km², le potentiel maximal des formations pliocènes sur le secteur de Belleville serait de 3600 m³/j.

Etant donné que toute l'eau s'infiltrant n'alimente pas les sables du Pliocène et que les forages de Belleville ne captent pas l'intégralité du débit de l'aquifère, le **bassin d'alimentation du champ captant est supérieur à 16 km²**.

7

Contexte géologique

7.1 Cadre général

La zone d'étude est constituée de deux entités géologiques distinctes : les alluvions du Val de Saône et les versants des Monts du Beaujolais (figure 09-085/69-07).

7.1.1 Les alluvions de la Saône

Le Val de Saône se compose d'une succession de terrasses alluviales, constituées de sables, graviers et galets, souvent surmontés par une couche argilo-limoneuse (1 à 2 m) qui offre une protection vis-à-vis des infiltrations de surface. Leur épaisseur est variable, de l'ordre de 10 à 15 m. Elles sont le siège de la nappe d'accompagnement de la Saône. Les terrasses alluviales reposent sur un niveau argileux plus ou moins épais (1 à 4 m), les séparant des formations pliocènes sous-jacentes.

Ces dernières ont une épaisseur de l'ordre d'une cinquantaine de mètres. Elles sont constituées principalement de sables, marnes et argiles, appelés localement « sables de Trévoux », dont la base comporte un niveau de matériaux plus grossiers (sables, graviers et galets) sur 5 à 6 m. Ces formations ont pour substratum les sables fins argileux du Mio-Pliocène appelés « Marnes de Bresse ».

Au droit des cours d'eau actuels tels que l'Ardières, un niveau alluvionnaire superficiel récent, constituant l'aquifère d'accompagnement, est généralement présent. Les rivières ont pu éroder les formations en place, entraînant alors une mise en contact des alluvions récentes et des formations plus anciennes.

Une campagne de sondages électriques a été menée en 2001 (annexe 4) en amont des captages afin de préciser la géométrie des différentes formations. L'étude HORIZONS DH780 avait mis en évidence un secteur en amont des captages où les niveaux argileux sont absents. Les alluvions récentes de l'Ardières se retrouvent en contact avec les sables du Pliocène (amont de la Thuaille).

7.1.2 Les Monts du Beaujolais

Les versants bordant le Val de Saône sont constitués principalement de formations cristallines datant du Primaire (granites, microgranites et rhyolites), et de rares formations sédimentaires du Secondaire en bordure de coteaux. Toutes ces formations sont affectées par des failles de direction nord-est/sud-ouest, datant de la formation du fossé bressan à l'Oligocène.



7.2 Contexte local

Au droit de la zone de captage de Belleville, les coupes des forages profonds (annexe 5) ont mis en évidence la succession de formations suivante :

Forage P2b		
Profondeur	Nature	Formations
0 – 1,4 m	Argile sableuse	Alluvions quaternaires de l'Ardières (Fz)
1,4 – 3,5 m	Sables, graviers, galets	
3,5 – 6,7 m	Argile sables limoneux	
6,7 – 12,8 m	Sables moyens à graviers et galets	Alluvions quaternaires de la Saône (Fy – Fz)
12,8 – 13,3 m	Argile	Formations pliocènes (P)
13,3 – 21,1 m	Sable fin	
21,1 – 21,9 m	Argile	
21,9 – 36,1 m	Sable fin	
36,1 – 38,2 m	Argile	
38,2 – 58 m	Sable avec lentille argileuse	

Tableau 5 : Coupe géologique du forage P2b

F4		
Profondeur	Nature	Formations
0 – 2,4 m	Argile sableuse	Alluvions quaternaires de l'Ardières (Fz)
2,4 – 5 m	Sables, graviers, galets	
5 – 12,1 m	Argile sables limoneux	Alluvions quaternaires de la Saône (Fy – Fz)
12,1 – 15 m	Sables moyens à graviers et galets	
15 – 59,6 m	Argile	Formations pliocènes (P)
59,6 – 65 m	Sable fin	
65 – 75,1 m	Argile	Marnes bleues de Bresse (Mio-Pliocène)

Tableau 6 : Coupe géologique du forage F4

F5		
Profondeur	Nature	Formations
0 – 2,7 m	Alluvions	Alluvions quaternaires de l'Ardières (Fz)
2,7 – 5,2 m	Argile	
5,2 – 12,6 m	Alluvions	Alluvions quaternaires de la Saône (Fy – Fz)
12,6 – 13,5 m	Argile	
13,5 – 58,3 m	Sables de Trévoux	Formations pliocènes (P)
58,3 – 66,2 m	Graviers sables et galets	
66,2 – 78 m	Marnes	Marnes bleues de Bresse (Mio-Pliocène)

Tableau 7 : Coupe géologique du forage F5

Ces trois ouvrages captent exclusivement la nappe du Pliocène. Ils sont actuellement en cours de réhabilitation.

7.3 Campagne géophysique complémentaire

Une série de 8 panneaux électriques a été réalisée dans la vallée de l'Ardières, en amont des captages, afin de préciser l'extension des niveaux imperméables séparant les différents aquifères poreux, et ainsi apprécier les zones de contacts entre les différents niveaux alluvionnaires.

L'implantation de ces mesures est reportée sur la planche 09-085/69-08 et les résultats des panneaux électriques sur la planche 09-085/69-09.

7.3.1 Principe de la prospection par panneaux électriques

7.3.1.1 La prospection électrique

La prospection électrique est une méthode non destructive. Elle permet de déterminer la structure et la qualité des terrains qui repose sur la propriété des matériaux à conduire le courant électrique. Les mesures de résistivités varient en fonction de :

- Principalement la nature lithologique : plus un terrain est argileux, plus sa résistivité sera faible. Ainsi, un sable argileux sera plus conducteur qu'un sable propre et un granite (ou calcaire) compact sera plus résistant qu'un granite (ou calcaire) fissuré ou altéré ;
- La teneur en eau et la minéralisation de l'eau : un terrain saturé en eau sera beaucoup plus conducteur qu'un terrain sec. Plus l'eau d'imbibition sera minéralisée, plus le terrain sera conducteur.

Ces éléments permettent ainsi une interprétation de la nature des terrains et de leur géométrie.

7.3.1.2 Les panneaux électriques

Les panneaux électriques permettent d'obtenir une coupe de la répartition des terrains en fonction de leur résistivité « vraie » et de la profondeur.

Dans la pratique, les panneaux électriques consistent en la mise en place d'un réseau de 64 électrodes disposées linéairement et espacées régulièrement en fonction de la précision recherchée. On injecte un courant continu dans le sol et on mesure la différence de potentiel engendré en un point par le passage de ce courant au droit de chaque doublet d'électrodes de réception. Plus la distance est grande entre le point d'injection et les deux électrodes de réception, plus la profondeur d'investigation est grande.

L'acquisition des mesures est automatisée (système LUND de ABEM, couplé à un SAS 4000). Les fichiers bruts (résistivité apparente en fonction de la distance d'injection) sont ensuite interprétés à l'aide d'un logiciel d'inversion (RES2DINV), qui permet de calculer une coupe résistivité « vraie » en fonction de la profondeur.

Dans le cadre de l'étude, nous avons mis en place des dispositifs pôle-dipôle donnant une profondeur d'investigation comprise entre 55 et 70 m. Les électrodes étaient espacées de 5 m, pour une longueur totale de 315 m.



7.3.2 Résultats de la prospection électrique

Les profils ont été réalisés transversalement à la vallée de l'Ardières afin de préciser les relations entre les différentes unités présentes, à savoir les terrasses des alluvions de la Saône, les alluvions récentes de l'Ardières et les sables pliocènes profonds.

Remarque : Afin de pouvoir recouper ces différents niveaux, les panneaux n°2 et 3 ont été prolongés d'un demi-panneau (appelé UP), d'une longueur supplémentaire de 160 m. Leur longueur totale correspond donc à 1,5 panneau, soit 475 m (au lieu de 315 m).

Panneau 1

Le panneau 1 (315 m), le plus en amont à l'ouest dans la vallée de l'Ardières, se situe en rive droite à l'aval de Cercié (figure 09-085/69-07).

Il recoupe dans sa partie sud un cône de déjection (partie basse d'un ancien torrent où s'accumulent les éléments rocheux arrachés en amont) en provenance des monts du Beaujolais. Les terrains recoupés entre 0 et 150 m ont une matrice argileuse (résistivités < 75 ohms.m). A partir de 160 m, on observe un niveau alluvionnaire plus grossier (> 100 ohms.m), correspondant géologiquement aux alluvions de la basse terrasse, recouvert par des formations de surfaces conductrices (argile ou sables argileux).

Entre 240 et 315 m, un niveau plus résistant apparaît (entre 400 et 750 ohms.m). Il s'agit sans doute de la superposition d'un niveau très résistant, composé de graviers secs, et reposant sur des alluvions saturées en eau et de ce fait plus conductrices.

Ces formations reposent sur un substratum conducteur, probablement marneux.

Notons la présence de niveaux résistants plus profonds pouvant correspondre à un substratum calcaire ou cristallin.

Panneau 2

Le panneau 2 (475 m) se situe au lieu-dit « Serrière », en rive gauche. L'extrémité sud du profil se trouve en bordure d'Ardières tandis que celui-ci se termine au nord, sur le coteau viticole (cône de déjection).

La partie sud du panneau (0 à 290 m) met en évidence un horizon moyennement résistant (75 à 150 ohms.m) d'une quinzaine de mètres d'épaisseur. Il s'agit probablement de formations alluvionnaires de l'Ardières plus ou moins argileuses (zone marécageuse drainée par des fossés).

Entre 320 et 400 m, un niveau plus grossier est observable en surface (résistance > 150 ohms.m). Il s'agit très probablement de colluvions de bas de pentes.

Au-delà de 400 m, nous retrouvons des formations conductrices attribuables au cône de déjection, sur lequel se développe, comme pour le panneau 1, le versant viticole.

Ces formations reposent sur une alternance de niveaux résistants et conducteurs entre 150 et 200 m NGF. L'absence de forages ou de sondages mécaniques ne permet pas de déterminer s'il s'agit de formations sableuses pliocènes reposant sur des marnes ou bien d'une alternance marno-calcaire datant du Jurassique.



Panneau 3

Le panneau 3 (475 m) a été implanté de manière à traverser l'Ardières et à remonter sur les versants nord (moyenne terrasse) et sud (cône de déjection) de la vallée. Il se situe au niveau du lieu-dit Saint-Ennemond.

Les coteaux sud (0 à 80 m) et nord (400 à 475 m) sont formés de terrains conducteurs (< 50 ohms.m) et semblent peu perméables.

En rive droite, les alluvions de l'Ardières (niveau résistant compris entre 80 et 230 m) atteignent une épaisseur de 12 m. Ce niveau alluvionnaire n'a qu'une faible extension en rive gauche (25 m environ pour une épaisseur maximale de 8 m).

Un niveau résistant de 20 m d'épaisseur est présent au droit du lit mineur de l'Ardières. Etant donné son épaisseur, il peut correspondre aux sables du Pliocène.

Ainsi, au niveau du panneau 3, nous pouvons observer la superposition des formations alluviales de l'Ardières et des sables du Pliocène sans niveau argileux notable les séparant. **Le début de la zone de contact entre les deux formations aquifères doit donc se situer entre les panneaux 2 et 3.**

Notons une augmentation de la résistance, vers 150 m NGF, attribuable à la présence d'un substratum calcaire situé plus profondément.

Panneau 4

Le quatrième profil (315 m) est implanté au droit des alluvions de l'Ardières, au lieu-dit « Les Granges », en rive droite.

Sur ce panneau, les alluvions de l'Ardières sont présentes à partir de 45 m de l'origine (au sud). Le niveau dynamique de l'Ardières se situait à -5 m par rapport au terrain naturel (TN). Nous supposons que le niveau statique de la nappe d'accompagnement est similaire.

Ainsi, les formations alluviales résistantes (> 300 ohms.m), d'une épaisseur de 10 m environ, reposeraient sur le Pliocène plus conducteur (entre 100 et 300 ohms.m). Son épaisseur varie de 0 à 20 m. Il repose sur un niveau conducteur très probablement marneux situé à environ 185 m NGF.

Vers 140 m NGF, le niveau résistant est attribué au substratum calcaire ou cristallin.

Il ne semble pas y avoir de niveaux étanches entre les deux aquifères et **des échanges paraissent donc possibles entre les deux niveaux.**

Panneau 5

Le panneau 5 (315 m) se trouve au lieu-dit du moulin de « la Thuaille », en rive droite.

Tout comme le panneau 4, ce profil met en évidence la zone de contact entre les alluvions de l'Ardières et les sables du Pliocène.

Cependant, nous pouvons observer un niveau moins résistant (75 à 150 ohms.m) entre 0 et 70 m. Ce niveau, intercalé entre les formations de l'Ardières et le Pliocène, pourrait être le début d'un niveau argileux s'étendant vers le sud.



Entre 275 et 315 m, un autre niveau moins résistant est observable. Il s'agit dans ce cas de formations alluvionnaires plus ou moins argileuses, ce secteur situé en bordure de l'Ardières étant marécageux.

Panneaux 6 et 7

Les panneaux 6 et 7 (315 m) sont implantés en rive droite de l'Ardières.

Nous pouvons observer quatre niveaux superposés, avec depuis la surface :

- Entre 180 et 185 m NGF, un niveau résistant (> 200 ohms.m) correspondant aux alluvions de l'Ardières ;
- Entre 180 et 170/175 m NGF, un horizon conducteur (25 à 100 ohms.m) qui correspondrait à un niveau plus argileux quasi-continu ;
- Entre 170 et 135 m, les sables du Pliocène (150 à 500 ohms.m), qui apparaissent très distinctement ;
- < 135 m, le substratum marneux conducteur (< 150 ohms.m).

Au droit de ces profils, il s'avère que **les alluvions de l'Ardières et les sables du Pliocène ne sont plus en contact ou seulement que très localement.**

Panneau 8

Le panneau 8 (315 m) a été réalisé dans le périmètre de protection immédiate, entre les puits AEP et la rivière, parallèlement à cette dernière.

Les coupes des différents ouvrages ont été reportées sur le profil. L'alternance d'alluvions et de marnes des 15 premiers mètres n'apparaît pas sur le panneau d'une part du fait de l'éloignement des ouvrages et d'autre part de la faible épaisseur des horizons considérés. En effet, pour une grande profondeur d'investigation, la précision verticale est inférieure.

Toutefois, ce panneau permet d'affirmer que **la nappe d'accompagnement de l'Ardières n'est pas en contact avec l'aquifère pliocène capté par les ouvrages.**



7.3.3 Conclusions partielles

Plusieurs observations peuvent être émises sur la base des résultats de cette série de 8 panneaux électriques :

- Les différentes formations (alluvions, cônes de déjection, sables pliocènes) reposent sur un substratum conducteur (les marnes de Bresse) ;
- Les sables du Pliocène apparaissent au niveau de Saint-Ennemond. Leur épaisseur augmente progressivement vers l'est, d'amont en aval de la vallée ;
- Les relations entre les formations des terrasses et les sables pliocènes n'ont pas été mises en évidence par ces mesures ;
- Les panneaux 1 à 4 montreraient la présence de formations résistantes profondes attribuables aux calcaires jurassiques.

Nous retiendrons plus particulièrement :

Les alluvions de l'Ardières sont en contact avec les sables du Pliocène de Saint Ennemond jusqu'à l'est de la Thuaille.

A partir de la zone d'implantation du panneau 6, les alluvions et les sables sont séparés par un niveau argileux.



8

Contexte hydrogéologique

8.1 Aquifères en présence

L'aire d'alimentation des forages captant la nappe profonde du Pliocène met en jeu des aquifères de natures différentes, pouvant être en relation.

Deux coupes transversales (figure 09-085/69-10) ont été réalisées dans le bassin hydrogéologique afin d'appréhender les relations entre les différentes entités hydrogéologiques. Le schéma conceptuel, présenté en figure 09-085/69-11, illustre l'hypothèse que nous avons retenue.

8.1.1 Aquifères fracturés

L'amont du bassin d'alimentation hydrologique et hydrogéologique des forages est constitué par les Monts du Beaujolais, de nature cristalline et d'âge Paléozoïque.

Les Monts du Beaujolais abritent des aquifères fracturés que l'on peut subdiviser en deux sous-ensembles :

- La roche mère fracturée, au sein de laquelle 3 familles de fractures sont observables :
 - La direction nord-est/sud-ouest (N 30°E), correspondant à la limite du fossé d'effondrement ;
 - La direction nord-ouest/sud-est (N 130°E), correspondant à la direction majoritairement empruntée par les cours d'eau (tel que l'Ardières dans sa partie amont) ;
 - La direction est/ouest (N 90°E) : cette direction de fracturation est empruntée par l'Ardières dans sa partie médiane.
- Les zones d'altérations superficielles de la roche mère, pouvant se développer sur plusieurs mètres et pouvant être assimilées à des aquifères poreux.

Les zones fissurées permettent la circulation de l'eau, et joue un rôle essentiellement transmissif. Les vitesses de transfert varient en fonction de la taille des fractures et de leur degré de colmatage. Elles sont connectées aux zones d'altération, qui assurent également le stockage de l'eau et jouent ainsi un rôle capacitif.

Des formations calcaires d'âge jurassique peuvent se trouver en contact avec les granites du Beaujolais et la plaine alluviale du fait de l'effondrement du fossé bressan



(figure 09-085/69-05). Ils n'affleurent qu'en de rares endroits, comme au droit des communes de Lancié (nord-ouest) et Charentay (sud-ouest). Sur le reste des coteaux, ils sont recouverts par des formations colluvionnaires provenant de l'érosion des Monts du Beaujolais.

8.1.2 Aquifères poreux

La plaine, située entre les versants et la Saône, est constituée d'une succession de formations lacustres et alluviales, d'âge tertio-quaternaire.

A noter que la structure en graben des calcaires et/ou des granites permet un contact entre les aquifères poreux et les aquifères fissurés.

Au droit des forages de Belleville, trois nappes sont identifiées :

- La nappe d'accompagnement de l'Ardières (Quaternaire récent) ;
- La nappe des alluvions de la Saône (Quaternaire ancien) ;
- La nappe profonde des sables de Trévoux (Pliocène).

Au droit de la zone de captage, ces trois nappes sont séparées par des niveaux argileux d'épaisseur variable. Cependant, **ces niveaux imperméables ne sont pas continus sur l'ensemble de la plaine.**

L'étude HORIZONS DH780 de 2001 avait mis en évidence que ces niveaux argileux étaient absents en amont des captages. Les panneaux électriques réalisés dans la vallée de l'Ardières ont permis de préciser l'extension de cette zone où des échanges entre les aquifères de la nappe d'accompagnement de l'Ardières et la nappe profonde du Pliocène sont probables.

8.2 Relations entre aquifères

Les campagnes géophysique de 2001 (annexe 4) et de 2010 (panneaux électriques profonds) (figures 09-085/69-08 et 09) ainsi que la réalisation de profils électriques ouest-est (figure 09-085/69-10), nous permettent de préciser les relations entre les différents aquifères :

- Les sables du Pliocène sont localement en contact avec l'aquifère alluvial, siège de la nappe d'accompagnement de l'Ardières. Ce contact entre les deux aquifères se prolonge depuis Saint-Ennemond jusqu'à l'aval du moulin de la Thuaille. **Cette zone de connexion permet les échanges entre les deux nappes ;**
- Dans la partie aval de l'Ardières, un niveau argileux de 1 à 5 m d'épaisseur sépare les alluvions de la rivière de la nappe des alluvions des terrasses, ainsi que de la nappe profonde des sables du Pliocène, limitant les possibilités d'échanges d'eau entre aquifères ;
- Les couples de sondages électriques 1015/1027 et 1005/1014 confirment qu'une connexion entre l'aquifère fissuré (très probablement les calcaires) et les sables du Pliocène est possible sur la moitié sud de la zone d'étude (de l'Ardières au bois de Pizay) ;
- Les sables du Pliocène sont généralement séparés des alluvions des terrasses par un épais niveau argileux. Les sondages électriques ont mis en évidence des zones d'absence de cette couche au niveau de Pizay et de la zone industrielle de



Saint-Jean-d'Ardières. Même si les panneaux électriques n'ont pas mis en évidence de contact direct, ces zones peuvent présenter des risques pour l'aquifère pliocène.

8.3 Piézométrie

Une campagne piézométrique a été réalisée en janvier 2010, en période de hautes eaux sur les points répertoriés en 2001. La figure 09-085/69-12 présente l'esquisse piézométrique des trois nappes de la zone d'étude.

- La nappe du Pliocène s'écoule d'ouest en est, avec un gradient de l'ordre de 2 ‰. La nappe est située entre les cotes 201 et 166 m NGF sur la zone investiguée. Deux des trois surcreusements mis en évidence par la géophysique se distinguent d'un point de vue des écoulements:
 - Le premier est situé au droit de la plaine alluviale actuelle de l'Ardières. Les champs captants de Belleville sont implantés dans ce talweg ;
 - Le second se trouve entre le Château de Ruti et l'aire de service de Taponas (A42), à environ 1800 m au nord de l'Ardières. Le nouveau forage de Saint-Jean-d'Ardières (SIEVA) capte l'aquifère dans ce surcreusement.
- Les nappes des terrasses s'écoulent globalement du nord-ouest vers le sud-est au niveau de la RD 305. Le gradient des nappes est de l'ordre de 9 ‰ au droit de Saint-Jean-d'Ardières et de l'ordre de 3,4 ‰ sur les coteaux de Pizay. A cet endroit, il semblerait qu'elles s'écoulent en direction du sud et qu'elle alimente l'Ardières. A noter qu'aucune campagne de nivellement n'a été effectuée dans le secteur. **Il est donc difficile de déterminer avec précision les sens d'écoulements.**
- La nappe de l'Ardières est captée par un nombre réduit d'ouvrages qui permettent toutefois d'évaluer un gradient de l'ordre de 7 ‰. Celle-ci est probablement alimentée par les nappes des terrasses au niveau du secteur de Pizay.

8.4 Caractéristiques hydrodynamiques et hydrodispersives

8.4.1 Les formations cristallines

Bien qu'aucune donnée hydrodynamique ne soit disponible sur les formations cristallines, les temps de transferts dans les milieux fracturés peuvent être rapides, de l'ordre de quelques cm/jour à plusieurs m/j en fonction de la taille des ouvertures et du degré de colmatage des failles.

8.4.2 Les formations pliocènes

Plusieurs campagnes d'essais de pompage ont eu lieu sur les ouvrages F4 et F5 (lors de la création des ouvrages respectivement en 1977 et 1983, en janvier 2001 et en octobre 2001). Le tableau suivant résume les résultats des essais de pompage :



	F4 (1977)	F4 (2001)	F5 (1983)	F5 (2001)
Profondeur du substratum (m)	65		68.20	
Epaisseur de la couverture (m)	15		13.5	
Niveau statique (m)	10,97 (02/05/1977)	11,12 (3/10/2001)		10.92 (4/10/2001)
Débit (m ³ /h)	144	149	144	156.4
Rabatement (m)	32	22	10.30	10.5
Débit spécifique (m ³ /h / m)	4,5	6,7	12,5	15
Transmissivité (m ² /s)	4 à 5.10 ⁻³	3,7 à 5.10 ⁻³	4,7 à 6.10 ⁻³	5,4 à 6.10 ⁻³
Perméabilité (m/s)	10 ⁻⁴	3,4 à 4,7.10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	5,7 à 8,1.10 ⁻⁵

Tableau 8 : Caractéristiques hydrodynamiques des forages AEP

Lors de ces essais, l'absence de réaction des nappes superficielles avait permis de conclure à **l'indépendance des trois aquifères** (Ardières, terrasses, et Pliocène) **au droit du champ captant**. Cela a été confirmé par le panneau 8 (figure 09-085/69-08).

Le traçage radial convergent, mis en œuvre par HORIZONS Centre-Est en 2001 (DH780), entre P3 et F5, a permis d'évaluer les paramètres hydrodispersifs suivants :

- Porosité cinématique : 8 % ;
- Dispersivité longitudinale : 3,54 m.

8.4.3 Les alluvions récentes

Aucun essai de pompage ni traçage n'a été réalisé dans les aquifères de terrasses ou de la nappe d'accompagnement de l'Ardières.

Cependant, il est possible d'estimer la perméabilité moyenne de ces formations à environ 10⁻³ m/s ainsi qu'une porosité cinématique comprise entre 10 et 20 % (données moyennes pour un aquifère poreux).

8.5 Détermination des isochrones

Les résultats d'essais de pompage et de traçage réalisés sur les forages de Belleville permettent d'évaluer l'extension des isochrones et d'estimer les dimensions du cône d'appel au niveau des formations pliocènes pour des débits d'exploitation de 2 600 m³/j (débit de pointe actuel) et 1500 m³/j (débit d'exploitation moyen actuel) en utilisant les paramètres suivants :

- Transmissivité : 6.10⁻³ m²/s ;
- Porosité : 8 %
- Gradient de nappe : 2 ‰ ;
- Epaisseur d'aquifère : 25 m

Le débit de pointe a diminué au fil des ans. Actuellement, il se situe autour des 2 600 m³/j alors qu'en 2005, il se situait aux alentours de 3 500 m³/j (plus le débit de pompage est élevé, plus l'extension du cône d'appel est importante). Dans le cadre de la définition du bassin d'alimentation maximal des captages, l'ancien débit de pointe sera tout de même pris en compte.



Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus à l'aide de la méthode de Wissling :

Dimensions du cône d'appel (m)	Débit moyen (1500 m ³ /j)	Débit de pointe actuel (2 600 m ³ /j)	Ancien débit de pointe (3665 m ³ /j)
Largeur du cône d'appel	1450 m	2500 m	3520 m
Largeur du cône au forage	725 m	1250 m	1760 m
Rayon du cône aval	230 m	400 m	560 m

Tableau 9 : Dimensions du cône d'appel des forages

Isochrones	20 j		50 j		100 j		365 j	
	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Q = 1500 m ³ /j	74 m	64 m	123 m	97 m	183 m	131 m	405 m	215 m
Q = 2600 m ³ /j	96 m	86 m	157 m	131 m	231 m	179 m	494 m	305 m

Tableau 10 : Estimation des isochrones

Les isochrones ainsi que l'emprise du cône d'appel ont été reportées sur la figure 09-085/69-13.

Rappelons que cette méthode n'est applicable que dans les milieux poreux. Il est donc impossible de déterminer le cône d'appel des forages dans les milieux fissurés tels que les monts du Beaujolais.

8.6 Détermination du bassin d'alimentation hydrogéologique

Les campagnes de géophysique de 2001 et 2010 mettent en évidence une alimentation des sables du Pliocène par la rivière Ardières entre Saint Ennemond et le moulin de la Thuaille et probablement par les nappes des terrasses au droit de Pizay et de Saint Jean d'Ardières. La carte 09-085/69-08 indique la localisation de ces zones d'alimentation.

Les forages de Belleville sont situés dans le bassin versant hydrologique de l'Ardières (couvrant une superficie totale de 162 km²), ainsi qu'à proximité immédiate du bassin versant du Sarron (zone alimentant potentiellement les nappes des terrasses et représentant une surface de 3,6 km² (figure 09-085/69-14).

De plus, le cône d'appel de pointe des ouvrages recoupe au sud le bassin versant du ruisseau de la Mézerine sur une surface de 2 km².

L'étude de vulnérabilité des captages de Belleville prendra en compte **le bassin versant de l'Ardières**, de sa zone la plus en amont jusqu'à la limite aval du cône d'influence des captages, ainsi que **la partie ouest du bassin du Sarron**, et **la partie nord du bassin de la Mézerine**, pour une superficie totale de 155 km².

9

Contexte environnemental

9.1 Protection naturelle de la nappe

Les nappes de terrasses et de l'Ardières sont protégées par une couverture argilo-limoneuse. Cependant, celle-ci n'est pas uniforme sur tout le bassin. Son épaisseur et sa qualité ont été appréhendées grâce aux nombreux sondages électriques réalisés dans le secteur.

La couverture argileuse est généralement épaisse de 2 à 3 m. En revanche, elle est moins épaisse aux niveaux des versants où la vulnérabilité s'en trouve accrue. En effet, des apports d'eau superficielle ont été identifiés au droit du secteur situé au sud-est de Pizay.

La nappe du Pliocène est, quant à elle, protégée par un niveau argileux d'épaisseur variable (0 à 4 m). Ce niveau protecteur est absent entre la Thuaille et Saint-Ennemond, impliquant un contact nappe du Pliocène / nappe de l'Ardières. Il est probablement absent au niveau de la zone industrielle de Saint-Jean-d'Ardières, laissant supposer un contact entre la nappe du Pliocène et les nappes de terrasses.

9.2 Occupation des sols

L'occupation des sols sur la zone d'étude a été réalisée en janvier 2010 par CPGF-HORIZON Centre-Est. Elle est présentée sur la figure 09-085/69-15.

Elle a été dressée sur une surface de 24 km², dans un rayon de 5 km en amont des puits et d'1,5 km latéralement (nord-sud) et vers l'aval (est), afin de couvrir la zone d'appel des ouvrages ainsi que la partie aval des bassins de l'Ardières et du Sarron.

9.2.1 Activités agricoles

9.2.1.1 La viticulture

L'activité agricole est essentiellement viticole (60 %) en amont des captages, à l'ouest de Belleville et de Saint-Jean-d'Ardières. Au-delà de la zone recensée (dans les monts du Beaujolais), la vigne occupe l'essentiel de la Surface Agricole Utilisable (SAU).

Les vignes sont cultivées soit sur sol nu, soit sur sol enherbé (figure 09-085/69-016). Plusieurs problèmes sont rencontrés avec la culture sur sol nu, à savoir une augmentation de l'érosion et du ruissellement superficiel, favorisant le **lessivage des produits phytosanitaires**.



Dans le cas d'une vigne enherbée, ce phénomène de lessivage est atténué.

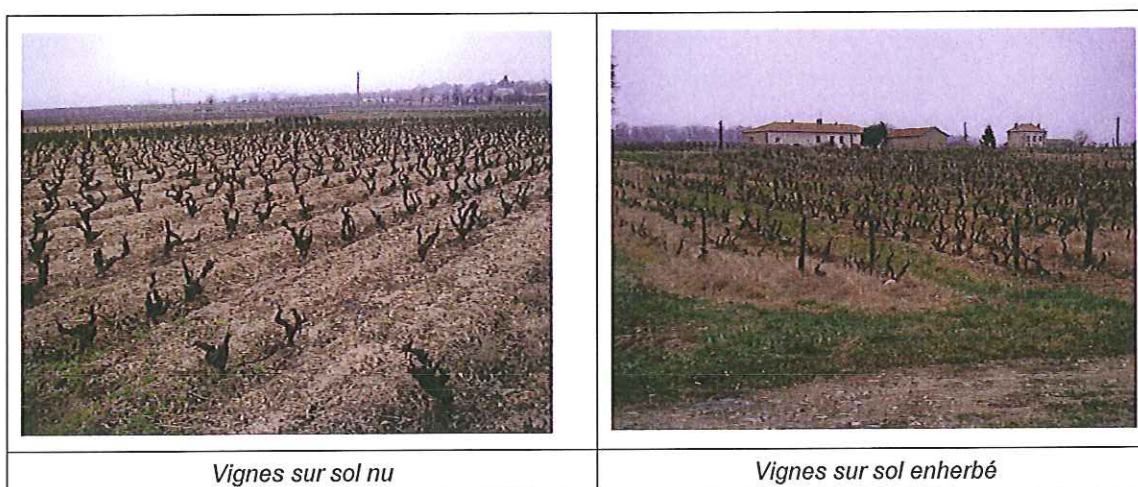


Figure 09-085/69-16 : Méthodes de cultures de la vigne

9.2.1.2 Les prairies

Les prairies et pâtures sont essentiellement concentrées en bordure d'Ardières et des différents cours d'eau du secteur (le Sarron, le ruisseau de la Morcille). Dans la partie est de la zone d'étude (est de la D305), elles sont situées à proximité de haras et d'écuries. Elles représentent environ 15 % de la surface investiguée.

9.2.1.3 Les cultures

Les cultures recensées dans le secteur sont essentiellement des céréales d'hiver (blé et orge), du maïs et du colza. Ils représentent environ 10 % des 24 km² cartographiés. Les cultures sont situées essentiellement dans la plaine alluviale de la Saône, mais aussi à proximité de l'aérodrome et minoritairement dans la vallée de l'Ardières.

9.2.2 Industries

Les zones industrielles représentent 3 % de la surface investiguée.

Neuf Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont recensées sur la commune de Saint-Jean d'Ardières, dont la majeure partie se situe dans la zone industrielle située dans le cône d'appel des forages. Ces ICPE sont principalement des **industries de traitement de surface, de métallurgie, de textile** et des caves à vins.

Deux sites sont référencés dans la base de données BASOL, recensant les sites et sols (potentiellement) pollués :

- Il s'agit d'une **ancienne fonderie** située sur Belleville, à 1,5 km au sud-est du champ captant, où une pollution aux hydrocarbures, As, Cu, Pb et Zn a été avérée. **Ce site ne se situe pas dans le cône d'appel des forages ;**
- Sur Saint-Jean-d'Ardières, le site **Gachon Recupération Beaujolaise** est situé **dans le cône d'appel** du champ captant. Il s'agit d'un site de stockage de métaux et de carcasses de voitures. Une pollution aux **HAP et hydrocarbures** a été diagnostiquée dans la nappe (probablement celle des alluvions de l'Ardières) au droit du site. Ce site est toujours en activité. Aucune pollution en HAP ni HCT n'a été observée dans les captages AEP à ce jour.

9.2.3 Infrastructures

9.2.3.1 Les routes départementales

Plusieurs axes routiers se situent à proximité de la zone de captage.

La RD 305 (anciennement RN 6) passe à moins de 200 m de la zone de captage, dans le cône d'appel des forages. Cet axe est fréquenté en moyenne par 12 753 véhicules par jour (données 2006).

La RD 37d longe l'Ardières en direction de Saint-Lager et Cercié. Le seul comptage sur cette route se situe au niveau de Belleville, entre la sortie d'autoroute et le croisement avec la RD 305. La moyenne journalière de la circulation est de 10 137 véhicules.

9.2.3.2 La voie ferrée

La voie ferrée rentre dans le cône d'appel des forages en amont immédiat de la zone de captage.

Les données de 2005 indiquent un trafic total de 164 trains par jour (dont plus de la moitié sont du fret).

D'après les renseignements de l'exploitant du champ captant (Veolia Eau), la SNCF utilise des désherbants chimiques pour l'entretien de ses lignes. Ceci peut potentiellement constituer un risque pour la qualité de la ressource.

9.2.3.3 L'aérodrome

Un petit aérodrome, situé au nord-ouest des ouvrages, reçoit des ULM et des petits avions de tourisme.

L'activité exercée ne donne pas lieu à un stockage d'hydrocarbure et aucun produit phytosanitaire n'est utilisé pour l'entretien.

Son impact sur la zone de captage est donc très limité.

9.2.4 Assainissement

L'ensemble de la commune de Belleville est connecté au réseau d'assainissement collectif. Seules quelques habitations situées à l'ouest du territoire sont encore en assainissement autonome. La station d'épuration de la commune possède un dispositif de traitement biologique (capacité 14 000 EH). Elle traite 4 300 EH avec une efficacité de 92 %. La commune de Saint-Jean-d'Ardières est également connectée à cette station d'épuration.

9.3 Réseau hydrographique

9.3.1 Recensement et suivi qualité

La qualité de l'Ardières est suivie à Saint Jean d'Ardières, à la station n°6051550. Les résultats d'évaluation annuelle de la qualité suivant la grille du SEQ'EAU sont synthétisées en annexe 4.

Ils montrent d'importantes variations de qualité suivant les années mais toujours une dégradation marquée par la présence de pesticides, de micropolluants minéraux, et en moindre mesure de nitrates. La présence de HAP, surtout dans les sédiments, est également constante.

En 2007, la rivière restait de qualité médiocre à mauvaise du fait de la présence de pesticides et de micropolluants minéraux.

9.3.2 Risques d'inondation

Bien qu'elle soit proche de l'Ardières, la zone de captage de Belleville n'est pas située en zone inondable.

9.3.3 Drainage

Du fait de la couverture argileuse importante sur une grande partie du secteur d'étude, le réseau de drainage est très développé.

Au niveau de Saint-Ennemond, les vignes sont parcourues par un réseau de fossés bétonnés qui drainent les écoulements de surface. Ces derniers se rejettent dans les fossés situés en bordure de routes départementales ou communales. Enfin, ces derniers ont pour exutoire l'Ardières.

La figure suivante présente ces différents types de drainage.

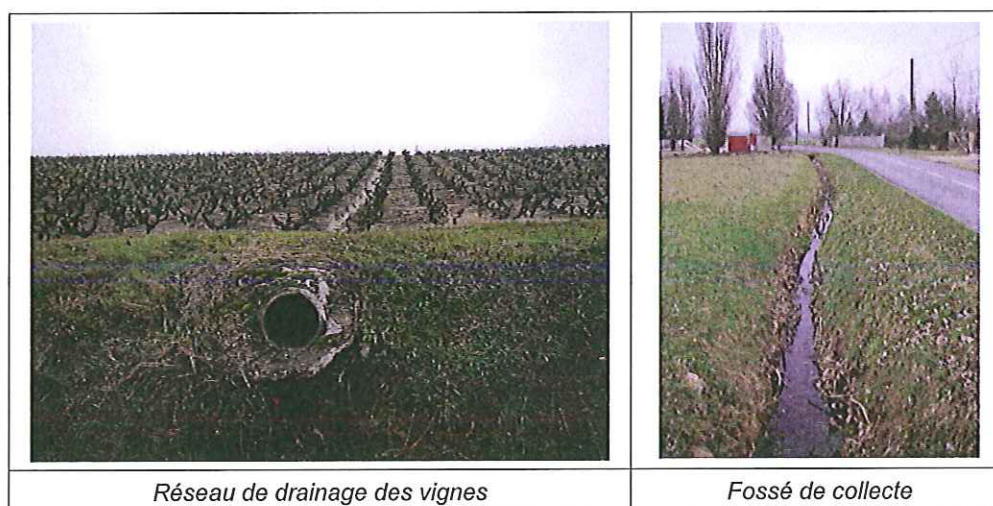


Figure 09-085/69-17 : Réseau de drainage des vignes

Les cultures situées dans la plaine alluviale sont également drainées pour éviter la stagnation de l'eau. Des sillons peu profonds jouent le rôle de collecteur. Ces derniers rejettent l'eau dans les fossés situés en bordure de route. Les fossés de collecte alimentent des bassins d'eaux pluviales qui se vidangent dans l'Ardières.



Figure 09-085/69-18 : Réseau de drainage des cultures

9.4 Conclusions partielles

Les principaux problèmes de qualité rencontrés sur les captages de Belleville proviennent de la présence quasi-systématique de pesticides dans les eaux souterraines. Or, l'occupation des sols en amont immédiat des captages (5 km environ) est essentiellement dominée par la culture de la vigne et par des cultures céréalières principalement localisées à l'est.

Les précipitations lessivent les produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture. Les réseaux de drainage collectent ensuite ces eaux pour les acheminer, via les fossés de collecte situés en bord de route, vers les cours d'eau tels que l'Ardières ou la Morcille. Le transfert des eaux de lessivage vers les cours d'eau contribue à leur mauvaise qualité du fait de la présence excessive de pesticides. De plus, **l'Ardières est un vecteur de pollution potentiel** (pesticides) d'autant plus qu'il a été mis en évidence des zones de connexions entre ses alluvions et l'aquifère profond du Pliocène entre Saint-Ennemond et la Thuaille.

De plus, la présence de molécules liées à l'industrie, même si les teneurs sont en deçà des limites de qualité, indique que les entreprises situées à proximité du champ captant influent sur la qualité des eaux captées.

Il apparaît donc que l'occupation des sols joue un rôle primordial dans la qualité des eaux captées par les forages de Belleville.

10

Analyse multicritères

10.1 Principes de l'analyse multicritères

L'analyse multicritères repose sur la hiérarchisation et la pondération de différents critères en fonction de leur importance relative par rapport au problème posé, dans notre cas il s'agira de la vulnérabilité des eaux souterraines. Cette technique nous permettra ainsi d'établir une cartographie simplifiée de la vulnérabilité de la nappe à proximité des captages de Belleville.

Onze paramètres ont été retenus pour cette analyse. Ils ont été regroupés suivant cinq grands ensembles, que nous avons considérés comme les principaux paramètres susceptibles de conditionner la vulnérabilité des ouvrages AEP :

Ensembles	Pondération des ensembles	Paramètres	Pondération des paramètres dans chaque ensemble
Hydrogéologie	30%	Distance aux puits AEP	30%
		Profondeur de la nappe	20%
		Perméabilité des formations superficielles	20%
		Epaisseur de l'aquifère	15%
		Bassins versants	15%
Géologie	20%	Captivité de la nappe	45%
		Perméabilité de l'aquifère	30%
		Fracturation	25%
Environnement	30%	Occupation des sols	100%
Hydrographie	15%	Ecoulements superficiels	100%
Géographie	5%	Ruissellement (topographie)	100%

Tableau 12 : Paramètres de l'analyse multicritères



L'ensemble du bassin versant a été discrétisé suivant un maillage suffisamment fin (125 m), choisi en fonction de la répartition des données disponibles et permettant d'apprécier les variations de chacun des paramètres retenus pour l'analyse.

Chaque maille a ensuite été incrémentée, pour chacun des paramètres, par une valeur comprise entre 1 et 5 correspondant à une classe de qualité. La légende, présentée ci-après, est la même pour tous les paramètres.

Classe de qualité	
1. Très défavorable	Red
2. Défavorable	Orange
3. Moyennement favorable	Yellow
4. Favorable	Green
5. Très favorable	Blue

Tableau 13 : Classes de qualité

Les gammes de valeurs attribuées aux 5 classes de qualité sont détaillées dans les paragraphes qui suivent, pour chacun des paramètres impliqués dans l'analyse multicritères.

Ces gammes ont été établies sur la base d'une étude bibliographique.

Remarque : l'ensemble de la zone retenue couvre une superficie d'environ 155 km², et les données disponibles y sont réparties de manière non homogène. La zone située à l'est de Pizay est la mieux renseignée, elle correspond à la zone d'investigation des études hydrogéologiques et géophysiques de 2001 et 2010. Peu d'informations sont disponibles sur le massif cristallin.

10.2 Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude retenue pour l'analyse multicritères correspond à l'aire d'alimentation du forage déterminée dans le chapitre 6.6. L'hypothèse retenue est celle d'une alimentation des sables Pliocène provenant :

1. des zones de fractures granitiques (monts du Beaujolais) ;
2. des calcaires alimentés par les granites et situés en limite ouest des alluvions de la plaine ;
3. de la zone de contact avec les alluvions de l'Ardières.

L'alimentation par les calcaires, et donc indirectement par le massif cristallin, est difficile à quantifier. Néanmoins, nous pouvons nous référer aux bassins versants hydrologiques de l'Ardières, de la Mézerine et du Sarron, qui fixent une limite géographique aux apports superficiels pouvant s'infiltrer dans les granites et donc dans les calcaires.

De plus, l'étude de 2001 et la campagne de 2010 ont permis de montrer des relations entre les sables pliocènes et les alluvions des terrasses sus-jacentes.



En tenant compte des éléments cités ci-dessus, l'aire d'alimentation retenue pour la zone des captages de Belleville a été délimitée de la façon suivante :

- En limite nord : le contour du bassin versant de l'Ardières et la partie du Sarron pouvant contribuer à l'alimentation du captage (cône d'appel) ;
- En limite sud : le contour du bassin versant de l'Ardières et la partie du bassin versant de la Mézerine pouvant contribuer à l'alimentation du captage (cône d'appel) ;

Notons que les limites nord et sud ont été fixées par rapport à un prélèvement supérieur ($3600 \text{ m}^3/\text{j}$) aux prélèvements actuels et futurs ($2\,600 \text{ m}^3/\text{j}$).

- En limite ouest : le contour du bassin versant de l'Ardières ;
- En limite est : la limite sud du cône d'appel des forages.

La zone analysée couvre ainsi une superficie d'environ 155 km^2 , discrétisée en mailles de $125 \text{ m} \times 125 \text{ m}$.

10.3 Critères retenus

10.3.1 L'hydrogéologie

10.3.1.1 La distance aux captages

Ce critère conditionne le temps de transit entre la maille considérée et la zone de captage. Plus le temps de transfert est important, plus les risques de contamination sont réduits (dilution du polluant, dégradation, ...).

La répartition de ce critère est présentée sur la figure 09-085/69-19.

Classes de qualité		
Très défavorable	0 – 1 km	
Défavorable	1 – 2,5 km	
Moyennement favorable	2,5 – 5 km	
Favorable	5 – 7,5 km	
Très favorable	> 7,5	

Tableau 14 : Classes du paramètre « Distance aux captages »

10.3.1.2 La profondeur de la nappe

Ce paramètre conditionne le temps de transit entre la surface et l'aquifère. Ainsi, plus la nappe sera profonde, moins les risques seront élevés.

La carte de répartition est présentée sur la figure 09-085/69-20.

Classes de qualité		
Très défavorable	0 – 5 m	
Défavorable	5 – 10 m	
Moyennement favorable	10 – 15 m	
Favorable	15 – 20 m	
Très favorable	> 20 m	

Tableau 15 : Classes du paramètre « Profondeur de la nappe »

Pour la moitié est de la zone d'étude, ce critère a été attribué à partir de l'esquisse piézométrique dressée en janvier 2010, et de la carte topographique au 1/25 000^{ème} de l'IGN.

Remarque : le degré d'incertitude est important à l'ouest (sur les communes de Pizay et Corcelles-en-Beaujolais), ainsi qu'au nord de la route D119. En effet, aucun relevé piézométrique n'a été réalisé sur ces secteurs (absence de points d'accès à la nappe du Pliocène).

Pour la moitié ouest (massif cristallin), nous avons fait le choix d'attribuer :

- un critère de vulnérabilité très défavorable au droit des zones de failles majeures du massif cristallin ;
- un critère de vulnérabilité très favorable sur les zones où le granite n'est pas fracturé, considérées comme imperméable (lié à l'absence d'infiltration).

10.3.1.3 La perméabilité des formations superficielles

La carte de répartition des perméabilités des formations superficielles est présentée sur la figure 09-085/69-21. En l'absence de données de terrains, elle a été incrémentée sur la base des formations géologiques affleurantes (carte géologique au 1/50 000 de Belleville) et de leurs teneurs en argiles supposées d'après la nature et l'âge des formations.

Classes de qualité	Formations géologiques	Perméabilités équivalentes (valeurs à titre indicatives)	
Très défavorable		$> 1.10^{-5}$ m/s	
Défavorable	Fz	$1.10^{-5} - 5.10^{-6}$ m/s	
Moyennement favorable	Fy ; roches volcaniques	$5.10^{-6} - 1.10^{-6}$ m/s	
Favorable	Fx ; J ; RJ	$1.10^{-6} - 5.10^{-7}$ m/s	
Très favorable		$< 5.10^{-7}$ m/s	

Tableau 16 : Classes du paramètre « Perméabilité des formations superficielles »

Les alluvions récentes d'épandage de Piedmont (RJ) ainsi que les cônes de déjection anciens (J), dont la matrice est généralement argileuse, ont été considérés comme favorables.



En l'absence de données sur la perméabilité des formations superficielles couvrant les zones d'affleurements granitiques ou volcaniques, un critère de vulnérabilité moyen leur a été attribué.

Le secteur qui apparaît le plus sensible est la vallée de l'Ardières, où affleurent les alluvions récentes (Fz).

10.3.1.4 L'épaisseur d'aquifère

La carte d'épaisseur d'aquifère est présentée sur la figure 09-085/69-22. Les valeurs ont été incrémentées à partir de l'esquisse piézométrique de janvier 2010, et en se référant aux coupes de forages, ainsi qu'aux données issues des prospections géophysiques réalisées sur le secteur (40 sondages électriques et 8 panneaux électriques).

La répartition des classes de qualité, en fonction de l'épaisseur d'aquifère, est la suivante :

Classes de qualité		
Très défavorable	0 – 5 m	
Défavorable	5 – 10 m	
Moyennement favorable	10 – 15 m	
Favorable	15 – 20 m	
Très favorable	> 20 m	

Tableau 17 : Classes du paramètre « Epaisseur d'aquifère »

Les coupes géologiques des forages présents sur le champ captant de Belleville montrent une épaisseur de formations sablo-graveleuses pliocènes comprise entre 35 et 40 mètres.

Les forages référencés sur la zone étudiée, dans la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>), sont très peu nombreux. Ils n'apportent pas d'information complémentaire sur la nappe du Pliocène.

Le critère a été renseigné sur la base des résultats de la campagne géophysique de 2001 (synthétisés sous forme de 8 coupes d'interprétation de sondages électriques, cf. annexe 04), complétés par ceux de 2010 dans la vallée de l'Ardières.

Le secteur granitique a été incrémenté avec un critère de vulnérabilité moyen correspondant à une épaisseur d'aquifère fissuré et/ou altéré de 10 à 15 mètres.

10.3.1.5 Les bassins versants

L'alimentation des captages se fait essentiellement via le bassin de l'Ardières et, en moindre mesure, par le Sarron et la Mézerine. La vulnérabilité de la ressource en eau vis-à-vis du bassin versant de l'Ardières a été considérée plus importante que celle liée aux deux autres bassins versants.

Nous avons donc fait le choix d'intégrer à l'analyse multicritères l'appartenance au bassin versant hydrologique direct ou indirect.

La carte de synthèse de ce paramètre est présentée en figure 09-085/69-23. Les classes de qualité attribuées sont les suivantes :



Classes de qualité		
Très défavorable		
Défavorable	Bassin versant de l'Ardières	
Moyennement favorable	Bassin versant du Sarron et de la Mézerine	
Favorable		
Très favorable		

Tableau 18 : Classes du paramètre « Bassins versants »

10.3.2 Géologie

10.3.2.1 La captivité de la nappe

La carte correspondant à la captivité de la nappe fait l'objet de la figure 09-085/69-24.

La captivité de la nappe a été établie à partir des coupes géologiques de forages disponibles. Ce paramètre peut varier suivant les saisons, le niveau de la nappe passant de conditions de hautes eaux, en période humide (captivité privilégiée), à des conditions de basses eaux en période sèche (semi-captivité possible).

Le critère a été incrémenté à partir des conditions les plus défavorables vis-à-vis des infiltrations dans l'aquifère pliocène.

La nappe des sables du Pliocène est globalement captive. Néanmoins les campagnes électriques ont montré que des échanges sont possibles avec la nappe des alluvions de l'Ardières entre Saint-Ennemond et la Thuaille (infiltrations vers la nappe profonde).

De ce fait, nous avons considéré des conditions très défavorables au niveau de la zone de connexion entre les deux aquifères, des conditions favorables pour le reste de la zone d'étude où la nappe est considérée captive (à semi-captive) et très favorable au niveau de la vallée de l'Ardières où la captivité de la nappe du Pliocène a été avérée par la géophysique.

Sur le massif granitique, où la nappe des sables pliocènes est absente, nous avons retenu :

- Des conditions très favorables (liées à l'absence de nappe) au droit des roches saines et non fracturées ;
- Des conditions moyennement favorables au droit des alluvions de vallées en amont de Saint Ennemond (absence de données) ;
- Des conditions défavorables (de type « nappe libre ») au droit des failles.

Classes de qualité		
Très défavorable	Nappe libre	
Défavorable	Aquifère fracturé	
Moyennement favorable	Alluvions de vallée avec absence de Pliocène	
Favorable	Nappe semi-captive	
Très favorable	Nappe captive	

Tableau 19 : Classes du paramètre « Captivité de la nappe »

10.3.2.2 La perméabilité de l'aquifère

La carte de perméabilité de l'aquifère est présentée sur la figure 09-085/69-25.

- Les résultats des pompages d'essais réalisés sur les ouvrages du champ captant de Belleville montraient une perméabilité de l'ordre de 1.10^{-4} m/s ;
- Les résultats des pompages d'essais réalisés sur le forage du SIEVA, au lieu-dit « Les Bruyères », montraient une perméabilité moyenne d'environ 1.10^{-3} m/s.

Le manque de données issues d'essais de pompages sur le secteur nous a conduits à considérer une perméabilité correspondant à un critère de qualité moyen pour les formations pliocènes, à l'exception du secteur avoisinant le champ captant de Belleville, pour lequel nous avons appliqué un critère de qualité plus favorable.

Pour les zones d'affleurement granitiques, 3 classes de qualité ont été appliquées en fonction de la fracturation des roches :

- Une classe de qualité très favorable pour les zones non fracturées ;
- Une classe de qualité défavorable pour les zones fracturées ;
- Une classe de qualité très défavorable pour les alluvions de l'Ardières surmontant des failles du socle cristallin.

Classes de qualité	Formations géologiques	Perméabilités équivalentes	
Très défavorable	Alluvions de l'Ardières sur socle cristallin fracturé	$> 5.10^{-3}$ m/s	
Défavorable	Socle cristallin fracturé	$5.10^{-3} - 1,6.10^{-3}$ m/s	
Moyennement favorable	Sables pliocènes	$0,3.10^{-3} - 1,6.10^{-3}$ m/s	
Favorable	Sables pliocènes (au niveau du champ captant de Belleville)	$0,3.10^{-3} - 10^{-4}$ m/s	
Très favorable	Socle cristallin sain non fracturé	$< 10^{-4}$ m/s	

Tableau 20 : Classes du paramètre « Perméabilité de l'aquifère »



10.3.2.3 La fracturation

La fracturation du socle cristallin, constitue un réseau par lequel les eaux de surface peuvent rejoindre indirectement l'aquifère pliocène.

Une carte sommaire des linéaments a été réalisée à partir de la carte géologique au 1/50 000^{ème} et de la carte IGN au 1/25 000, celle-ci permet de visualiser la répartition des failles, identifiées ou supposées.

Les failles indiquées sur la carte géologique ont été codées en très défavorable. La partie granitique du bassin d'alimentation a été codée en moyennement favorable car la fracturation n'y est que supposée. Enfin, la partie est du bassin, constituée de formations sédimentaires, ne possède pas de failles et elle est donc codée en très favorable.

La carte de fracturation (figure 09-085/69-26) est réalisée à partir de ces données, et les classes de qualité attribuées se répartissent de la façon suivante :

Classes de qualité		
Très défavorable	Fracturation importante, failles identifiées	
Défavorable		
Moyennement favorable	Fracturation moyenne, failles supposées	
Favorable		
Très favorable	Absence de fracturation	

Tableau 21 : Classes du paramètre « Fracturation »

10.3.3 L'occupation des sols

La répartition de l'occupation des sols a été élaborée :

- sur la base de notre relevé de terrain de janvier 2010, dans l'environnement proche du champ captant (entre la commune de Cercié et la Saône) ;
- à partir des données Corine Land Cover les plus récentes disponibles (2000), pour les secteurs les plus éloignés n'ayant pas fait l'objet d'un relevé détaillé, notamment à l'ouest de Cercié.

Les résultats sont présentés sur la figure 09-085/69-27. Les classes de qualité ont été définies de la manière suivante :

Classes de qualité		
Très défavorable	Industries, ICPE, cultures sensibles (vigne et maïs)	
Défavorable	Cultures céréalières, zones urbanisées et axes routiers, voie SNCF	
Moyennement favorable	Hameaux dispersifs, vergers	
Favorable	Pâturages et prairies	
Très favorable	Forêts	

Tableau 22 : Classes du paramètre « Occupation des sols »

10.3.4 L'hydrographie

Plusieurs cas de figures ont été distingués et attribués à des classes de qualité, suivant qu'il y ait ou non présence d'un écoulement superficiel, et suivant que ce dernier soit ou non en relation avec la nappe. La synthèse des connaissances sur le bassin versant laisse supposer que le réseau hydrographique est globalement perché par rapport à l'aquifère pliocène. La vulnérabilité de ce dernier par rapport aux pollutions de surface paraît donc faible. Néanmoins les résultats des campagnes géophysiques indiquent une connexion entre les formations pliocènes et les alluvions de l'Ardières, entre Saint-Ennemond et la Thuaille.

Les classes de qualité retenues sont les suivantes et sont cartographiées sur la figure 09-085/69-28 :

Classes de qualité		
Très défavorable	Réseau hydrographique en relation avec la nappe	
Défavorable		
Moyennement favorable	Présence de réseau hydrographique Relations avec la nappe : inconnues	
Favorable		
Très favorable	Absence de réseau hydrographique ou réseau hydrographique déconnecté de la nappe	

Tableau 23 : Classes du paramètre « Hydrographie »



10.3.5 Le ruissellement

Le dernier paramètre pris en compte dans cette analyse multicritère est le relief, qui influe sur le ruissellement superficiel et l'infiltration.

La répartition spatiale des pentes du bassin versant est présentée sur la figure 09-085/69-29. Elle a été incrémentée à partir des cartes IGN couvrant le bassin versant au 1/25 000.

Classes de qualité		
Très défavorable	>10%	
Défavorable	10%	
Moyennement favorable	5 – 10 %	
Favorable	1 – 5%	
Très favorable	0 - 1%	

Tableau 24 : Classes du paramètre « Ruissellement »

La zone d'étude présente différents ensembles :

- La plaine alluviale de la Saône, dont la pente est quasiment nulle ;
- Les versants viticoles, dont la pente est généralement inférieure à 10 % ;
- Les monts du Beaujolais, où la pente est plus importante, souvent >10%.

Les problèmes de qualité des eaux rencontrés sur ce bassin versant proviennent essentiellement des produits phytosanitaires utilisés dans la culture de la vigne. Ces produits sont lessivés par les eaux météoriques et se retrouvent drainés par les fossés jusqu'à l'Ardières (en majeure partie), cette dernière alimentant en partie l'aquifère du Pliocène par le biais de la zone de contact Saint-Ennemond/ la Thuaille.

Ainsi, sur ce bassin versant, le risque provient d'abord des eaux qui ruissellent. Les zones présentant le plus de pente seront donc codées comme étant très défavorables à la qualité du milieu.

10.4 Résultats et zonage des risques

10.4.1 Carte de vulnérabilité

Une première carte a été réalisée pour appréhender la vulnérabilité intrinsèque du milieu, hors activité humaine (paramètre « occupation des sols »). Les facteurs de pondération ont été revus en conséquence et sont présentés dans le tableau suivant :

Ensembles	Pondération des ensembles	Paramètres	Pondération des paramètres dans chaque ensemble
Hydrogéologie	45%	Distance aux puits AEP	40%
		Profondeur de la nappe	30%
		Perméabilité des formations superficielles	10%
		Epaisseur de l'aquifère	10%
		Bassins versants	10%
Géologie	25%	Captivité de la nappe	55%
		Fracturation	25%
		Perméabilité de l'aquifère	20%
Hydrographie	25%	Ecoulements superficiels	100%
Géographie	5%	Pente (topographie)	100%

Tableau 25 : Paramètres de la carte de vulnérabilité

Les résultats de cette analyse multicritères sont présentés en figure 09-085/69-30. Ils mettent en évidence la sensibilité naturelle de l'aquifère hors occupation des sols et influence humaine. Nous en retiendrons les points suivants :

- Dans la partie amont du bassin versant, les zones sensibles sont essentiellement liées au **réseau de failles existant sur le socle cristallin**, et ce, même à des distances très importantes du champ captant de Belleville. Leur vulnérabilité est de classe moyenne. Hors zone de fracture majeure, la vulnérabilité naturelle est faible ;
- Dans la partie médiane de la vallée, la sensibilité est également moyenne. Elle traduit le **cumul de plusieurs paramètres défavorables** : zone de fracturation où s'est développé le réseau hydrographique, meilleure perméabilité des formations superficielles, présence d'une nappe libre et peu profonde, proximité avec les captages ;
- Entre Saint-Ennemond et la Thuaille, le secteur répertorié comme étant une zone de contact entre les alluvions et l'aquifère des sables du Pliocène apparaît comme étant le point le plus sensible du bassin d'alimentation (proximité des captages, nappe libre et peu profonde, ...) ;

- Les bassins nord (le Sarron) et sud (la Mézerine) jouent un rôle négligeable dans l'alimentation de la nappe, leur sensibilité est faible.

10.4.2 Carte des risques

La carte de synthèse des risques (figure 09-085/69-31) prend en compte l'occupation des sols et les activités humaines.

Elle a été obtenue par pondération des 11 paramètres sur chacune des mailles de la zone d'étude (cf. paragraphe 10.1), et donne ainsi une note environnementale globale à chaque maille de la zone d'étude.

Le tableau suivant présente la surface du bassin versant impactée par chacune des classes de risques :

Classe de risque	Nombre de mailles	Surface (km ²)	Pourcentage du Bassin versant
1 - Très défavorable	0	0	0 %
2 - Défavorable	194	3,02	1,94 %
3 - Moyen	4 057	63,25	40,65 %
4 - Favorable	5 729	89,32	57,41 %
5 - Très favorable	0	0	0 %
Total	9 980	155,59	100 %

Tableau 26 : Superficie du bassin versant impacté par chaque classe de risques

Les classes de qualité « très favorable » et « très défavorable » ne sont pas représentées. Aucun risque majeur ne se dégage donc quant à la vulnérabilité de l'aquifère et à l'inverse, aucune zone n'apparaît totalement dégagee de risques.

L'introduction de l'occupation des sols et de l'influence anthropique dans l'analyse multicritères met en évidence les points suivants:

- La partie ouest du bassin versant, constituée par les monts du Beaujolais à forte pente et occupés par des forêts, présente une vulnérabilité faible ;
- Les **zones de failles** du massif granitique sont des zones sensibles car elles cumulent des vitesses de transfert importantes et une occupation des sols défavorable ;
- La partie est du bassin versant présente des risques plus élevés (vulnérabilité des eaux souterraines moyenne à défavorable). En effet, l'occupation des sols joue un rôle particulièrement important, avec une prépondérance de la viticulture qui entraîne un déclassement quasi systématique par rapport à la carte de vulnérabilité (figure 09-085/69-30) ;
- La zone industrielle de Saint-Jean-d'Ardières ne présente qu'un risque moyen pour la qualité de l'eau bien que celle-ci présente des traces de contaminations liées à ces activités.

La zone vulnérable située entre Saint-Ennemond et la Thuaille semble moins étendue car la présence notable de prairies dans la vallée de l'Ardières limite les risques de pollution directe au droit de celle-ci.



10.5 Conclusion partielle

Le bassin d'alimentation du captage pliocène de Saint Jean d'Ardières présente dans son ensemble une **vulnérabilité moyenne**.

Les zones les plus sensibles apparaissent à 2 niveaux :

- Dans la plaine alluviale de l'Ardières, entre Saint Ennemond et la Thuaille, où un contact entre les alluvions et la nappe du Pliocène a été mis en évidence. Or la nappe est captive, mais des infiltrations depuis la nappe de l'Ardières sont envisageables en l'absence d'interface imperméable entre les deux aquifères ;
- Dans les zones de failles majeures au sein du socle cristallin des monts du Beaujolais, sur les portions amont et médiane du bassin versant, où l'occupation des sols est de type agricole et plus particulièrement viticole. Les zones de failles constituent en effet des zones préférentielles d'infiltration.

La comparaison des cartes de vulnérabilité et de risques montre que certaines zones sensibles d'un point de vue géologique, hydrogéologique et géographique, telles que la vallée de l'Ardières, bénéficient d'une occupation des sols favorable par la présence de **zones boisées ou de prairies**, qui limite le **risque de contamination directe** de la nappe pliocène. Ce constat confirme la nécessité de **préserver ces espaces tampons**, garant d'une meilleure qualité des eaux souterraines.

Toutefois, **les pollutions** constatées sur les captages proviennent très probablement de cette zone d'échange rivière / nappe d'accompagnement / nappe du Pliocène (**contamination indirecte**), même avec une occupation immédiate favorable. Les polluants peuvent être acheminés **par la nappe d'accompagnement de l'Ardières** depuis l'amont du bassin vers l'aquifère profond des sables du Pliocène, et donc vers les captages de Belleville situés en aval.

Les zones agricoles à risques sont donc situées en amont de la zone de contact. A l'aval de la Thuaille, le niveau argileux est suffisamment épais pour empêcher les transferts de polluants. La figure 09-085/69-32 localise uniquement les risques liés aux pressions agricoles. Au total, les risques liés aux activités agricoles concernent 6 291 ha du bassin d'alimentation des captages dont 302 ha sont considérés comme étant des zones à risques importants.

La vulnérabilité de la nappe du Pliocène aux abords immédiats du champ captant semble à priori faible du fait d'une bonne protection de la nappe profonde.

Toutefois, l'absence localisée de niveau argileux entre nappe des sables du pliocène / nappes de terrasses (mis en évidence par des sondages électriques) ainsi que la présence de tétrachloroéthylène (molécule utilisée dans l'industrie) nous laisse penser que la **zone industrielle située au sud-ouest des forages de Belleville a une influence non négligeable sur la qualité des eaux**.

Le rôle des zones de fractures, en terme de vulnérabilité, est peut-être surestimé. Mais les vitesses de transfert peuvent être particulièrement rapides en milieu fracturé et ce type d'aquifère n'offre pas de propriétés épuratrices comme dans les milieux poreux. **Une occupation des sols défavorable sur une zone de faille peut donc constituer un risque important pour la qualité des eaux souterraines.**

11

Conclusions et préconisations

11.1 Rappels du contexte

La commune de Belleville alimente plus de 7 700 habitants en eau potable grâce à deux forages, F4 et F5, situés en bordure d'Ardières, sur le territoire de Saint Jean d'Ardières.

Ils captent la nappe profonde des sables du Pliocène. L'eau captée par ces derniers est concernée par une pollution diffuse en pesticides. Le champ captant fait partie des 500 captages prioritaires du Grenelle de l'Environnement, ce qui a donné lieu à la présente étude de délimitation du Bassin d'Alimentation des Captages.

11.2 Délimitation du BAC

- Le bassin d'alimentation de captage (BAC) s'étend sur environ 155 km² depuis l'amont des monts du Beaujolais. Il englobe le bassin versant de l'Ardières et partiellement celui du Sarron au nord et de la Mézerine au sud ;
- L'alimentation des forages met en jeu une succession d'aquifères, depuis les aquifères fracturés des monts du Beaujolais (socle cristallin), des calcaires jurassiques en amont, jusqu'aux aquifères poreux des alluvions de l'Ardières (alluvions récentes), de la Saône (différentes terrasses) et des sables du Pliocène ;
- Les eaux captées sur ces deux forages sont de bonne qualité physico-chimique. Ils **présentent des signes de mélange avec des eaux superficielles** (teneurs récurrentes en produits phytosanitaires et en solvants chlorés, sans toutefois dépasser les limites de qualité fixées par le Code de la Santé Publique, faibles conductivités, teneur en oxygène dissous importante, absence de problèmes liés au fer et au manganèse inhérents aux nappes captives) ;
- Au droit du champ captant, les trois nappes (nappe de l'Ardières, des terrasses et du Pliocène) sont présentes, mais les sables du Pliocène sont bien protégés des infiltrations de surface par un épais niveau argileux ;
- La zone de connexion entre la nappe du Pliocène et les alluvions de l'Ardières a été confirmée et précisée entre le secteur de Saint Ennemond et de la Thuaille grâce à la réalisation de panneaux électriques ;
- La qualité des eaux de l'Ardières est médiocre à mauvaise (données SEQ'EAU) du fait de la présence de pesticides ;



- Les risques de pollution les plus importants proviennent essentiellement de la vigne (sols nus favorisant le lessivage des pesticides). De plus, la présence de composés chimiques utilisés dans l'industrie métallurgique et textile nous laisse envisager un défaut de protection naturelle au droit de la zone industrielle de Saint-Jean-d'Ardières.

11.3 Résultats de l'analyse multicritères

L'analyse multicritères réalisée sur le bassin d'alimentation des captages de la ville de Belleville a permis de mettre en exergue la sensibilité naturelle de l'aquifère (vulnérabilité intrinsèque du milieu), ainsi que les risques liés aux activités anthropiques.

Globalement, le bassin d'alimentation des captages de Belleville apparaît comme étant **moyennement sensible**.

Toutefois, quelques zones plus sensibles se dégagent :

- **Les zones de failles majeures** dans les monts du Beaujolais combinent tous les critères les plus défavorables : une occupation des sols essentiellement viticole, de fortes pentes favorisant le lessivage des pesticides et autres intrants, la présence d'un réseau hydrographique pouvant véhiculer ces polluants, et des vitesses de transferts des eaux souterraines pouvant être élevées ;
- **La zone de Saint Ennemond / la Thuaille**, bien que son occupation des sols soit quasi-optimale (présence de prairies et de pâtures), reste la zone de transfert préférentielle des polluants véhiculés par l'Ardières et sa nappe d'accompagnement vers l'aquifère profond du Pliocène capté pour l'eau potable.

A noter que le secteur de la Zone Industrielle de Saint-Jean-d'Ardières ne ressort pas comme étant vulnérable du fait d'un manque de données sur les relations entre les nappes au droit de celle-ci bien que son influence sur les captages soit avérée.

La vulnérabilité des zones de fractures a peut-être été surestimée mais les vitesses de transfert peuvent être particulièrement rapides en milieu fracturé et ce type d'aquifère n'offre pas de propriétés épuratrices comme dans les milieux poreux. **Une occupation des sols défavorable sur une zone de faille constitue donc un risque important pour la qualité des eaux souterraines.**

Rappelons que l'analyse multicritères est un outil permettant d'avoir une vue d'ensemble des risques sur une grande zone. Il est donc impératif de ne pas se focaliser sur la note d'une seule maille afin de déterminer la vulnérabilité à l'échelle d'une parcelle.

11.4 Préconisations

Les problèmes de qualité des eaux des captages de Belleville sont inhérents au transfert des produits de lessivage du bassin viticole par les précipitations via les réseaux de drainage et l'Ardières.

Ces produits se retrouvent dans la nappe profonde via l'infiltration depuis les failles du massif cristallin et via les infiltrations du réseau hydrographique dans la nappe du Pliocène, notamment entre Saint-Ennemond et la Thuaille. La pollution diffuse par les pesticides est

indirecte car s'effectuant par le biais du réseau hydrographique. La part d'infiltration directe des eaux est minime en comparaison du ruissellement de surface et de sub-surface.

La reconquête de la qualité des eaux souterraines passe donc par une meilleure gestion des produits phytosanitaires sur l'ensemble du bassin versant viticole. Cela se traduira dans un premier temps par une amélioration de la qualité des eaux superficielles, notamment celle de l'Ardières qui devrait se caractériser dans un deuxième temps (à moyen voire à long terme), par une amélioration de la qualité des eaux sur les captages de Belleville.

L'étude de délimitation et de vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages de Belleville a mis en évidence 6291 ha de zones à risque « moyen » et « important » (cf. figure 09-085/69-32). Etant donnée la superficie en jeu, il s'avère nécessaire d'affiner le diagnostic des pratiques agricoles via la réalisation d'une étude des pressions agricoles, qui devraient permettre de mieux cibler les secteurs prioritaires sur lesquels seront mis en place de mesures agro-environnementales.

D'une manière générale, les efforts portés pour une **gestion raisonnée des pratiques agricoles et notamment viticoles** sont à poursuivre sur l'intégralité du bassin de l'Ardières, les autres bassins ne participant que très peu.

La mise en herbe des vignes pourrait être une solution afin de réduire en partie le ruissellement des eaux dans les coteaux.

Concernant l'occupation des sols dans la vallée de l'Ardières, il est nécessaire de maintenir les **prairies** ainsi que les **zones de ripisylves** afin de ne pas dégrader la qualité des eaux au droit de la zone sensible.

Concernant les activités industrielles avoisinant le champ captant, les relations entre les nappes des terrasses sous-jacentes aux zones industrielles et la nappe profonde du Pliocène ne sont que peu connues. Il est donc nécessaire d'être vigilant quant aux activités à risques (essentiellement métallurgie et textile) situées dans ce secteur.

Frank LENCLUD

Florence BASTIEN

Fabien GUIRAUD

Ingénieurs Hydrogéologues

Hydrogéologue



12

Bibliographie

BRGM, 2007. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses - Guide méthodologique. *BRGM/RP-55874-FR*

CPGF, 1971. Etude hydrogéologique des alluvions de la rive droite de la Saône entre Dracé et Arnas. *Etude n°464, 45p.*

CPGF HORIZON, 1992. Etude hydrogéologique complémentaire du Pliocène du Val de Saône entre Mâcon et Trévoux. *Etude n°4053, 17p.*

CPGF-HORIZON Centre-Est, 2009. Dossier préalable à la détermination des périmètres de protection des captages d'AEP – Saint Jean d'Ardières. *Etude n°08-046b/69, 49p.*

CPGF-HORIZON Centre-Est, 2009. Demande d'autorisation de prélèvement en eau pour l'AEP – Saint Jean d'Ardières. *Etude n°08-046c/69, 20 p.*

HORIZONS Centre-Est, 2001. Etude de la vulnérabilité des captages de la Ville de Belleville (69) – Rapport de synthèse. *Etude n°DH780, 40 p.*

Mairie de Belleville. Rapports annuels sur le prix et la qualité du service public de l'Eau Potable, années 2004 à 2008

