

## Rapport de stage

# Etude de la propagation des nitrates sur le bassin molassique d'Autichamp (Drôme)



Maître de stage : FAURE Guy Hydrogéologue Idées Eaux

Réalisée par : LARGUIER Cécile

Stage du 13 Mars au 30 Septembre 2006

Master 2 PRO « Hydrogéologie et Environnement »  
promotion 2005/2006

## Sommaire :

<b>Remerciements</b>	<b>p : 4</b>
<b>Rapport d'activité</b>	<b>p : 5</b>
<b>Introduction</b>	<b>p : 7</b>
<b>CHAPITRE A: CADRE DE L'ETUDE</b>	<b>p : 8</b>
<b>I.) Introduction</b>	<b>p : 9</b>
1.1) cadre géographique et géologique de la plaine de Valence	<b>p : 9</b>
1.2) Hydrogéologie et hydrologie de la plaine de Valence	<b>p : 12</b>
<b>II.) L'azote et les pesticides</b>	<b>p : 15</b>
2.1) Le cycle de l'azote dans le sol	<b>p : 15</b>
2.2) Le cycle des pesticides	<b>p : 16</b>
<b>III.) Atteintes qualitatives de la plaine de Valence</b>	<b>p : 17</b>
3.1) Situation des concentrations en nitrates	<b>p : 17</b>
3.2) Situation des concentrations en pesticides	<b>p : 18</b>
3.3) Bilan	<b>p : 21</b>
<b>IV) Présentation du sujet</b>	<b>p : 20</b>
4.1) Définition de la mission	<b>p : 20</b>
4.2) Choix des secteurs	<b>p : 20</b>
<b>CHAPITRE B : SECTEUR AUTICHAMP</b>	<b>p : 22</b>
<b>Introduction</b>	<b>p : 23</b>
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b>	<b>p : 24</b>
<b>I.) Données générales du secteur « Autichamp »</b>	<b>p : 24</b>
1.1) Géologie et Hydrogéologie	<b>p : 24</b>
1.2) Hydrologie	<b>p : 26</b>
1.3) Hydrochimie	<b>p : 28</b>
<b>II.) La source Chaffoix</b>	<b>p : 33</b>
2.1) Localisation de la Source Chaffoix	<b>p : 33</b>
2.2) Etude géologique et hydrogéologique du captage de la source de Chaffoix	<b>p : 34</b>
2.3) Débit et Chimie des eaux du captage	<b>p : 35</b>
2.4) Evolution des teneurs en nitrates de la source de Chaffoix	<b>p : 36</b>
<b>Partie 2 : Mesures de terrains</b>	<b>p : 38</b>
<b>III.) Terrain : Détermination du bassin versant, débit et piézométrie</b>	<b>p : 39</b>
3.1) Piézométrie	<b>p : 39</b>

3.2) Débits des sources et suivi interannuel du niveau piézométrique	p : 41
3.3) Détermination du bassin versant de la source Chaffoix	p : 42
<b>IV.) Géochimie des eaux souterraines du secteur</b>	<b>p : 47</b>
4.1) Etude des paramètres physico-chimiques	p : 47
4.2) Etude géochimique des sources	p : 48
4.3) Les campagnes de mesures en nitrates	p : 51
4.4) Les mesures en pesticides	p : 53
<b>Partie 3 : interprétations</b>	<b>p : 54</b>
<b>V.) Etudes environnementales : Origine des nitrates</b>	<b>p : 54</b>
5.1) Description du programme d'action	p : 54
5.2) L'assolement	p : 55
5.3) L'élevage	p : 58
5.4) L'assainissement	p : 63
<b>VI) Atteintes qualitative du secteur Autichamp</b>	<b>p : 64</b>
6.1) Origine de la pollution azotée	p : 64
6.2) Interprétation des teneurs en nitrates sur le secteur Autichamp	p : 65
6.3) Bilan d'azote sur le bassin versant Chaffoix	p : 70
<b>VII) Bilan et préconisations</b>	<b>p : 74</b>
7.1) Bilan sur le fonctionnement hydrogéologique	p : 74
7.2) Proposition de Gestion de la Ressource	p : 74
<b>Conclusion</b>	<b>p : 78</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>p : 79</b>
<b>Annexes</b>	<b>p : 81</b>
<b>Tables des matières</b>	<b>p : 98</b>
<b>Tables des annexes</b>	<b>p : 100</b>
<b>Tables des figures</b>	<b>p : 100</b>
<b>Tables des tableaux</b>	<b>p : 102</b>
<b>Tables des photos</b>	<b>p : 103</b>

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Guy FAURE, Docteur en Hydrogéologie pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein du bureau d'étude Idées Eaux. Je le remercie pour sa disponibilité et pour m'avoir aidé et apporté tout son savoir dans le travail de cette étude. Je remercie également Monsieur Olivier Banton, docteur en Hydrogéologie de la faculté d'Avignon, pour la partie analyse des pesticides.

Je remercie Rémi de La Vaissière, qui m'a donné des informations et expliqué sa thèse.

Je tiens également à remercier Messieurs Jérôme Gautier qui m'a aidé dans la compréhension du secteur d'étude sur Les Bayardières, à Simon Chancel et Benoit Borot, ingénieur Hydrogéologue et Tiffanie Cave, technicienne pour m'avoir permis de m'intégrer au sein de l'entreprise. Je remercie Benoit et Tiffanie pour leurs conseils très utiles dans l'utilisation du logiciel Map Info.

Je tiens également à remercier les agriculteurs et les particuliers d'Autichamp, de Montélier, de Charpey et de Chatuzange qui m'ont laissé faire les prélèvements. Je remercie le Maire d'Autichamp Monsieur Lattard pour m'avoir reçu et donné les informations très utiles pour mon rapport, et à Monsieur Eymard adjoint à la mairie, pour m'avoir montré de nouvelles sources sur la commune.

Je remercie également les syndicats en particulier le SIEPV, pour m'avoir permis de prélever dans leurs forages d'AEP. Je remercie également toutes les personnes qui m'ont donné des informations et aidé à avancer dans mon rapport notamment : Monsieur Esmenjaud de la DDASS, pour m'avoir fournie les analyses des différents points AEP de la plaine de Valence, Jean Lafosse (ancien hydrogéologue du département), et à la Chambre d'Agriculture en particulier à Nadège Villard pour ses conseils sur toute la partie agronomie.

Je n'oublie pas de remercier les enseignants que j'ai eus tout au long de mes études, à Montpellier et sur Avignon qui m'ont apporté les connaissances sur l'hydrogéologie.

# Rapport d'activité

Cette étude s'inscrit dans le cadre du stage de ma dernière année d'étude, Master 2 Professionnel « Hydrogéologie et Environnement », qui s'est déroulée du 13 Mars au 30 Septembre 2006 au sein du bureau d'étude Idées Eaux.

L'Agence de l'Eau, le conseil général de la Drôme, et un ensemble de syndicats d'eau potable de la plaine de Valence ont décidé de poursuivre les études sur l'aquifère profond de la plaine de Valence. Le sujet qui m'a été proposé avait pour but d'améliorer les connaissances du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère par le biais de la propagation des nitrates et des pesticides. Pour cela, trois sites ont été retenus.

Cette étude fait suite à une thèse présentée le 17 Mai 2006, par Rémi de La Vaissière, qui portait sur « L'étude de l'aquifère néogène du Bas-Dauphiné ».

**La première étape** de cette étude a été consacrée à une étude bibliographique.

Les trois sites retenus ont été choisis en tenant compte du degré de pollution de l'aquifère et des ouvrages présents pouvant permettre par des prélèvements une amélioration des connaissances et une compréhension du fonctionnement hydrogéologique.

Nous avons insisté pour intégrer le site d'Autichamp, sachant qu'il se posait un problème qualitatif vis-à-vis de la ressource AEP et que ce secteur situé à l'extrémité méridionale du bassin était bien circonscrit dans son volume nous permettant ainsi d'appuyer nos conclusions sur des hypothèses solides.

Une fois la désignation de ces trois sites, j'ai réalisé une étude bibliographique complète sur chacun d'eux, plus particulièrement pour connaître les ouvrages disponibles pouvant permettre d'effectuer les prélèvements.

Au cours de cette étape, j'ai établi des contacts avec la DDASS pour récupérer les analyses des différents points AEP de ces trois secteurs, avec la Chambre d'Agriculture en particulier pour le secteur d'Autichamp.

**La seconde étape**, s'est effectuée sur le terrain, où j'ai réalisé un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages, de manière à avoir un maximum de points à analyser sur les différents secteurs. Ainsi, la première campagne de prélèvements pour analyser les nitrates s'est déroulée au cours des mois d'Avril-Mai, et la seconde campagne au mois de Juillet-Août.

J'ai appris à organiser ces campagnes de prélèvements, en respectant les protocoles notamment pour les pesticides.

En parallèle, j'ai moi-même effectué les analyses nitrates des différents échantillons prélevés, au bureau d'étude avec un spectrophotomètre. D'un point de vue financier, cette méthode moins coûteuse a permis de réaliser un plus grand nombre d'analyse, soit au total pour les deux campagnes près de 300 points analysés.

En ce qui concerne les campagnes de prélèvements pesticides, nous avons attendu le mois de Juin pour les réaliser. Nous avons attendu d'avoir le recensement général des points, pour ainsi sélectionner des points répartis de façon homogène sur les secteurs.

Lors de ces campagnes de terrains, j'ai également pu réaliser des études environnementales. Les contacts avec les agriculteurs m'ont permis d'obtenir de précieuses informations, en particulier sur leurs pratiques agronomiques (apport de fertilisants), ou sur leurs élevages.

Toutes ces informations acquises sur le terrain, étaient indispensables pour comprendre et effectuer un bilan, sur l'origine des polluants agricoles (nitrates et pesticides).

Mes contacts avec la Chambre d'Agriculture en particulier pour le secteur d'Autichamp, ont été très enrichissants et pédagogiques. Les principes agronomiques étaient pour moi un domaine inconnu, et dans cette étude j'ai pu appréhender et comprendre le rôle de l'agriculture dans cette pollution. Avec mes connaissances hydrogéologiques et ces nouvelles compétences acquises, j'ai réalisé des calculs de bilan d'azote qui m'ont permis de préciser l'origine des nitrates.

**La troisième étape** a été consacrée à la présentation des résultats et leurs interprétations, avec un rapport hydrogéologique complet pour chaque secteur.

D'autre part à travers ce stage, j'ai eu l'occasion d'assister à des réunions ou j'ai du présenter oralement mes résultats. J'ai aussi pu ressentir « la pression » quand les résultats mettent en cause un secteur d'activité bien ciblé, cela m'a amené à réfléchir sur la notion de la responsabilité.

Enfin l'utilisation de logiciels tels que Map Info, de matériels de mesures ont parfait mes connaissances et m'ont permis de progresser dans l'adaptation à la vie professionnelle.

# INTRODUCTION

Dans la région Rhône Alpes, les bassins molassiques constituent de précieuses ressources d'eaux souterraines, reconnus aujourd'hui pour leur forte valeur patrimoniale par le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse. Ces réserves d'eau sont à préserver, comme le bassin molassique de la plaine de Valence, situé au Nord du département de la Drôme, qui constitue le principal aquifère utilisé aussi bien pour l'AEP que pour l'irrigation.

La plaine de Valence connaît depuis les années 80, des problèmes de pollutions par les nitrates de façon récurrentes dans les nappes superficielles. De nombreux captages AEP ont du être abandonnés au cours de ces années, ils ne respectaient plus la norme de potabilité fixée à 50 mg/l. Pour palier à ces problèmes les syndicats et les communes se sont tournés vers l'aquifère molassique qui est devenu aujourd'hui la principale ressource en eau.

L'aquifère molassique de Valence a fait l'objet d'une thèse présentée en Mai 2006, par Rémi de la Vaissière. Le mode de fonctionnement hydrogéologique et un bilan quantitatif et qualitatif de cette ressource ont pu être précisément établis.

La dégradation de la qualité de l'eau a été démontrée au niveau de certaines zones de recharges de l'aquifère, touchées tant par les nitrates que par les pesticides. Ces zones apparaissent très vulnérables aux pollutions de surface d'origines anthropiques et peuvent engendrer à l'avenir une pollution généralisée dans ce vaste aquifère. La préservation de cette ressource est donc primordiale.

Les conclusions de cette étude ont incité les différents intervenants du comité de pilotage : l'Agence de l'Eau RMC, le conseil général de la Drôme et les syndicats intercommunaux d'eau potable, le bureau d'étude Idées Eaux à réaliser des études complémentaires, sur des secteurs précis de la plaine de Valence afin de connaître la dynamique de pénétration des nitrates et des pesticides dans ces aires de recharges.

C'est ainsi que trois secteurs ont été définis, chacun justifiant d'une problématique en matière de pollution agricole. Sur chacun, des campagnes d'analyses des deux principaux contaminants dans les eaux (nitrates et pesticides) seront effectuées sur les ouvrages présents et ce à deux reprises durant l'étude.

Une étude hydrogéologique et une environnementale seront réalisées afin de déterminer l'origine et les modes de propagation de ces polluants dans l'aquifère molassique.

Les résultats de ces études, devront nous permettre de proposer des solutions de protection à mettre en place en priorité sur ces zones de recharges. Ces solutions devront s'intégrer dans la gestion globale de cet aquifère afin de le préserver pour les générations futures.

Dans ce mémoire de fin d'étude nous présenterons, un seul des trois secteurs que nous avons étudié, le secteur Autichamp situé au Sud de la plaine de Valence.

Dans un premier temps nous étudierons la plaine de Valence, et nous tenterons de mieux comprendre l'origine des problèmes des nitrates et des pesticides en utilisant les données existantes en particulier la thèse de Rémi de la Vaissière.

Puis dans une seconde partie, nous présenterons l'étude du secteur Autichamp, nous exposerons les résultats, la qualité des eaux, et l'étude environnementale menée sur la zone. Puis nous préconiserons les actions à mettre en place pour améliorer la gestion du secteur.

## **CHAPITRE A : CADRE DE L'ETUDE**

## I.) Introduction

### 1.1) Cadre géographique et géologique de la plaine de Valence

#### 1.1.1) Cadre géographique de la Plaine de Valence

La plaine de Valence se situe dans le Sud-Est de la France, en région Rhône Alpes, dans le département de la Drôme. La superficie de cette zone couvre plus de 700 Km<sup>2</sup> (figure 1-1).

Dans façon plus précise, cette plaine peut être délimitée au Nord par la basse vallée de l'Isère, à l'Est par la bordure occidentale du massif calcaire du Vercors, au Sud par la basse vallée de la Drôme et à l'Ouest par le Rhône.

Les reliefs sont peu marqués dans cette zone, mais quelques « buttes molassiques » s'individualisent au sein de la plaine comme la butte du Mont Lagat au Sud-Est qui culmine à 418 m et les plateaux de Lautagne au Nord-Ouest d'altitudes plus modestes.

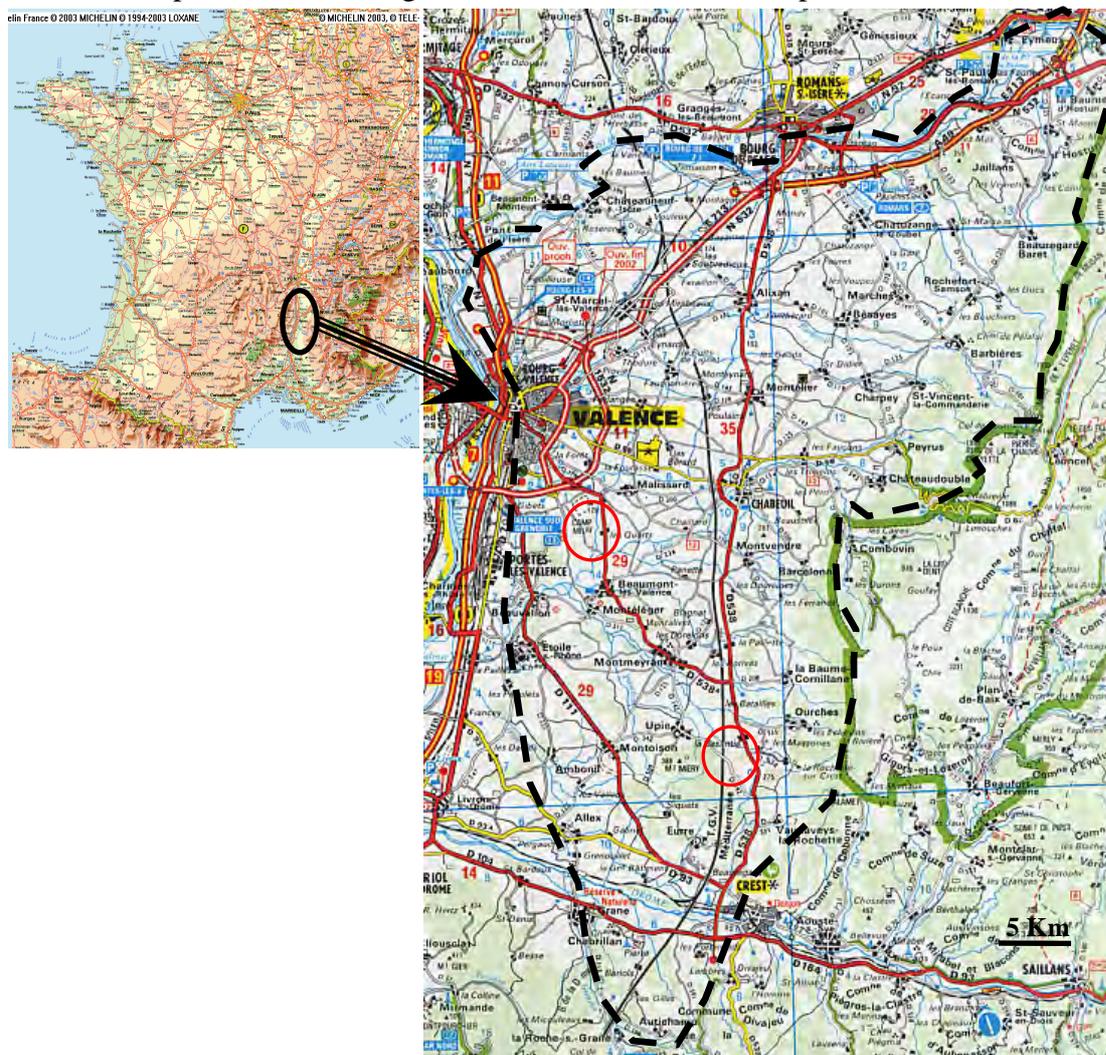


Figure 1-1: Localisation de la plaine de Valence.

### 1.1.2) Géologie de la Plaine de Valence

L'épisode du rifting continental du secondaire et les grandes phases sédimentaires miocènes et pliocènes ont marquées les principales étapes de structuration du bassin de Valence.

#### **Le Secondaire :**

Jusqu'à la fin du Crétacé la région de Valence constituait une plate-forme épicontinentale relativement instable, où se sont déposées d'épaisses séries de marnes et de calcaires. Puis une exondation généralisée accompagnée de mouvements tectoniques importants donna naissance aux chaînes plissées subalpines du Vercors.

Ces formations marno-calcaires du Crétacé inférieur s'enfoncent sous l'actuelle plaine de Valence pour former un vaste synclinal.

#### **Le Tertiaire :**

Puis le cycle Miocène débute avec l'envahissement de la mer périalpine et dépose la molasse sableuse plus ou moins argileuse au cœur du synclinal crétacé. De nouveau la tectonique intervient avec la flexuration du bassin d'avant-pays liée à la poussée des Alpes externes et favorise l'accumulation de la molasse sur une épaisseur moyenne de 400 m pouvant atteindre au droit des sillons près de 800 m.

Dans la plaine de Valence, ces formations affleurent aujourd'hui sous formes de buttes préservées de l'érosion (voir figure 1-10) :

- Montmeyran et Montoisson au sud,
- le plateau de Montvendre, à l'Est, avec le Mont Lagat,
- Beauvallon, à l'Ouest, avec le plateau de Lautagne.

Au cours du Pliocène, la bordure occidentale du Vercors s'individualise complètement de la bordure rhodanienne, c'est la phase de creusement pré-pliocène qui se met en place. Durant l'épisode de la crise Messinienne qui se déroule sur une très courte période géologique, tous les réseaux hydrographiques présents dans ce secteur en relation avec le bassin Méditerranéen se sont creusés afin de s'équilibrer avec le niveau de base du bassin. De véritables canyons ont incisé les terrains molassiques, sur des profondeurs pouvant atteindre localement plus de 200 m de profondeur.

Puis la réinondation brutale du bassin méditerranéen permet le comblement des canyons qui les transforment dès lors en rias (Figure 2-2). Ce prisme sédimentaire sous aquatique est constitué de dépôts d'argiles et de marnes sableuses de couleurs grises à bleues d'origine marine puis lacustre.

La position de ce Pliocène marin a pu être précisée avec le travail de la thèse de Rémi de La Vaissière qui a recoupé les données des coupes de forages, et réinterpréter deux profils sismiques.

#### **Le Quaternaire :**

Le Quaternaire est marqué par les phases successives de creusement et d'alluvionnement du réseau hydrographique qui se fait sous le contrôle glaciaire. Les épisodes d'érosion et d'alluvionnement ont donné le paysage actuel à la plaine de Valence.

L'alternance des phases glaciaires au cours desquelles se font les remblaiements caillouteux se succèdent les phases interglaciaires qui vont fortement éroder, pour laisser place à des terrasses alluviales comme on l'observe au niveau de la vallée de l'Isère.

A l'Est de la plaine de Valence de puissants cônes de déjections, issus des phénomènes de gélifraction du Vercors, recouvrent les terrains molassiques, on les appelle les « cailloutis

d'Alixan ». Puis au centre de la plaine, on trouve les alluvions de l'ancienne Isère, enfin vers l'Ouest ce sont les alluvions du Rhône et plus au sud celles de la Drôme.

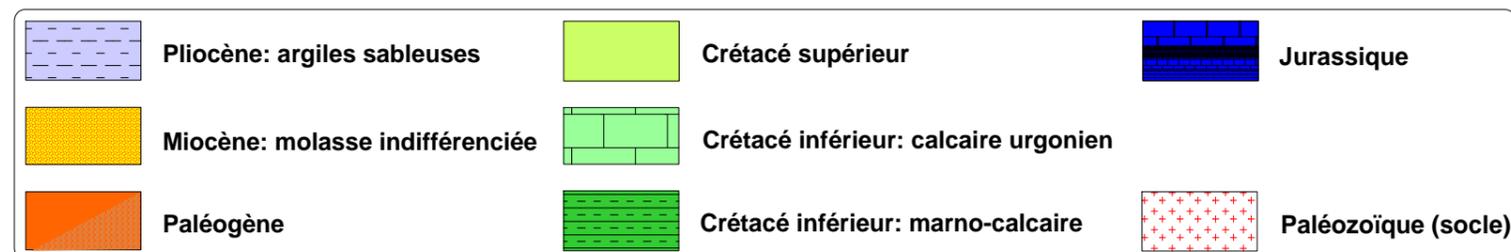
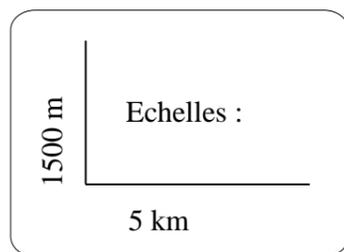
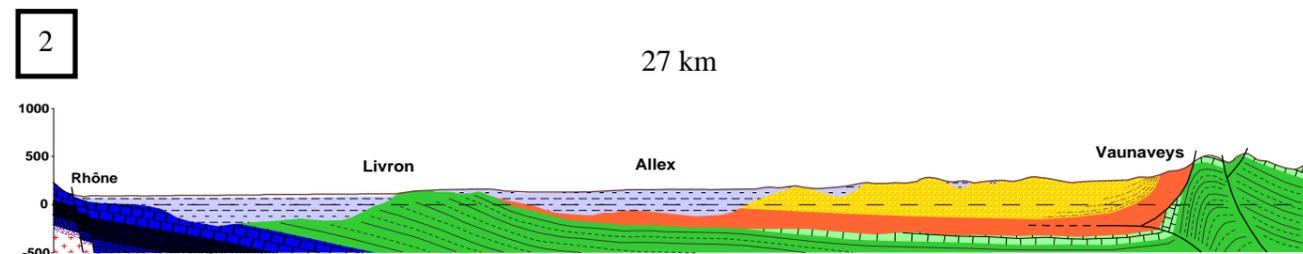
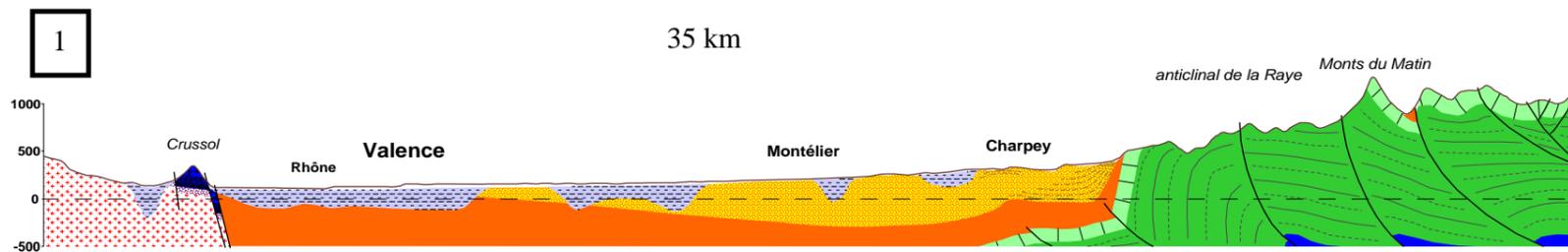
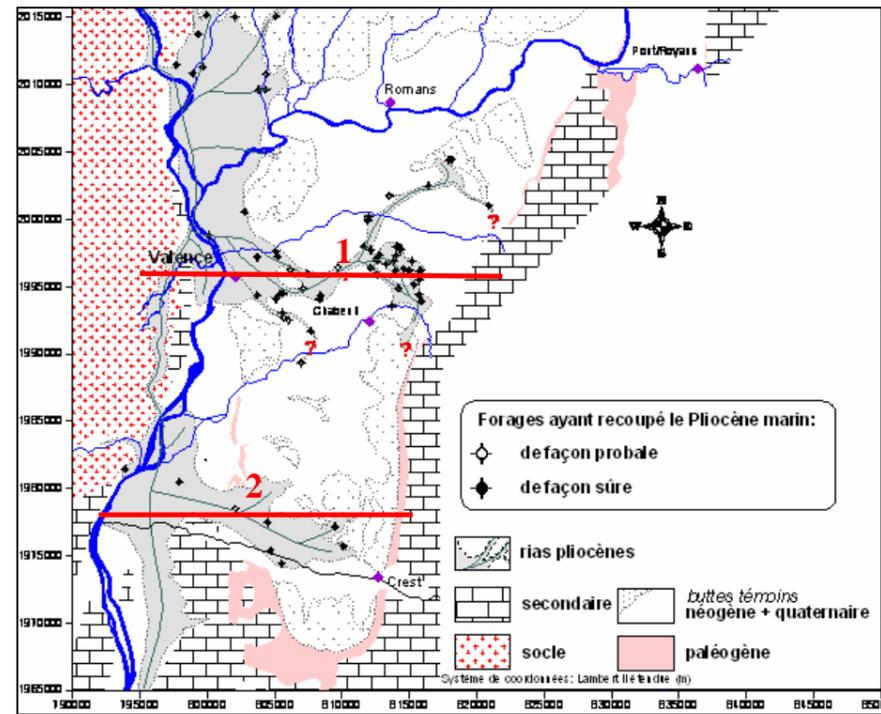


Figure 1-2 : Carte et coupes géologiques de la plaine de Valence

## 1.2) Hydrogéologie et hydrologie de la plaine de Valence

Dans cette partie, nous allons énoncer les potentialités des ressources en eaux de la plaine de Valence. Nous présenterons dans un premier temps les précipitations qui constituent l'apport essentiel vers les aquifères de la plaine, puis nous décrirons les différentes unités hydrogéologiques. La thèse de Rémi de La Vaissière a permis de préciser le fonctionnement hydrogéologique de la plaine de Valence en particulier celui de l'aquifère néogène qui renferment les principales ressources en eau.

### 1.2.1) Hydrologie

La plaine de Valence bénéficie de l'influence climatique méditerranéenne couplée à l'influence continentale venue de la masse eurasiatique. Les saisons se traduisent par des hivers froids et des étés chauds marqués par des orages.

Les précipitations annuelles de la plaine de Valence varient de 1000 mm au niveau du Vercors et diminuent dans la plaine à 800 mm. Le massif du Vercors reçoit d'abondante chute de neige et de pluie, la plaine en bénéficie alors pour l'alimentation de ces nappes.

### 1.2.2) Hydrogéologie générale

La plaine de Valence se caractérise par un nombre élevé d'unités hydrogéologiques, ayant chacune leurs caractéristiques hydrodynamiques. Depuis des années, les ressources en eau de cette plaine font l'objet de travaux, et d'études qui permettent d'améliorer et de préciser les capacités des différents réservoirs.

**Les nappes alluviales** dans la plaine de Valence, représentent une ressource en eau importante, avec des caractéristiques hydrodynamiques intéressantes. Ils existent plusieurs unités hydrogéologiques (figure1-3) :

❖ **Les alluvions du Rhône**, à l'Ouest sur les rebords de la basse plaine, présentent des perméabilités de l'ordre de  $5.10^{-3}$  m/s et des épaisseurs variant de 5 à 25 m.

❖ **Les alluvions de l'Isère** sont représentées par les anciennes au centre de la plaine et les alluvions plus récentes au Nord. Elles sont constituées d'éléments d'origine alpine, avec des galets de tailles variables, et un remplissage interstitiel de sables altérés. La perméabilité de l'ensemble est excellente, elle est de l'ordre de  $1.10^{-2}$  m/s (BURGEAP, 1964 et 1969).

❖ Au Sud de la plaine, **les alluvions de la Drôme** recouvrent les dépôts tertiaires, elles sont constituées de cailloutis calcaires plus ou moins roulés dans une matrice plus ou moins sableuse, qui donne une perméabilité de l'ordre de  $1$  à  $3.10^{-3}$  m/s (DIREN, 2001).

❖ **Les cailloutis d'Alixan** recouvrent la molasse miocène à l'Est de la plaine de Valence, sur une superficie de 187 Km<sup>2</sup>. La perméabilité de ces galets varie en fonction du remplissage interstitiel de  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$  m/s. L'épaisseur de ces cailloutis est aussi très variable de 0 à 25 m.

Les ressources alluviales permettent des débits d'exhaure intéressants, cependant elles restent très vulnérables aux pollutions anthropiques de surface.

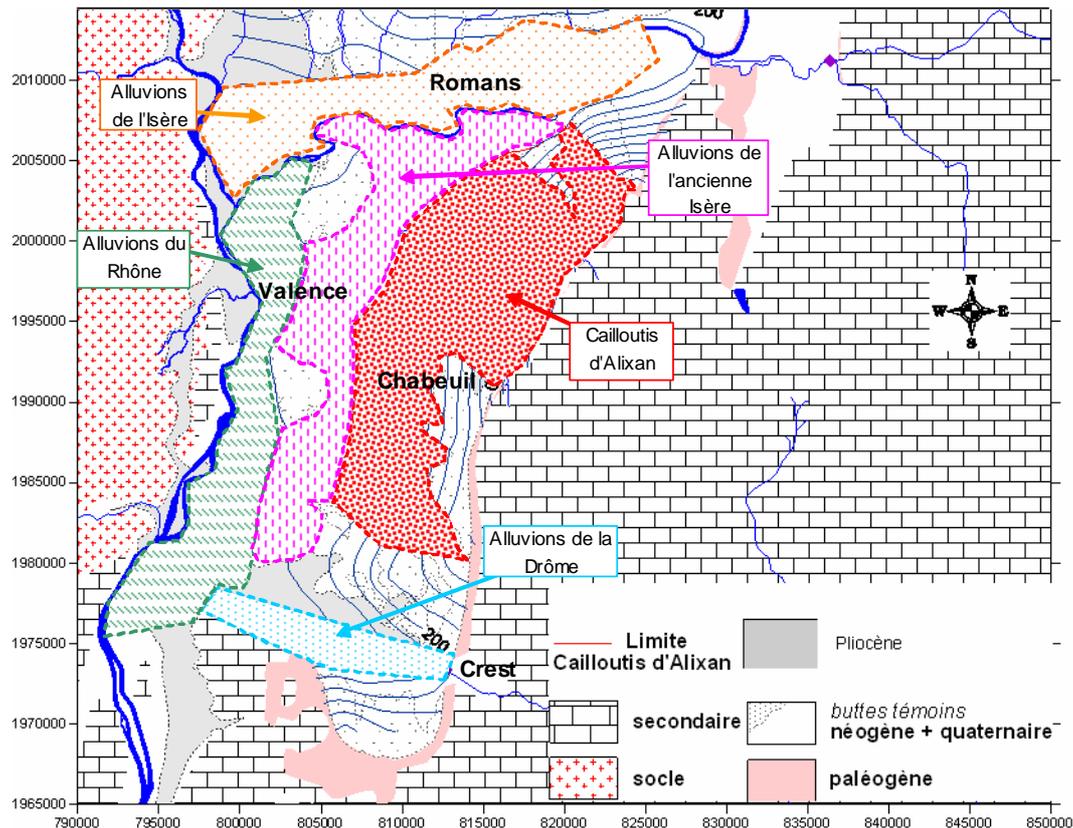


Figure 1-3 : Carte des différentes alluvions dans la plaine de Valence. (Rémi de La Vaissière, modifiée)

### La molasse miocène :

Dans la plaine de Valence, l'aquifère molassique constitue la plus grande unité hydrogéologique, la plus importante ressource en eau souterraine de qualité. La molasse correspond à un dépôt sableux avec des intercalations plus argileuses.

Le faciès de cet aquifère est hétérogène il s'agit d'un réservoir multicouche, mais à l'échelle de la plaine nous considérons une masse sédimentaire homogène dans lequel il y a continuité des niveaux perméables.

Rémi de la Vaissière a donné une perméabilité moyenne de la molasse miocène, de  $1,33 \cdot 10^{-5}$  m/s, et une transmissivité de  $1,45 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Il a également montré dans sa thèse qu'il existait d'importantes variations spatiales des paramètres hydrodynamiques aussi bien horizontales que verticales. Les débits spécifiques sont très faibles en bordure du Vercors, et ils augmentent vers l'Ouest. Le faciès de la molasse est responsable de ces différences, plus grossière et moins cimentée à l'Ouest, elle semble se grésifier vers l'Est.

#### 1.2.3) Piézométrie

L'étude piézométrique de la plaine de Valence montre un écoulement globalement Est-Ouest. Dans cette plaine on distingue trois grands bassins hydrogéologiques, chacun ayant leur propre exutoire.

1. Au Nord, les écoulements de la nappe convergent vers l'Isère,
2. Au centre de la plaine, un écoulement d'Est en Ouest se dirige vers le Rhône,
3. Au Sud, les eaux de la nappe se déversent vers la Drôme.

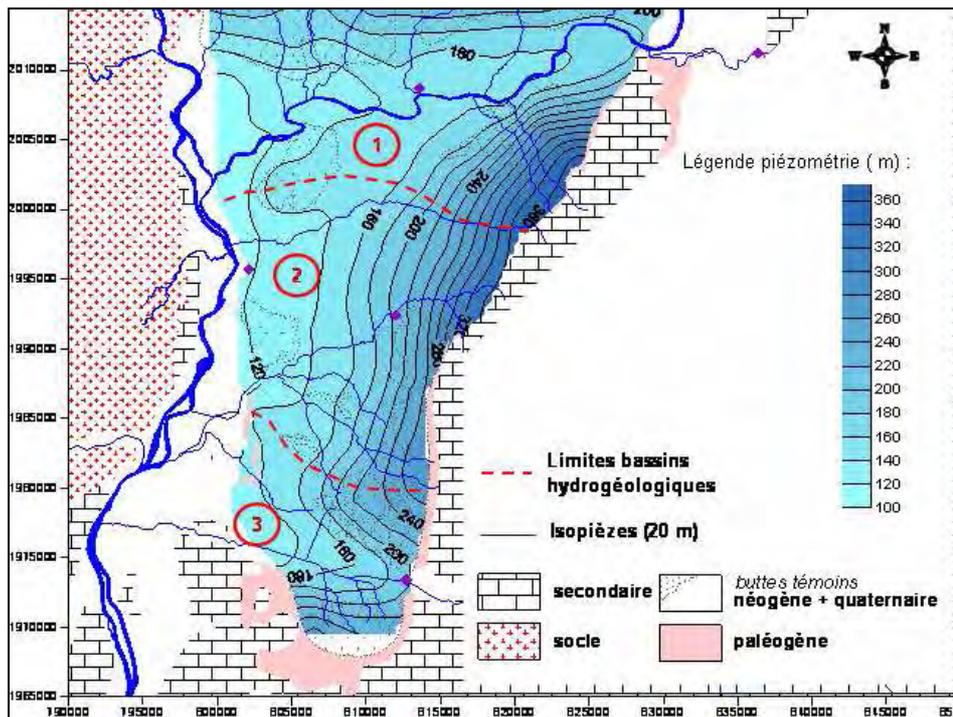


Figure 1-4 : Carte piézométrique de la plaine de Valence (Rémi de La Vaissière, 2006, modifiée).

Il existe des variations annuelles des niveaux piézométriques de l'ordre de 2 à 3 m, liées aux étiages mais aussi aux prélèvements agricoles. Toutefois, sur plusieurs années Rémi de la Vaissière a montré que le niveau ne subissait pas de changement important.

Dans certains secteurs, les niveaux piézométriques sont différents entre les aquifères. On peut citer le secteur au sud de la Drôme de Chabrillan où la molasse est artésienne. On observe un phénomène de mise en charge de la nappe molassique lorsqu'elle recouverte par la Pliocène.

## II) L'azote et les pesticides

La plaine de Valence présente une activité agricole très développée qui au fil des années est rapidement devenue intensive. La pression polluante exercée par les apports d'engrais azotés et les produits phytosanitaires, ont entraîné la dégradation des ressources en eau de la plaine.

Dans cette partie, nous allons étudier les processus de transferts de ces différents polluants agricoles dans le sol.

### 2.1) Le cycle de l'Azote dans le sol

L'azote constitue 78 % de l'air que nous respirons, mais lorsqu'il est combiné à l'hydrogène ou à l'oxygène il donne :

#### - l'azote organique :

Il constitue l'azote fixé par les organismes vivants. Cette forme d'azote se trouve dans les êtres vivants, ainsi que dans l'humus et les déjections animales.

#### - l'azote minéral :

Il existe sous trois formes principales ; le  $\text{NH}_4^+$  (ammoniac),  $\text{NO}_2^-$  (nitrites) et  $\text{NO}_3^-$  (nitrates).

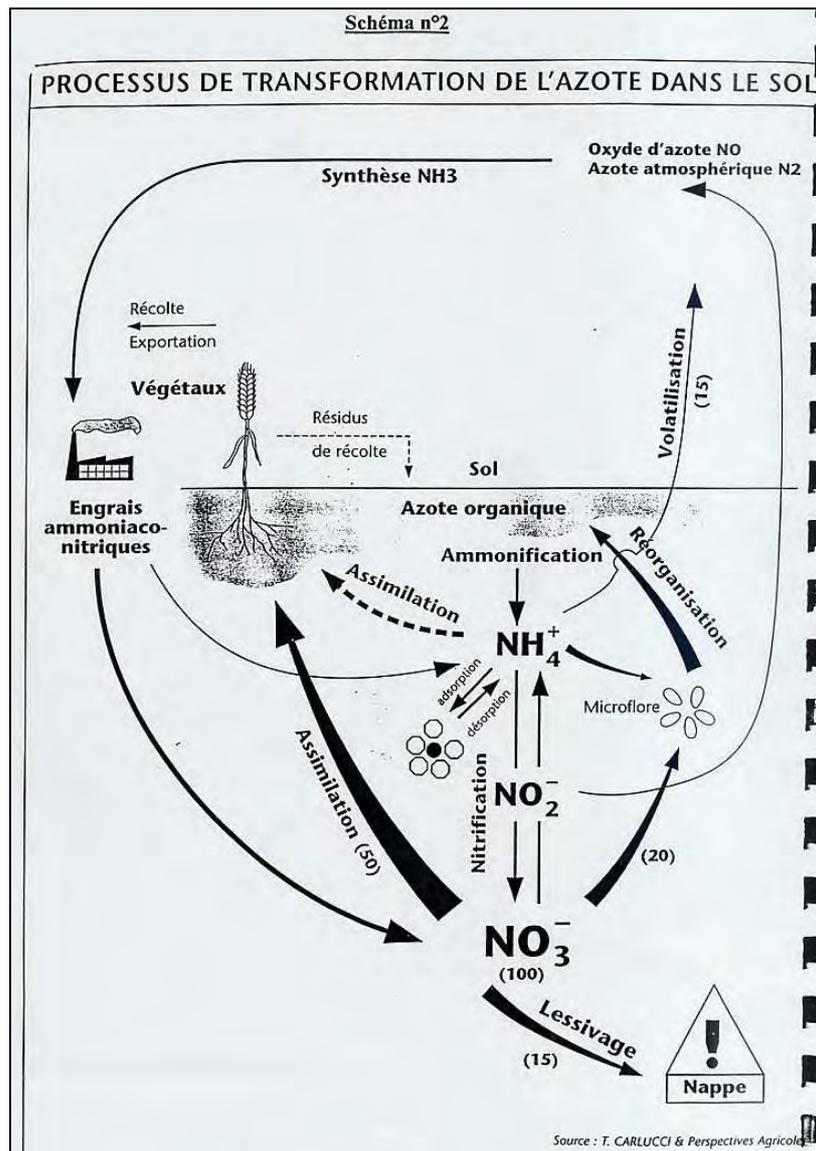
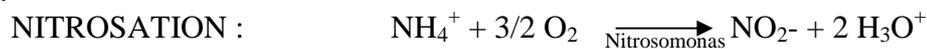


Figure 1-5 : Schéma du cycle de l'azote dans le sol.

L'ammoniac (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se lie à la surface des particules de sols chargées négativement, et se convertie alors assez rapidement en nitrates sous des conditions propices à la minéralisation. En effet, cette étape de nitrification, où l'ammoniac est oxydé en nitrate se fait par l'intermédiaire de bactéries nitrifiantes Nitrosomonas et Nitrobacter (Guiraud et Marol, 1990) :



Les nitrates sont sous forme soluble et ne se lient pas à la surface du sol, ils sont alors emportés par les eaux d'infiltration vers la zone racinaire où ils sont assimilés par les végétaux. Toutefois, si une grande quantité d'eau s'infiltré en surface, alors le NO<sub>3</sub><sup>-</sup> risque d'être emporté au delà de la zone racinaire, vers la nappe, on parle alors de lessivage. Ce phénomène s'observe surtout en hiver.

Les nitrates ont deux origines possibles :

- les nitrates minéraux, apportés au cours de la culture, sont des engrais chimiques (Ammonitrates),
- les nitrates organiques qui sont apportés sur les cultures, le sont sous forme d'effluents provenant des élevages.

## 2.2) Cycle des pesticides

Les phénomènes qui régissent les transferts de pesticides dans le sol sont plus complexes que pour les nitrates.

Leurs aptitudes à migrer varient avec la formulation du produit, et des caractéristiques physico-chimiques de la matière active entrant en considération. Il existe un nombre considérable de molécules pesticides, mais dans la plaine Valence depuis maintenant quelques années les nombreuses analyses effectuées ont identifié les molécules les plus fréquentes.

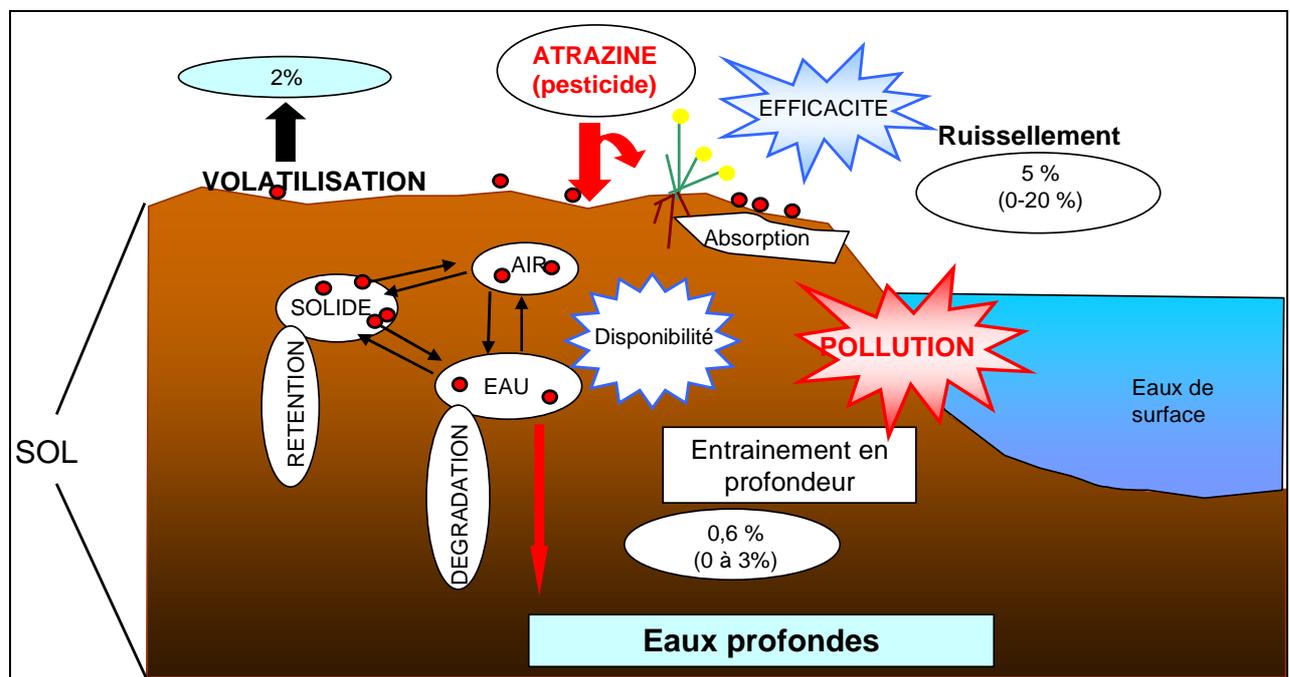


Figure 1-6 : Schéma des processus impliqués dans le devenir des pesticides dans le sol (E. BARIUSO et al., 1996, modifié.).

Le schéma, figure 1- 6, résume les processus impliqués dans le devenir de ces molécules dans le sol. Les principales voies de dispersion des polluants à partir du sol, sont le ruissellement et la volatilisation.

En général, pour les pesticides les quantités responsables de contaminations représentent une très faible proportion des quantités appliquées environ moins de 1 % (E. BARRIUSO et al., 1996).

Les deux grands facteurs qui conditionnent les risques de fuite vers les nappes sont :

- les caractéristiques du produit : sa persistance et sa rétention dans le sol. « De manière générale, plus un produit est retenue dans le sol, moins il est mobile et moins il va présenter de risques de contamination des nappes. Plus un produit est persistant, plus longtemps il va rester dans le sol et donc plus il aura d'occasion d'être soumis à des phénomènes de transferts pour aller contaminer les nappes. » (JURY et al., 1987 ; GUSTAFSON, 1989 ; cité dans BARRIUSO et al. 1996).

- le mode d'utilisation du produit.

Une fois dans l'environnement, certains groupes de pesticides vont se dégrader relativement rapidement, alors que d'autres persistent plus longtemps, ils peuvent alors s'y accumuler ou se transformer en contaminants (produits dérivés). C'est le cas de l'atrazine, un ancien herbicide utilisé sur le maïs, interdit depuis 2002, qui dans le sol évolue en déséthylatrazine notamment (il existe d'autres dérivés).

Les cultures se sont fortement développées et diversifiées au cours des années, avec l'installation de l'irrigation, on recense de l'arboriculture, et de grandes cultures irriguées (maïs, tournesol). Ce qui a conduit à un accroissement de l'utilisation des engrais et des produits phytosanitaires. Les élevages sont également très présents dans la plaine, on compte de nombreux élevages avicoles.

### III) Atteintes qualitatives de l'aquifère molassique de la plaine de Valence

La plaine de Valence connaît depuis les années 80, des problèmes de pollutions par les nitrates de façon récurrente dans ces nappes superficielles. Aujourd'hui, il apparaît localement une dégradation progressive de la qualité de l'aquifère molassique.

Les nitrates ne sont plus les seules sources de pollutions agricoles, ils sont accompagnés des produits phytosanitaires, les pesticides.

Dans cette présentation, nous résumerons à partir des travaux de la thèse de Rémi, l'état qualitatif de l'aquifère molassique de la plaine de Valence.

#### 3.1) Situation des concentrations en nitrates et interprétations

Cette carte, figure 1-7, (Rémi de la Vaissière thèse, 2006) met en évidence les secteurs contaminés par les nitrates de l'aquifère molassique de la plaine de Valence.

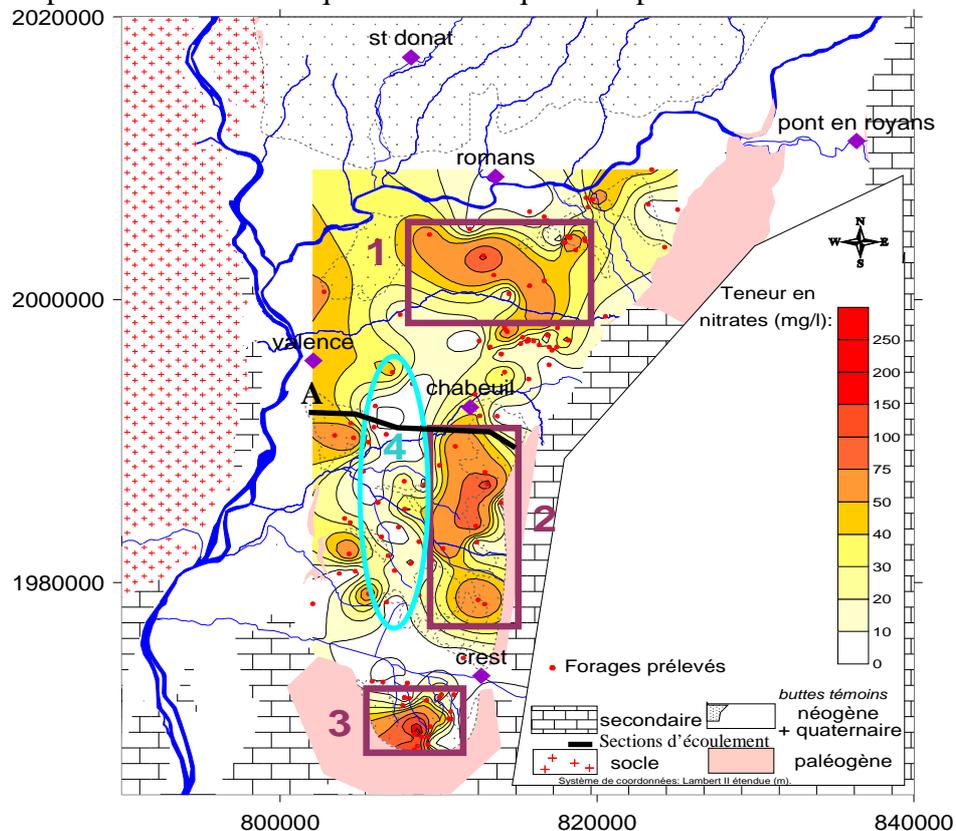


Figure 1-7 : Carte des teneurs en nitrates des eaux de la nappe molassique (Rémi de la Vaissière 2006, modifiée.)

Le Nord de la plaine est touché par les nitrates, en particulier les secteurs d’Alixan et de Châteauneuf sur Isère (1). La géochimie et la datation des eaux ont mis en évidence l’origine de ces eaux contaminées comme provenant des eaux superficielles.

A l’Est, en bordure du Vercors, ce sont les buttes molassiques du Sud de Chabeuil à Crest (2), qui sont fortement contaminées par les nitrates. Et à l’Ouest en bordure de la vallée du Rhône, ce sont les secteurs du plateau de Lautagne (6) et Etoile sur Rhône (5).

Les eaux chargées en nitrates ont été échantillonnées sur des forages inférieurs à 50 m de profondeur (concentration en nitrate moyenne 40 mg/l), ce sont des eaux infiltrées sur les bordures des buttes qui circulent peu et ressortent rapidement comme l’indique la figure 1-8. Les forages plus profonds présents ne sont pas contaminés par les nitrates, les eaux captées se sont infiltrées au pied du Vercors (forage n°688 [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = 9,3 mg/l).

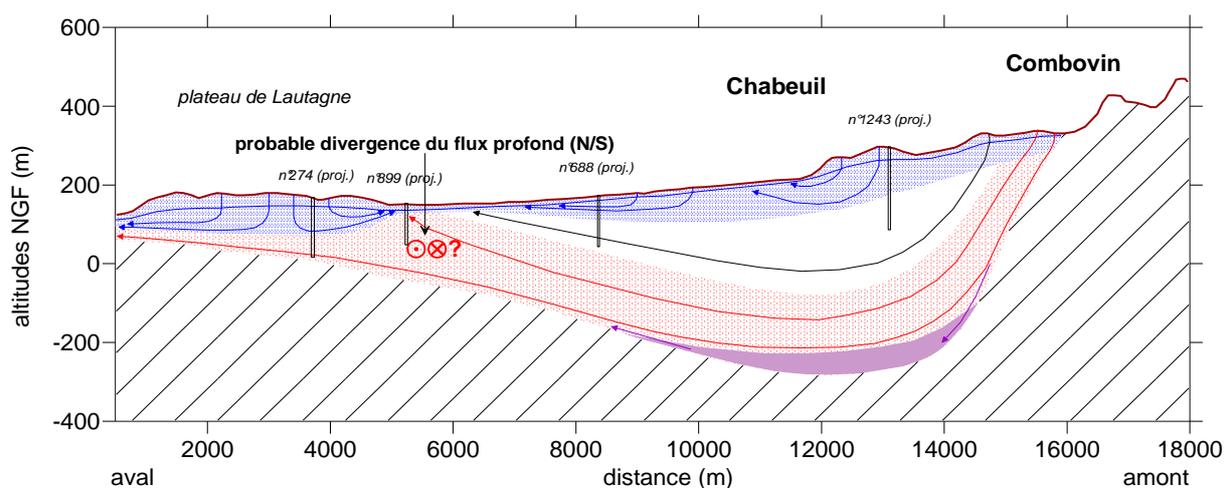


Figure 1-8 : Section d’écoulement A (Rémi de la Vaissière).

Au Sud, la molasse profonde est également touchée (3), cette pollution provient certainement de la pollution de la nappe superficielle (voir chapitre 3, secteur d’Autichamp).

Dans la partie centrale de la plaine, on observe une zone dénuée de nitrate (4) de St Marcel les Valence à Montoisson au Sud. La datation des eaux du forage 899 a montré qu’il s’agissait d’eau ancienne, elles ont donc circulé en profondeur dans l’aquifère molassique. Ainsi, elles n’ont pas pu être contaminées.

Les secteurs les plus fortement touchés par les nitrates se situent au niveau des buttes molassiques, ce qui montre que ces affleurements sont particulièrement vulnérables à l’infiltration des pollutions d’origine anthropique.

### 3.2) Situation des concentrations en pesticides

Nous utiliserons dans cette partie les résultats d’analyses pesticides réalisés dans le cadre de la thèse de Rémi de La Vaissière. Sur la plaine de Valence, 46 forages captant l’aquifère molassique ont été échantillonnés.

Sur ces 46 points, 42 prélèvements sont touchés par les molécules de pesticides ce qui représente 91 %. Parmi ces 42 points, 9 dépassent le seuil de potabilité pour un traitement classique de l’eau (seuil de 0,1 µg/l) par substance (soit 20%). Et 5 dépassent la norme de 0,5 µg/l pour la somme des concentrations des molécules analysées (soit 11 %).

Dans le tableau ci-dessous, nous avons reporté le nombre d'analyses dépassant le seuil analytique de 0,02µg/l par substance analysée :

	Atrazine	déséthyl atrazine	Simazine	DIA	Déséthylter buthylazine	diuron	oxadixyl	terbutylazine
Forage	28	25	1	0	2	1	0	2
%	61	54	2		4	2		4

Tableau 1-1 : Nombre d'analyse dépassant le seuil analytique de 0,02 µg/l par substance analysée (46 points échantillonnés).

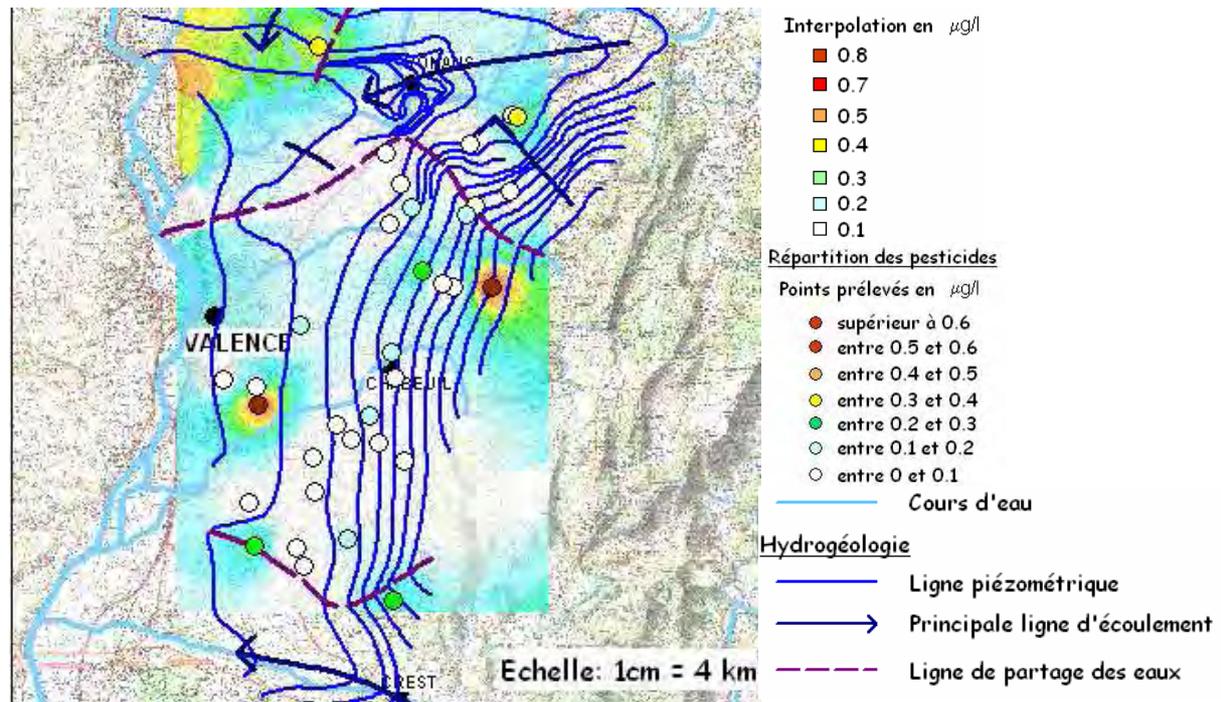


Figure 1-9 : Carte des teneurs en pesticides de la Plaine de Valence.

Les deux principales molécules retrouvées dans les eaux profondes sont l'atrazine et le déséthylatrazine. Ces résultats sont cohérents, et concordent avec les pressions de surface, sachant que le principal désherbant utilisé jusqu'en 2002 était l'atrazine.

D'après l'état des lieux « pesticides » effectué, on peut en déduire que l'aquifère molassique de la plaine de Valence est également touché par les pesticides.

Comme le montre la figure 1-9, de nouveaux les buttes molassiques sont contaminées par un polluant d'origine agricole, ce qui confirme bien la vulnérabilité de ces zones aux infiltrations de surface.

### 3.3) Bilan

La dégradation de la qualité de l'aquifère molassique est confirmée en particulier sur certaines zones de recharge de l'aquifère.

Compte tenu du temps de séjour moyen de l'eau inférieur à la centaine d'année dans l'aquifère et du schéma de fonctionnement de l'aquifère, il est urgent de prendre des mesures de protection pour préserver cette vaste ressource patrimoniale (Rémi de la Vaissière).

## **IV) Présentation du sujet**

### **4.1) Définition de la mission**

Cette étude s'intègre dans le cadre de mon stage de fin d'étude, elle fait suite à la thèse de Rémi de la Vaissière, qui a démontrée l'atteinte qualitative des aires de recharges de l'aquifère molassique.

La synthèse que nous avons faite dans cette première partie, nous a permis de localiser les zones les plus fortement contaminées qui pourraient justifier chacune d'une étude précise. Mais le choix des secteurs doit respecter certains critères, qui permettront de réaliser une étude optimale. Par exemple, il faut avoir un nombre d'ouvrages suffisant et bien réparti sur la zone d'étude, et avoir des données au préalable existantes qui justifient ce choix. Il faut également choisir des secteurs « pilotes » dont on pourra extrapoler les données obtenues à d'autres lieux de la plaine de Valence.

Au terme, d'une étude bibliographique, nous avons sélectionné deux secteurs d'étude, et le troisième nous a été proposé par le comité de pilotage.

En terme analytique, nous avons réalisé sur chacun des secteurs deux campagnes de prélèvement pour mesurer les nitrates et les pesticides qui se sont succédé au cours des mois d'Avril-Mai et Juillet-Aout.

Les molécules pesticides recherchées ont été choisies en fonction du budget et des analyses DDASS des captages AEP de la plaine de Valence. Les huit molécules retenues pour cette campagne sont de la famille des triazines, avec l'atrazine (un désherbant interdit depuis 2002) et son principal métabolite le déséthylatrazine, la simazine, le terbuthylazine et son principal métabolite le déséthylterbuthylazine. Les deux autres molécules analysées sont l'oxadixyl (un fongicide) et le diuron (un désherbant) et la DIA.

Ces différentes campagnes d'analyses avaient pour principal objectif d'établir un état des lieux sur la qualité des eaux de chacun des secteurs, mais également d'évaluer la stabilité interannuelle de ces contaminants dans les eaux. Ces résultats permettront aussi de comprendre le fonctionnement hydrogéologique des secteurs étudiés.

### **4.2) Choix des secteurs**

La problématique des trois secteurs était différente (figure 1-10) :

#### **Le site n°1 : Secteur Nord**

Les suivis des forages du CETE d'ONYX montrent une contamination en nitrates avec des valeurs dépassant les 70 mg/l et ce de façon régulière depuis plus de 5 ans. Les forages recoupent l'aquifère miocène et ont une profondeur comprise entre 60 et 160 m.

#### **Le site n°2 : Secteur Centre Est – Les Bayardières**

Il s'agit d'un cas particulier, avec un forage profond de 150 m appartenant au SIEPV de la plaine de Valence, recoupant l'aquifère molassique. L'exploitation de ce forage a du être arrêté suite à un dépassement continu de la concentration en nitrate atteignant les 75 mg/l. Le but de cette étude est d'essayer de comprendre les raisons de cette pollution azotée.

Pour le mémoire, seul le **secteur n°3 d'Autichamp** a été retenu. Le degré de complexité, la pression exercée par les différents intervenants (l'Agence de l'Eau, le conseil général de la Drôme, le Chambre d'Agriculture) m'ont conduit à y consacrer beaucoup de temps.

Nous exposerons donc l'étude que nous avons réalisée sur le secteur d'Autichamp (Sud de la plaine de Valence), un site proposé par le comité de pilotage lui-même, pour résoudre le problème de la qualité de l'eau de la source AEP alimentant la commune.

En effet, cette source connaît depuis maintenant plusieurs années un problème de nitrates récurrent, dépassant depuis maintenant 1994 la norme de potabilité de 50 mg/l, pour atteindre aujourd'hui en moyenne 73 mg/l de nitrates.

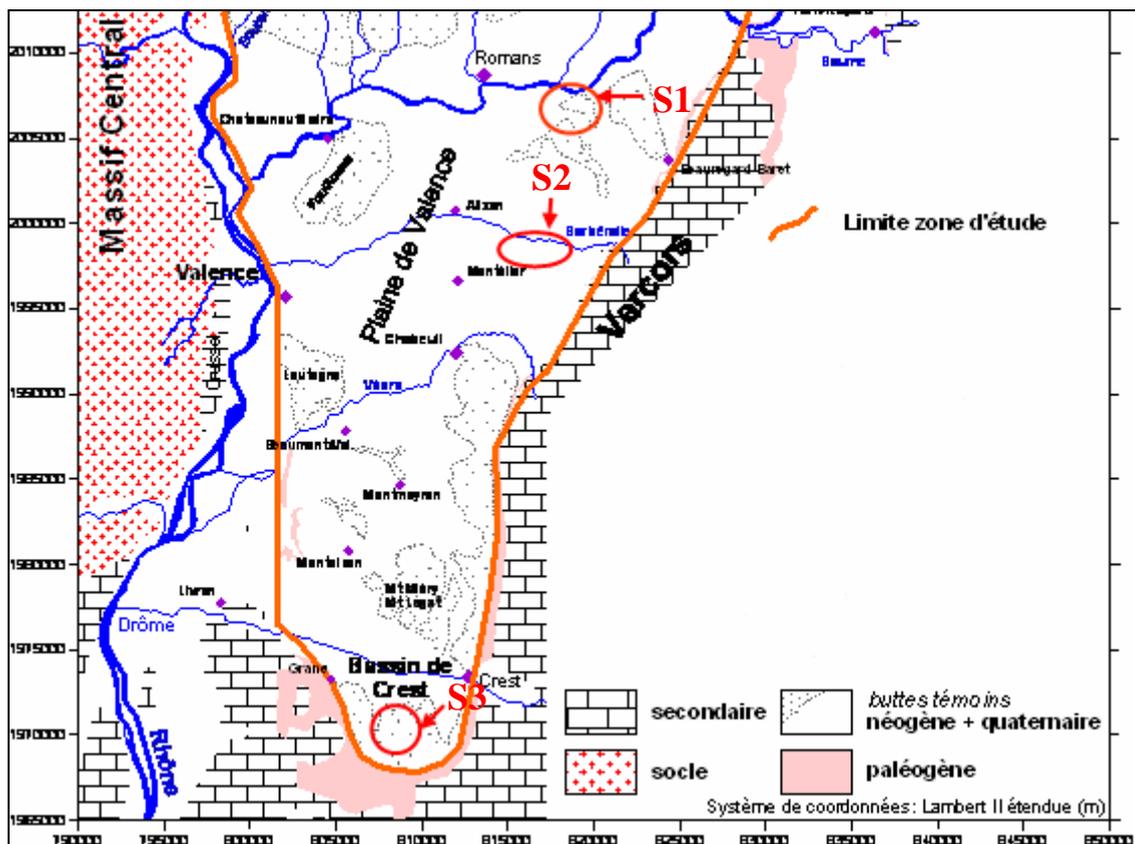


Figure 1-10 : localisation des trois secteurs d'étude.

La Chambre d'Agriculture et l'Agence de l'Eau ont mis en place des moyens visant à réduire les intrants, sans qu'à ce jour des effets se soient manifestement fait sentir.

Une étude hydrogéologique complète devra être réalisée sur ce secteur, notamment une nouvelle détermination du bassin versant de cette source AEP afin de pouvoir identifier l'origine de la pollution. Une étude environnementale sera également menée auprès des agriculteurs de la commune et en collaboration avec la Chambre d'Agriculture.

Le but de cette étude sera de déterminer le mode de fonctionnement hydrogéologique des eaux souterraines, et d'identifier les sources de pollutions potentielles. A la suite de quoi, nous devons proposer un modèle de gestion adéquate pour restaurer la potabilité de l'eau potable de cette commune.

## **CHAPITRE B : SECTEUR AUTICHAMP**

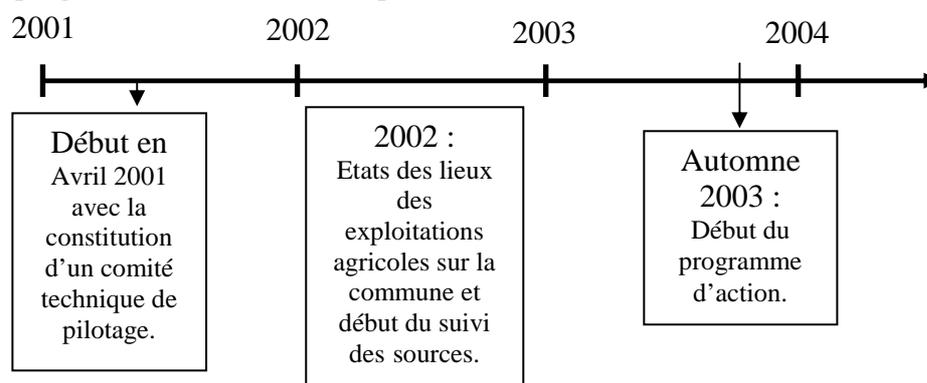
# Introduction

La commune d'Autichamp se situe au Sud du département de la Drôme, à l'extrémité de la plaine de Valence, au Sud de la rivière la Drôme. Cette commune de 634 ha, compte 120 habitants, a été intégrée depuis 2002 en zone vulnérable.

La commune d'Autichamp est actuellement alimentée en eau potable par la source de Chaffoix, qui présente des teneurs en nitrates dépassant la norme de potabilité de 50 mg/l depuis 1993, avec des moyennes comprises entre 70 et 75 mg/l. C'est pourquoi la DDASS délivre des autorisations temporaires d'utilisation de la ressource tout en notifiant que cette solution ne pourra continuer sans trouver une solution alternative efficace. Pour cela, la commune a engagé plusieurs projets d'étude qui devront permettre de résoudre la problématique des nitrates :

- Une première solution locale consisterait à réduire les apports azotés sur tout le bassin versant de la source, et de mettre aux normes les bâtiments agricoles afin de diminuer les concentrations en nitrates. Cette action intégrée au programme environnemental de la Chambre d'Agriculture a pour objectif de restaurer la potabilité des eaux de la source de Chaffoix. Pour en mesurer les effets, un suivi mensuel des teneurs en nitrates est effectué sur une quinzaine de points. A ce jour, après une mise en route du programme fin 2003, il n'a été constaté une quelconque diminution des concentrations en nitrate qui relance le débat de l'intérêt de ce programme.

Historique du programme d'action mis en place :



- Trouver une ressource de substitution, deux projets sont alors envisagés :
  - Un premier projet, serait l'exploitation d'une nouvelle source située au Sud de la Grenette,
  - Un second projet serait l'interconnexion avec le réseau de la commune de Divajeu.

Pour essayer de mieux comprendre la stabilité des concentrations en nitrate malgré la réduction des intrants, il a été proposé d'intégrer un volet hydrogéologique.

Le but de cette étude sera de comprendre, le fonctionnement hydrogéologique du secteur, et d'identifier les sources de pollution.

Dans une première partie, nous réaliserons une synthèse de toutes les données bibliographiques recensées sur ce secteur d'étude. En seconde partie, nous énoncerons nos mesures de terrains et les résultats obtenus lors des différentes campagnes de prélèvements. Enfin en dernière partie, nous présenterons une étude environnementale du secteur, et nous réaliserons un bilan d'azote sur le bassin versant de la source Chaffoix.

# Partie 1 : Synthèse bibliographique

## I.) Données générales du secteur « Autichamp »

Pour comprendre le fonctionnement hydrogéologique de la source AEP Chaffoix, nous avons décidé d'élargir la zone d'étude au « secteur Autichamp » (voir figure 2-1). Ainsi, nous pourrions établir un état global, sur une superficie de 18 Km<sup>2</sup>.

### 1.1) Géologie et Hydrogéologie

Géologiquement, ce secteur d'étude se situe au niveau de la fermeture méridionale du bassin synclinal miocène de la plaine de Valence. Ces formations miocènes sont ceinturées par les dépôts oligocènes pouvant reposer en discordance sur les formations crétacées.

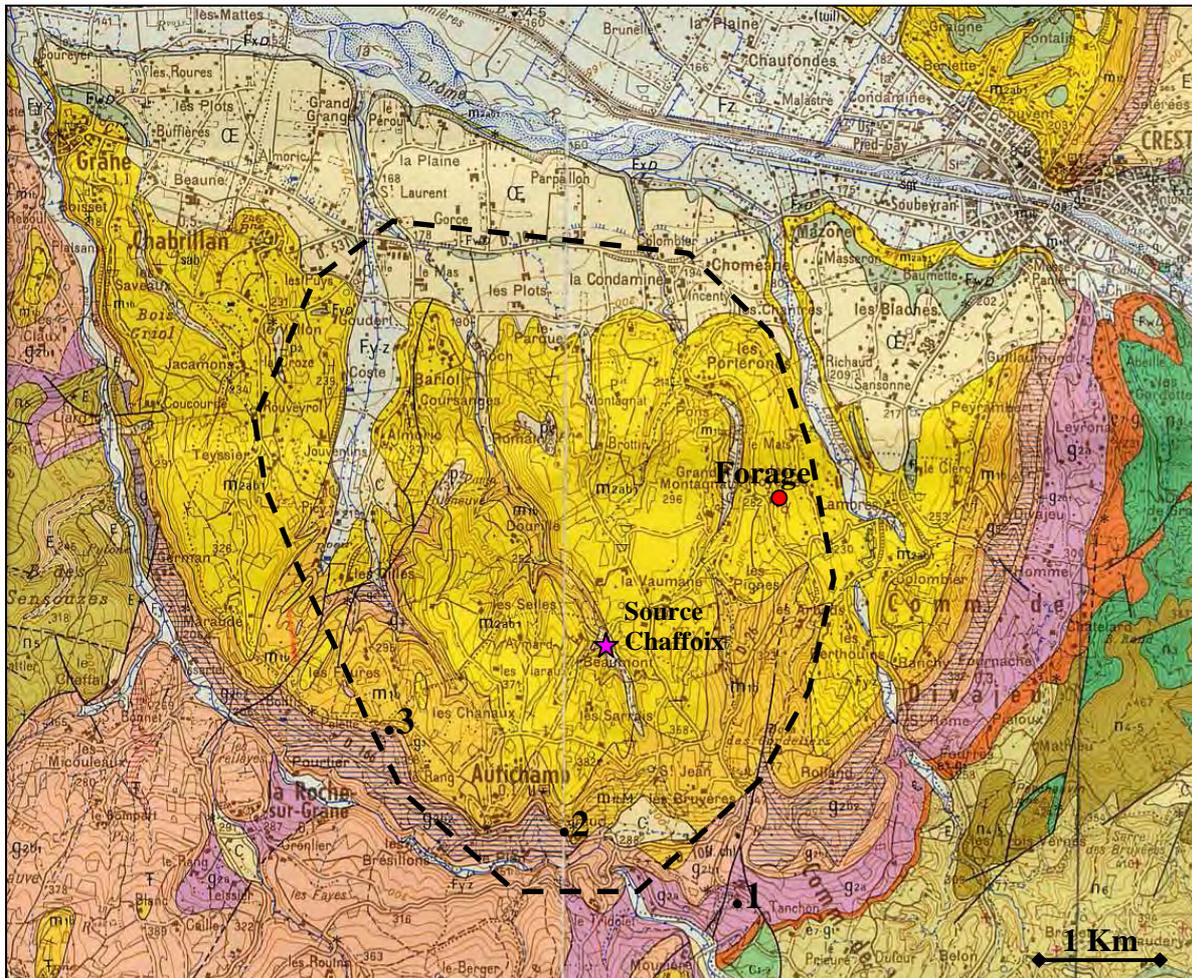
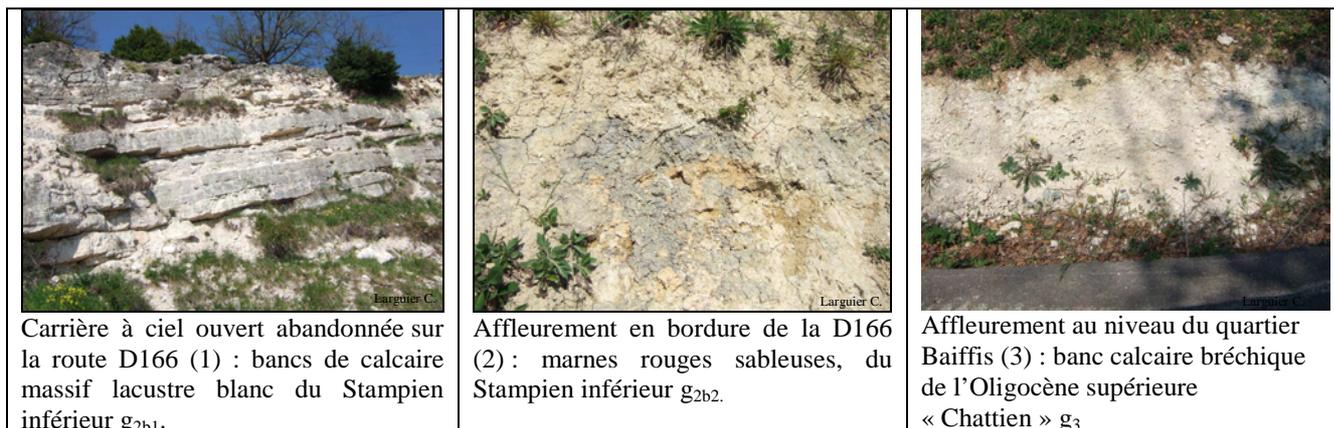


Figure 2-1 : Carte géologique du secteur d'étude d'Autichamp. (Carte géologique de Crest au 1/50 000).

Les différentes formations oligocènes affleurent au Sud du secteur Autichamp. Les plus anciennes formations trouvées datent du Stampien inférieur et sont constituées de calcaires lacustres blancs (g<sub>2b1</sub>) (photo 2-1).



**Photo 2-1 : Photos d'affleurements de l'Oligocène.**

Sur ces calcaires reposent des dépôts de marnes rouges et sableuses, qui affleurent peu dans le secteur étant recouverts par la terre végétale, mais d'épaisseur importants d'environ 60 à 80 m (données issues de la notice explicative de la carte géologique de Crest au 1/50 000). Ces formations de perméabilité probablement très faible, constituent le substratum des couches géologiques qui les recouvrent.

Sur ce mur hydrogéologique, reposent les calcaires oligocènes du « chattien », constitués de gros bancs massifs, parfois bréchi que.

Dans la partie Est, au niveau du quartier des Noyeriers sur la commune de Divajeu, un forage de reconnaissance de 173 m de profondeur a été réalisé et indique la présence de ces marnes à 160 m de profondeur, mais l'absence des calcaires de « Chattien » (point rouge sur la figure 2-1). On peut penser que cette dernière couche de l'Oligocène a été érodée et reste présente en bordure du bassin seulement.

Au Miocène, cette cuvette a été comblée de manière transgressive par les dépôts molassiques. Avec tout d'abord le Burdigalien, stratifié en bancs de grés compacts durs riches en fossiles, et des inter-lits sableux plus perméables.

Les dépôts suivants datent de l'Helvétien, et sont constitués de sables-limoneux. Dans la partie Nord, des coupes de forages indiquent que les faciès supérieurs de cette molasse helvétique deviennent moins perméables.

A la suite de ce comblement miocène, débute une phase d'érosion intense qui touche principalement les parties les plus élevées du plateau. Ainsi, l'Helvétien est absent dans la dans toute la partie Sud, et reste présent en aval.

Les dépôts quaternaires sont présents au Nord de notre zone, avec les dépôts alluviaux de la Drôme, recouverts eux-mêmes par des loess et des limons.

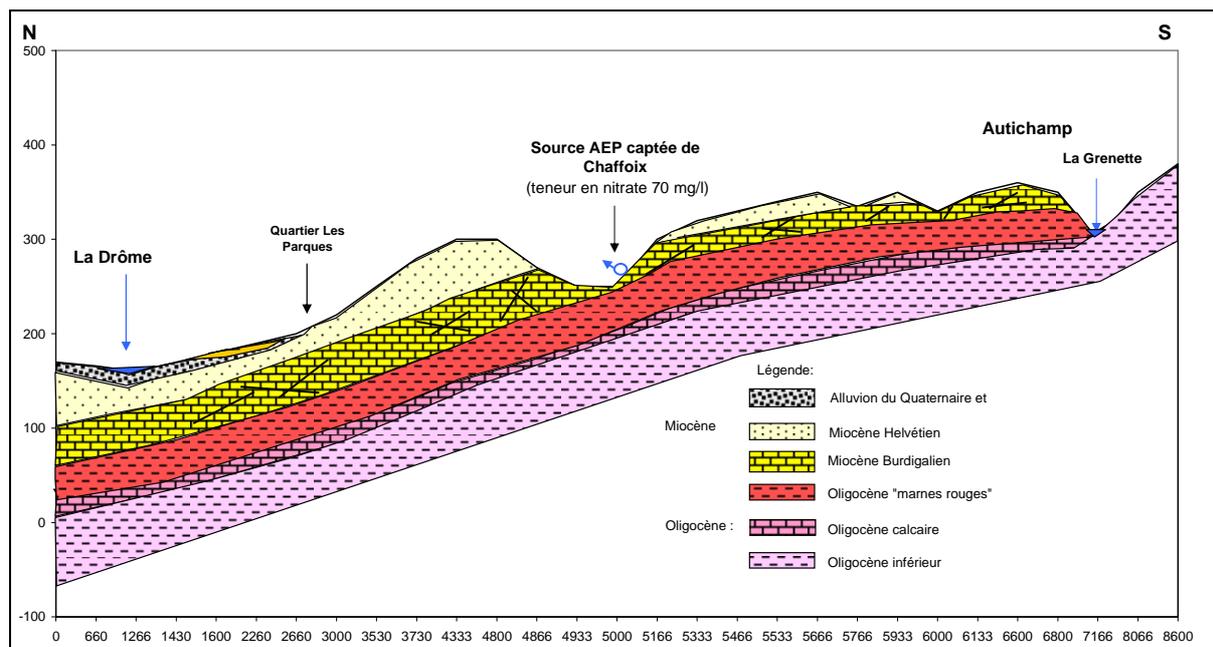


Figure 2-2 : Coupe géologique interprétative du secteur Autichamp.

## 1.2) Hydrologie :

### 1.2.1.) Précipitations moyennes

Les informations météorologiques disponibles les plus proches et les plus anciennes ont été mesurées sur la ville de Crest située au Nord-Est de notre secteur d'étude.

Les données recueillies sont les hauteurs moyennes mesurées entre 1921-1970 : 825.9mm/an. Cette valeur est plus faible que la moyenne des précipitations observée sur l'ensemble de la plaine de Valence (informations données dans le chapitre I), cette différence s'explique par la position géographique plus au sud.

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Crest (en mm/mois)	47.6	48	63.5	66.2	83.8	57.5	36.1	75.6	106.6	94.4	90.7	57
(%) des précipitations par saisons	19,1 %			25,1 %			26,5 %			29,3 %		

Tableau 2-1 : Hauteurs moyennes des précipitations entre 1921-1970 à la station météorologique de Crest. (Données météo-France).

Ces valeurs montrent une répartition irrégulière des précipitations sur l'année, avec de fortes précipitations d'équinoxes d'Octobre à Novembre.

Nous avons pu également recueillir auprès de la Chambre d'Agriculture des données mesurées par un agriculteur de la commune d'Autichamp, entre 1999 et 2005 (annexe 1) :

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Moyenne
Précipitation (mm)	1048	945	908	1299	895	698.5	665	923

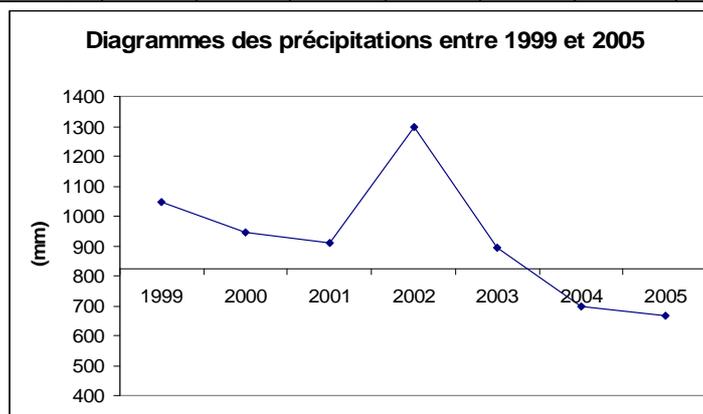


Figure 2-3 : Données météorologique d'un agriculteur de la commune d'Autichamp de 1999-2005.

Nous observons entre 1999 et 2005, une irrégularité des précipitations avec une baisse ces deux dernières années.

### 1.2.2.) Bilan hydrologique

Nous ne disposons pas de mesures suffisantes pour établir un bilan hydrologique précis sur le secteur Autichamp (uniquement les précipitations à Crest). Nous utiliserons donc les résultats trouvés par Rémi de La Vaissière dans sa thèse, qui s'est basé pour ces calculs sur les données de la station météorologique de Saint Marcel les Valence, au Nord de la plaine de Valence. Les précipitations moyennes sont quasiment similaires 842,6 mm à St Marcel Les Valence, contre 825,9 mm à Crest.

Nous tiendrons compte de la catégorie de sol existant à Autichamp dont dépend la réserve utile (RU) nécessaire pour le calcul du bilan hydrique. Sur cette zone d'étude, le sol est constitué de formations molassiques, la réserve utile moyenne calculée pour cette catégorie de sol est de 35 mm. Le calcul du bilan hydrique, nous donne une ETR moyenne sur le secteur environ égale à 610 mm et une pluie efficace estimée à 252 mm. (Données issues de la thèse de Rémi de La Vaissière).

Le secteur Autichamp a une superficie de 18 Km<sup>2</sup>, ce qui donnerait un volume d'eau annuel infiltré par les précipitations vers la molasse de 4,54 millions de m<sup>3</sup> pour 842 mm. En revanche, en 2004 où les précipitations étaient de 698 mm, le volume d'eau infiltré n'était plus que de 3,77 millions de m<sup>3</sup> (2005, volume de 3,59 millions de m<sup>3</sup>).

Ces variations peuvent avoir une influence notable :

- sur le débit cumulé des sources,
- sur la part infiltrée dans la nappe,
- sur la concentration en nitrates dans l'eau sachant que les quantités d'effluents d'animaux mises en place sur les cultures sont constantes (voir chapitre 5).

### 1.2.3.) Les Réseaux hydrographiques

Chaque cours d'eau du secteur d'étude draine un bassin versant. Ils sont orientés vers le Nord, en direction de la Drôme (figure 2-7).

Au centre du secteur, trois talwegs majeurs marquent le paysage, chacun constitué par des ruisseaux alimentés par des sources :

- Le Saint Pierre entre le massif du Villeneuve et le Teyssier,
- Le Villeneuve, au centre, entre La Vaumane et le massif de Villeneuve, alimenté tout le long du talweg par des sources, par ailleurs sa partie amont se situe dans le bassin versant de Chaffoix,
- Le Rift Noir à l'Est, situé entre le massif des Porterons et de la Vaumane.

La Chambre d'Agriculture a suivi le débit de ces deux derniers ruisseaux d'Avril 2002 à Janvier 2004. Pour le Villeneuve la mesure était réalisée au niveau de la source Chaffoix, pour le Rift Noir à l'Est du quartier de la Vaumane (figure 2-4).

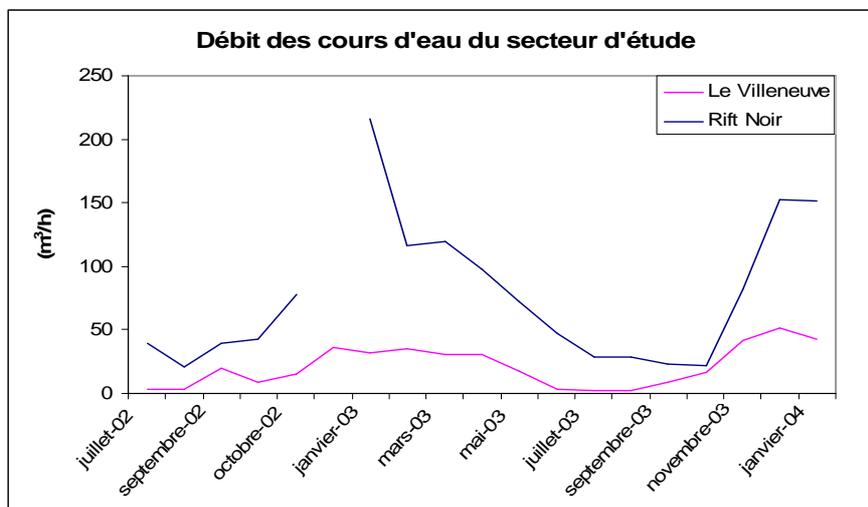


Figure 2-4 : Suivi du débit des ruisseaux du Villeneuve et du Rift Noir. (Données Chambre d'Agriculture).

Nous constatons que le débit du Rift Noir est plus important que celui du Villeneuve, une différence due à la prise de la mesure plus proche de l'endroit où naît le Villeneuve par rapport au Rift Noir. Nous observons une très importante diminution des débits en période estivale en particulier pour le Rift Noir.

Le secteur est bordé dans la partie Sud par la Grenette, qui s'écoule d'Est en Ouest puis qui prend une direction vers le Nord.

### 1.3) Hydrochimie

#### 1.3.1) Données du suivi des sources par la Chambre d'Agriculture

Dans son programme d'action démarré en 2001, un suivi d'une quinzaine de points a été mis en place. La figure 2-5, permet de visualiser les résultats.

On constate que :

- trois points sont stables : le puits baron et les deux sources St Pierre et Calades,
- un seul point a tendance à diminuer, le puits Permingeat,
- cinq ont tendance à augmenter : les sources Barbier, Chaffoix et Magnon, et la source Eymard,
- deux ont des valeurs très irrégulières, le puits Rosier et la source Lattard,
- un point subit des variations étonnantes, le puits Eymard, qui aurait tendance à diminuer ces dernières années, sans explication valable.

Il n'y a donc pas de tendance générale à la diminution validant les actions mises en place, mais au contraire une augmentation.

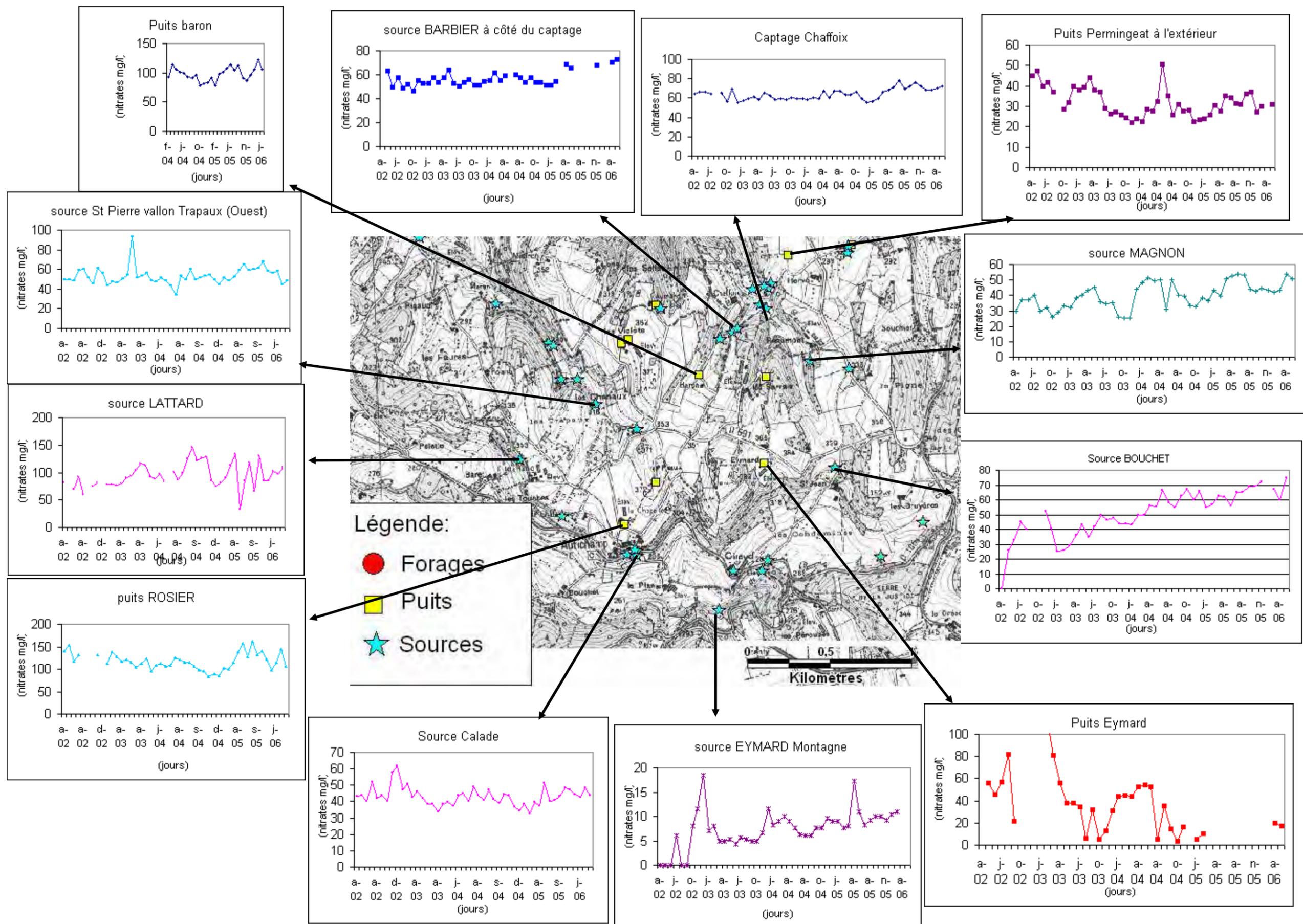


Figure 2-5 : Suivi de la Chambre d'Agriculture des teneurs en nitrates des différentes sources du secteur d'Autichamp.

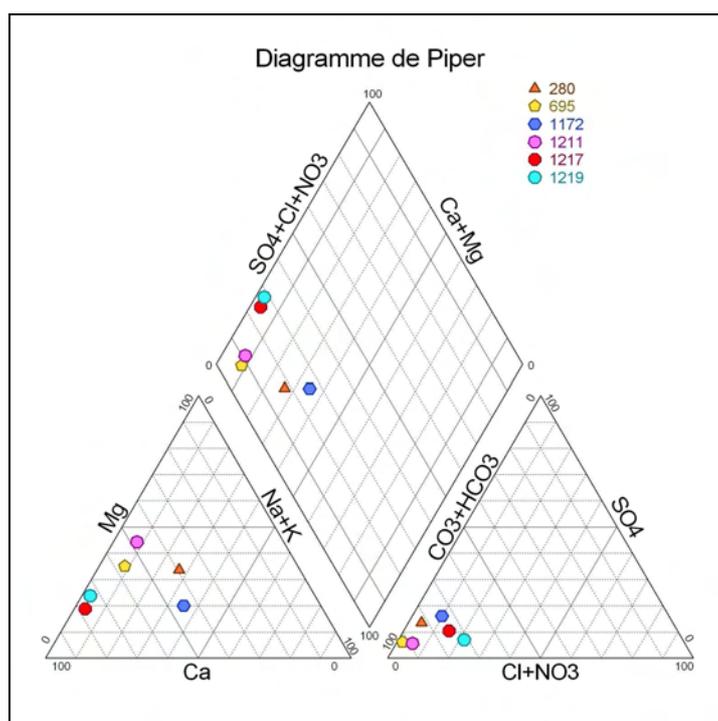
### 1.3.2) Données géochimique des eaux de la nappe profonde

Nous utilisons les données de la thèse de Rémi de La Vaissière, qui a effectué des analyses des paramètres physico-chimiques sur six forages situés sur le secteur Autichamp. Comme l'indique la figure 2-7, ces forages ont été échantillonnés dans la partie Nord de notre secteur, sur les communes de Chabrillan à l'Ouest et Divajeu à l'Est. Ces forages recoupent la molasse miocène.

Forages	Profondeur (m)	Eau % sol (m)	H CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
280	108	1,36	423	69	35,7	51,3	4,1	8,2	54,6	8,5
695	70	20	350	70	26,4	11,1	1,7	4,1	18,3	
1172	120	20,2	390	74	20	62,8	5,9	20,7	67,1	15,9
1211	70	12	382	71	39,7	11,5	2,8	6,9	19	11,2
1217	80		323	122	17,9	5,6	1,3	12,6	35,5	43,7
1219	85	35	283	97	19	3,8	0,8	15,2	21,7	59,6

**Tableau 2-2 : Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des forages.**

Les eaux des forages sont principalement bicarbonatées et calciques, pour les forages 280 et 1172, les eaux ont un faciès bicarbonaté calcique et sulfaté. Pour distinguer les familles d'eau, nous avons réalisé le diagramme de Piper :



**Figure 2-6 : Faciès des eaux des forages.**

Ainsi, nous constatons trois familles d'eau différentes sur ces forages :

- 280 et 1172 : Les eaux sont chargées en sulfate et sodium et pauvres en nitrate, ce sont des eaux profondes, avec une origine complexe du calcium et du sodium qui restent non identifiée (échange de base).
- 1211 et 695 : Les eaux sont peu chargées en nitrate et en sulfate. Ce sont des eaux moins profondes que les deux forages précédents et avec une chimie différente. Il se peut qu'il existe un niveau intercalaire propre au Burdigalien.

- 1217 et 1219 : Les eaux sont chargées en nitrate, avec du calcium et peu de magnésium. Ce sont des eaux qui ont eu un temps de séjour court, on peut supposer que ce sont des eaux de surface.

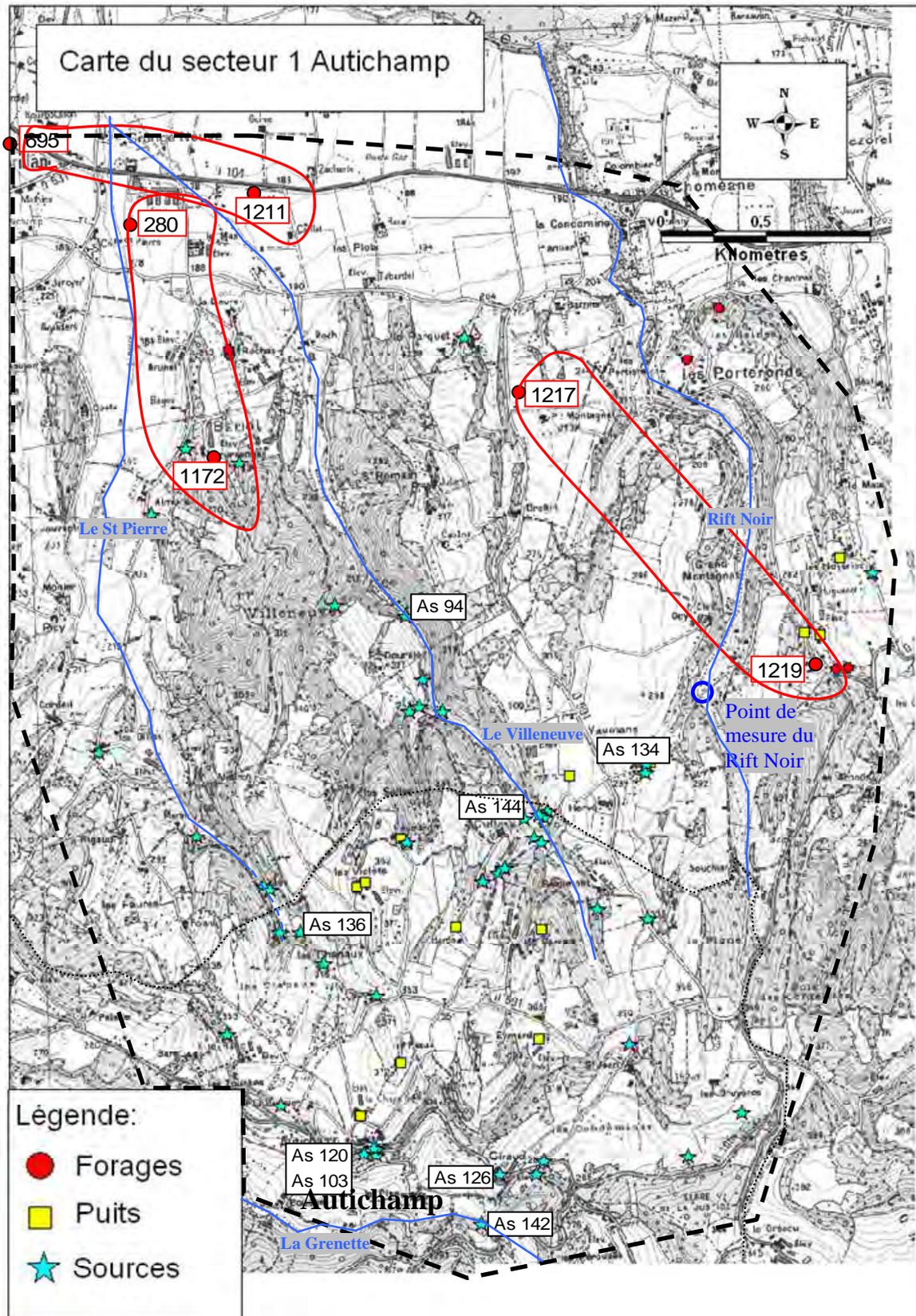


Figure 2-7 : Carte des points de prélèvements des sources et des forages (pointillés noirs limite du secteur d'étude).

## II.) La source Chaffoix

### 2.1) Localisation de la Source Chaffoix

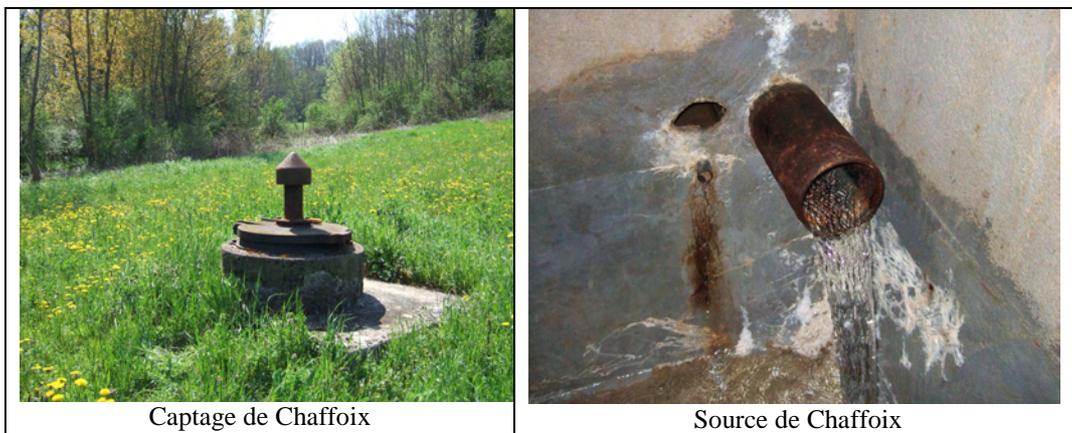
Le captage de la source Chaffoix, se situe sur la commune d'Autichamp à environ 1800 m au Nord-Est du village, dans un vallon, orienté Nord-Est / Sud-Ouest, entaillé dans l'épaisse molasse miocène, où les bancs de grés durs du Burdigalien affleurent (figure 2-1). A une cinquantaine de mètres à l'Est, coulent le ruisseau le Villeneuve (où se jette le trop plein de la source).

Ce captage a pour coordonnées (Lambert 2 étendue) :

X = 809 340

Y = 1969500

Z = 275 m NGF.



Captage de Chaffoix

Source de Chaffoix

**Photo 2-2 : Photo de la source AEP De Chaffoix.**

Le captage est constitué d'un cube de béton de 2 m × 2,5 m portant au sommet un capot Foug et une cheminée d'aération (plans du captage en annexe 3). La source captée sort à environ 3 m de profondeur, par un drain de 200 mm (petit drain suintant à côté, voir photos photo 2-2). L'eau captée descend vers la station de pompage située au bas du captage, et une pompe de reprise l'envoie au réservoir communal situé au Sud.

Le bassin versant géographique de cette source a été établi par la topographie (figure 2-8, trait rouge), il couvre une superficie de 0,5 Km<sup>2</sup>. Il se limite à l'Ouest par la butte des Sarrais, au Sud par celles d'Eymard et de Piaux. A l'Ouest, le bassin est délimité par une butte puis vers Chaffoix, c'est le suivi de la topographie qui lui donne cette géographie. Ce bassin versant est superficiel.

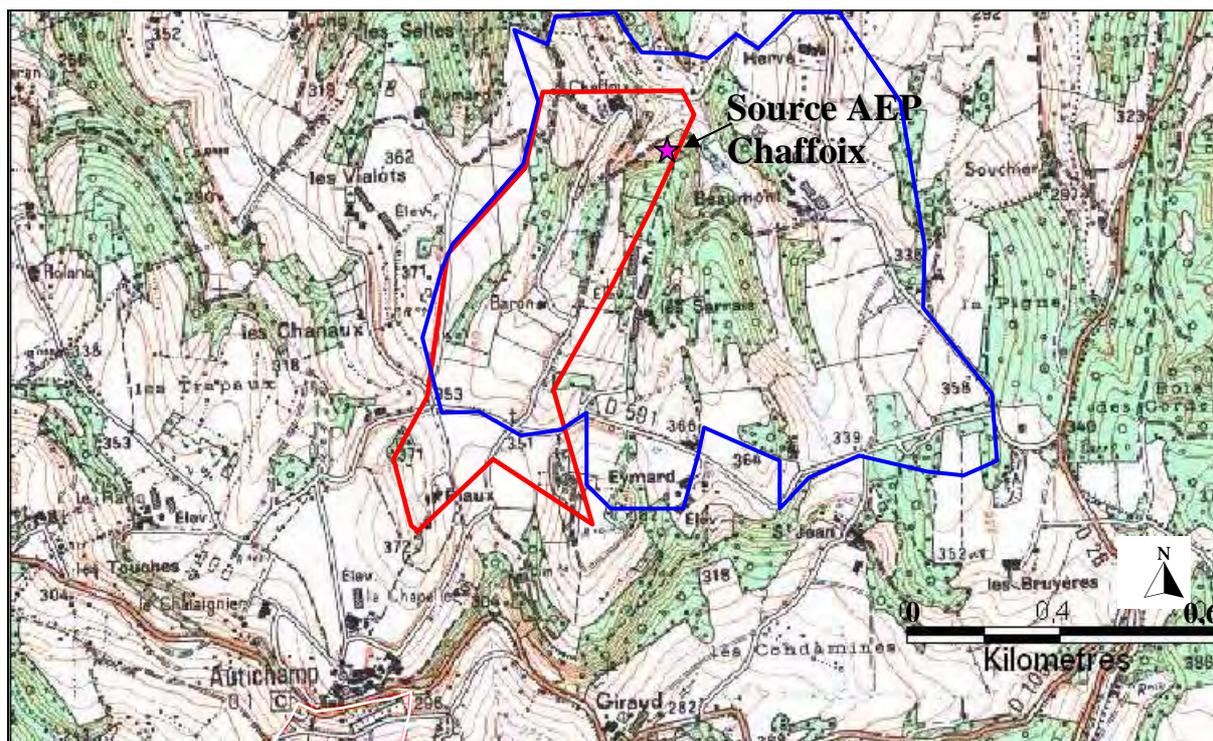


Figure 2-8 : Carte du bassin versant topographique de la source Chaffoix (limite rouge) et limite du bassin versant délimité par la Chambre d'Agriculture (trait bleu).

Pour son programme, la Chambre d'Agriculture a définie un second bassin versant (figure 2-8, trait bleu) qui intègre en plus un aspect géologique, la superficie de celui-ci fait 1,3 Km<sup>2</sup>.

## 2.2) Etude géologique et hydrogéologique du captage de la source de Chaffoix

Le captage de Chaffoix se situe dans les formations molassiques du Burdigalien et de l'Helvétien. En 1998, le bureau d'étude Hydroc a procédé à une étude géologique et hydrogéologique sur le captage de Chaffoix, pour rechercher les causes de pollution sur le captage. Différents travaux ont été réalisés :

- un traçage,
- des sondages au tractopelle,
- de la géophysique avec des sondages électriques.

Les sondages ont permis de mettre en évidence la géologie et l'hydrogéologie des couches souterraines autour du captage et le traçage a permis de définir une vitesse d'écoulement dans la molasse. Les résultats suivants que nous présentons, sont une interprétation de l'étude Hydroc (résultats en annexe 4).

Les formations rencontrées en surface sur le premier mètre, sont constituées de sables limoneux secs, qui deviennent plus marneux jusqu'à environ 3 m de profondeur. Ces terrains superficiels appartiennent à l'Helvétien, ils sont relativement secs avec la présence d'un substratum marneux à environ un mètre de profondeur, appartenant aux formations du Burdigalien.

A partir de 3 m de profondeur, les couches de grès du Burdigalien apparaissent, les valeurs de résistivités dans ces terrains sont faibles jusqu'à 8 m de profondeur environ. Puis

plus en profondeur de 8 à 20 m (fin du sondage), les valeurs de résistivités deviennent très faibles.

La diminution des valeurs de résistivité avec la profondeur peut être liée à un changement de géologie. Nous savons que le substratum est constitué des marnes rouges de l'oligocène, ces formations sont en général caractérisées par des résistivités faibles à très faibles.

Nous pouvons donc supposer qu'à environ huit mètres de profondeur, le substratum oligocène est présent.

Sa présence expliquerait alors pourquoi la source Chaffoix et la source Barbier (figure 2-16) sont captées à cet endroit là. Parallèlement, on voit affleurer l'oligocène à l'Ouest, en amont de la vallée du St Pierre à une altitude de 280 m NGF assez proche de celle de Chaffoix (275 m NGF).

Seule la réalisation d'un forage de reconnaissance dans ce vallon permettrait de confirmer la présence de l'Oligocène.

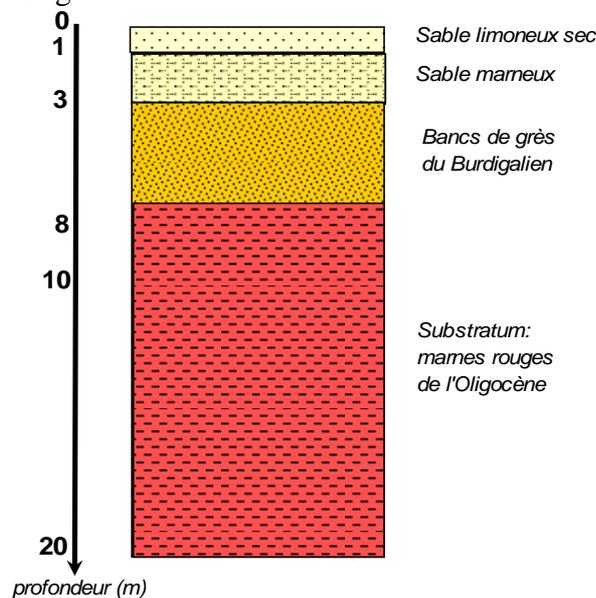


Figure 2-9 : Coupe géologique interprétative du captage de Chaffoix.

Un traçage à la fluorescéine a également permis de déterminer une vitesse d'écoulement dans cette molasse. Il a été réalisé avec l'injection d'un volume de 6 m<sup>3</sup> de traceur dilué depuis le bac de fumier de la ferme des Sarrais situé en amont du captage à une distance de 370 m. Des fluo-capteurs ont été mis en place dans le captage de Chaffoix pendant les 8 semaines qui ont suivi l'injection.

Au bout d'une semaine, des traces de fluorescéine ont été trouvées et ce pendant les 8 semaines. Hydroc a alors défini une perméabilité de  $6 \cdot 10^{-4}$  m/s, soit 18 km/an. La vitesse des eaux souterraines est rapide, mais le gradient hydraulique joue un rôle important.

## 2.3) Débit et Chimie des eaux du captage

### 2.3.1) Débit

Le débit de la source Chaffoix varie dans l'année toutefois nous disposons de très peu de données. La seule valeur dont nous disposons en hiver est une mesure effectuée par la SNCF le 22 Mars 1996 de 10,3 m<sup>3</sup>/h. Nous avons réalisé des mesures pendant l'été et son débit était de l'ordre de 5 m<sup>3</sup>/h. Nous prendrons alors un débit moyen de 7,5 m<sup>3</sup>/h, soit un débit annuel de 65700 m<sup>3</sup>/an.

### 2.3.2) Chimie des eaux

Les responsables de la mairie d'Autichamp nous ont fourni un certain nombre d'analyses des eaux de la source Chaffoix. Nous avons alors réalisé une moyenne des paramètres physico-chimiques.

Sa conductivité moyenne est de 745  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et son Ph est de 7,3.

	$\text{HCO}_3^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
Source Chaffoix AEP	348	16	73	27	142	7,5	4	0,3

Tableau 2-3 : Paramètres physico-chimiques moyens de la source Chaffoix (mg/l).

L'eau a un faciès bicarbonaté calcique, marquée par sa circulation dans les bancs de grès. C'est une eau assez dure, que l'on qualifie d'incrustante.

### 2.4) Evolution des teneurs en nitrates de la source de Chaffoix

Depuis les années 80, les teneurs en nitrates des eaux de cette source n'ont cessé d'augmenter, et depuis 1994 elle dépasse la norme de potabilité de 50 mg/l (figure 2-10). La mairie, nous a fourni une analyse de la source datant de 1966, où la teneur en nitrate était de 24 mg/l.

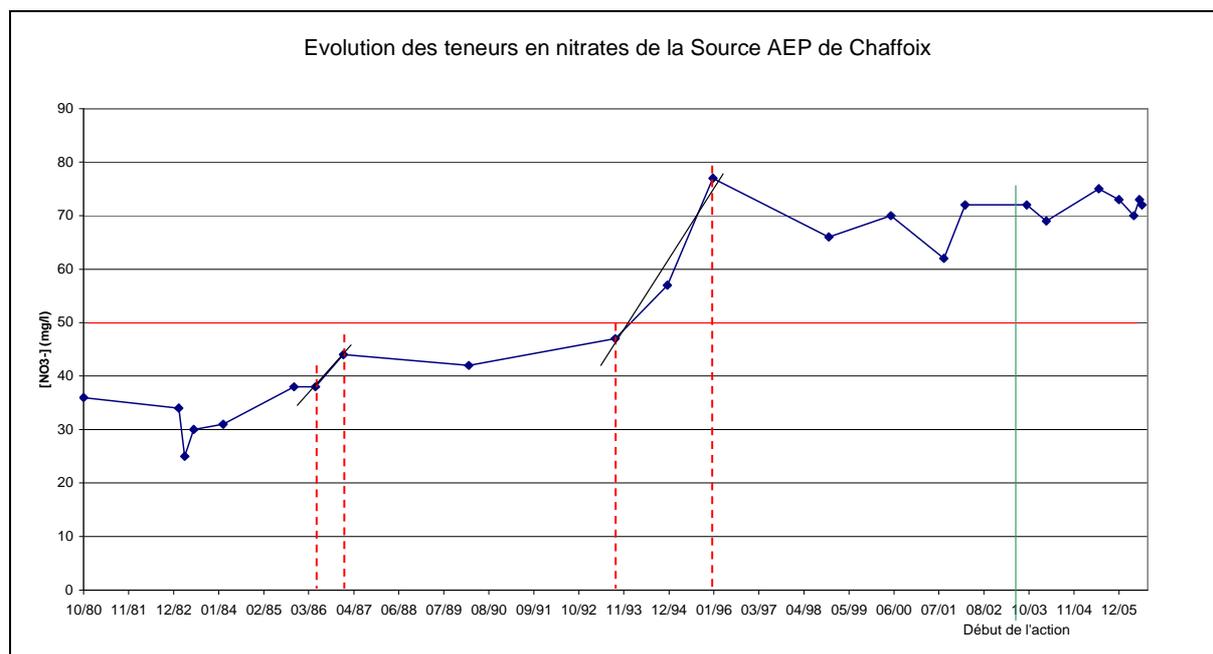


Figure 2-10 : Suivi des teneurs en nitrates de la source de Chaffoix depuis 1980 (données DDASS).

En étudiant plus précisément ce graphique, on distingue cinq grandes phases d'évolution, trois phases de stagnation (1980-1986 ; 1987-1993 ; 1997-2006), une phase croissante de 1986 à 1987 et une de forte augmentation de 1993 à 1996.

Nous avons demandé à la mairie de nous donner les dates des permis de construire des différents bâtiments d'élevages depuis les années 60, afin de voir s'il pourrait y avoir une relation de cause à effet directe avec les périodes de fortes augmentations des concentrations en nitrate de la source.

Nous constatons que le nombre de bâtiments d'élevages est en progression constante (figure 2-11). En termes d'élevages, c'est surtout l'activité avicole qui s'est développée, avec la construction dans les années 90 de poulaillers avec parcours. Ces derniers sont les plus polluants, en effet sur ces parcours les quantités d'azote contenues dans les fumiers ne sont pas maîtrisées, ce qui représentent environ 15 % de la quantité totale produite.

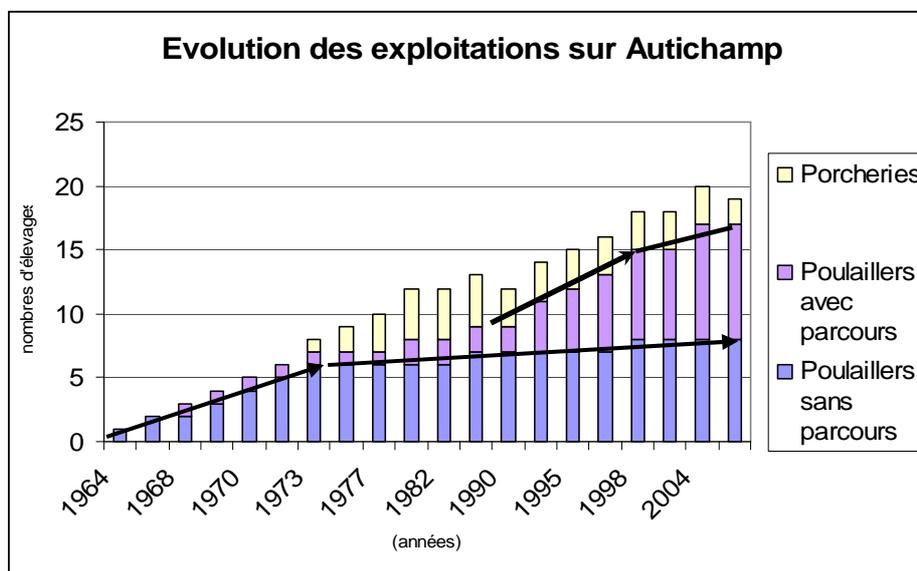


Figure 2-11 : Evolution des bâtiments d'élevages sur la commune d'Autichamp. (Données mairie).

Parallèlement en 1987 sur la commune, un agriculteur a installé l'irrigation pour certaines parcelles, situées sur le bassin versant. Cet apport d'eau a provoqué un changement des pratiques culturales, avec l'apparition du maïs et des cultures spéciales comme l'ail, qui demande plus d'apport en engrais qu'avant.

L'augmentation de la taille des élevages, la construction de poulailler avec parcours, et le changement culturel sont autant de facteurs qui peuvent expliquer l'augmentation des concentrations en nitrates. S'il paraît plus difficile de trouver une cause précise au premier pic d'augmentation des teneurs en nitrates sur l'année 1986, le second pic correspond assez bien à la période d'augmentation des élevages avec parcours.

### Conclusion :

La source de Chaffoix est la seule ressource en eau potable de la commune d'Autichamp. Pour résoudre ce problème de pollution, des mesures ont été mises en place sur le bassin versant du captage, et malgré tout, les teneurs en nitrates restent constantes avec en moyenne 72 mg/l.

C'est en tenant compte de ces données que nous avons mis en place un protocole de mesures (position des points de prélèvements, date de prélèvements ...) afin de comprendre pourquoi malgré le programme mis en place les valeurs continuent à augmenter.

## **Partie 2 : Mesures de terrains**

Avant de nous rendre sur le terrain, nous avons répertorié un certain nombre de points sur le secteur d'étude. Les données ont été récupérées auprès de la Chambre d'Agriculture, des rapports de la SNCF (TGV), et pour les forages dans la thèse de Rémi De La Vaissière.

Sur le terrain, nous avons poursuivi ce recensement, en nous aidant des informations fournies par des personnes du village d'Autichamp ; ainsi, nous avons répertorié 70 points, 12 forages (localisés au Nord du secteur), 14 puits et 44 sources.

### **III.) Terrain : Détermination du bassin versant, débit et piézométrie**

#### **3.1) Piézométrie**

Les différentes mesures faites sur : les sources, les puits et les forages nous ont permis de tracer une « pseudo carte piézométrique » sur le secteur Autichamp. Il est important de souligner que cette carte a été réalisée essentiellement avec des sources en particulier dans la partie Sud, elle représente donc la piézométrie des écoulements superficiels. Cependant, les informations fournies par cette carte vont être fondamentales pour la suite de notre étude.

La « pseudo carte piézométrique » de l'ensemble du secteur Autichamp, montre que l'écoulement des eaux souterraines se fait en direction de la Drôme (figure 2-12). Nous pouvons alors distinguer trois grandes entités hydrogéologiques, délimitant trois bassins versants hydrogéologiques. Ils ont le même point de départ situé au sommet de la commune avec la présence d'un vaste dôme piézométrique.

Cette première ligne de partage des eaux de direction plus ou moins Est-Ouest, passe sur le village même d'Autichamp, l'écoulement des eaux souterraines se dirige alors au Sud vers La Grenette (3). Ces conditions d'écoulements sont très probablement dues à la présence d'une flexure ou d'un léger anticlinal dans les couches géologiques du Burdigalien située au droit du village. L'existence de sources au bas de la falaise du village d'Autichamp, indique qu'il y a un changement du sens d'écoulement des eaux.

Une autre ligne de partage des eaux d'axe Nord-Sud se forme au niveau du dôme, une partie des eaux souterraines va alimenter vers l'Ouest le cours du Saint Pierre (1) et l'autre partie se dirige vers le Nord-Est (2). On remarque un alignement des sources dans chacune de ces deux entités hydrogéologiques (A et B), qui correspond aux cours d'eau, du St Pierre et du Villeneuve. Le creusement de ces deux talwegs s'est fait dans la molasse, entraînant avec l'érosion l'affleurement des bancs gréseux du Burdigalien, d'où la présence de nombreuses sources qui alimente ces ruisseaux. A l'Est, le troisième ruisseau le Rift Noir fait partie de la même entité hydrogéologique (2) que le Villeneuve, mais avec moins d'écoulement superficiel.

L'entité hydrogéologique 2 qui contient le captage de Chaffoix, est marquée par des écoulements superficiels, répartie essentiellement dans la partie supérieure de cette entité.

La principale source d'alimentation de ces eaux souterraines sur l'ensemble du secteur provient des précipitations et la distribution se fait au niveau du dôme piézométrique.

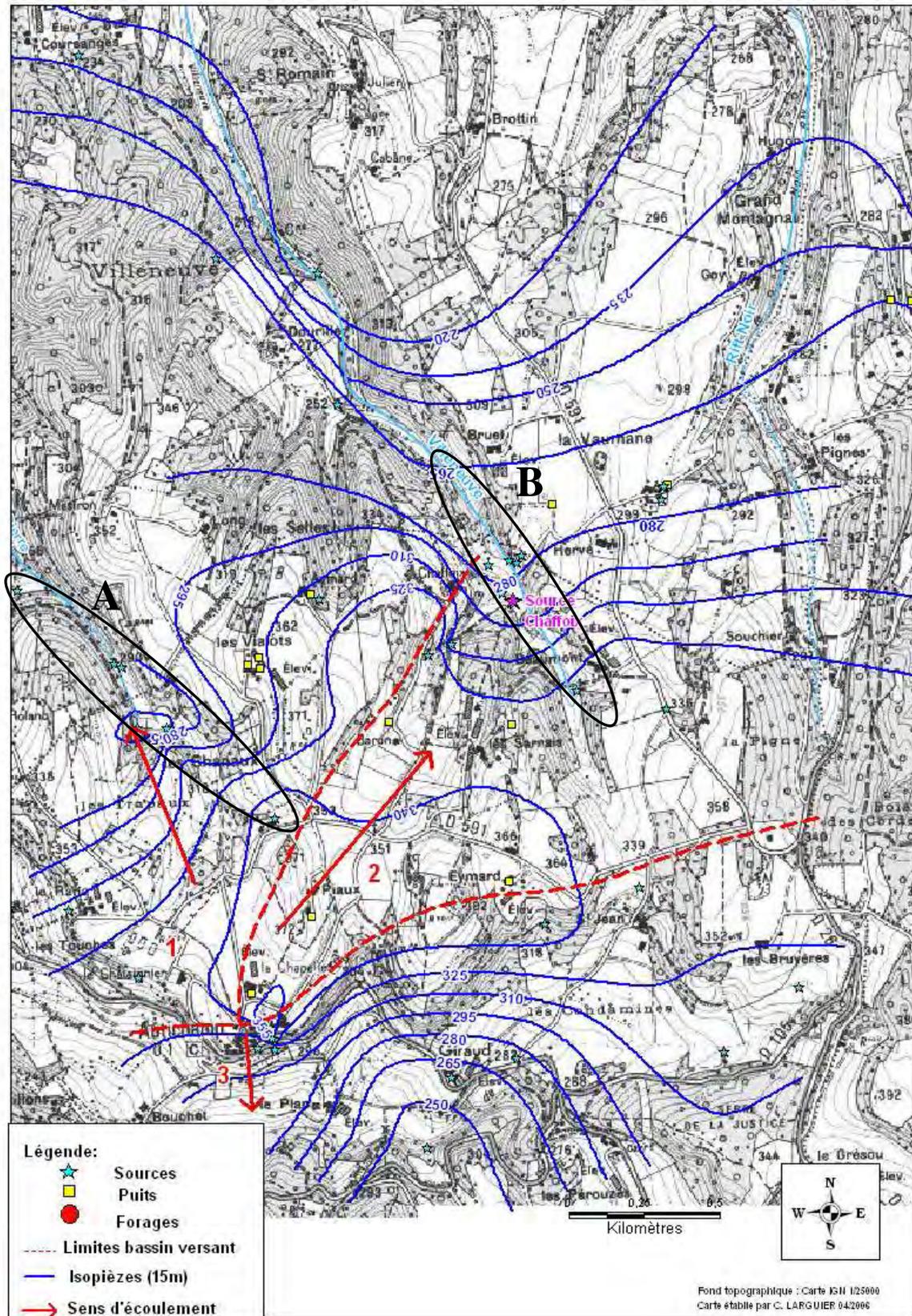


Figure 2-12 : Carte piézométrique du secteur d'Autichamp réalisée en Avril-Mai 2006.

### 3.2) Débits des sources et suivi interannuel du niveau piézométrique

Les deux campagnes de prélèvements qui se sont déroulées au mois d'Avril et au mois de Juillet, nous ont permis de suivre l'évolution du débit des sources. Fin Juillet, nous avons eu l'occasion de constater une diminution du débit des sources voir pour certaines leurs tarissements (voir en annexe 2 la pseudo carte piézométrique du mois de Juillet).

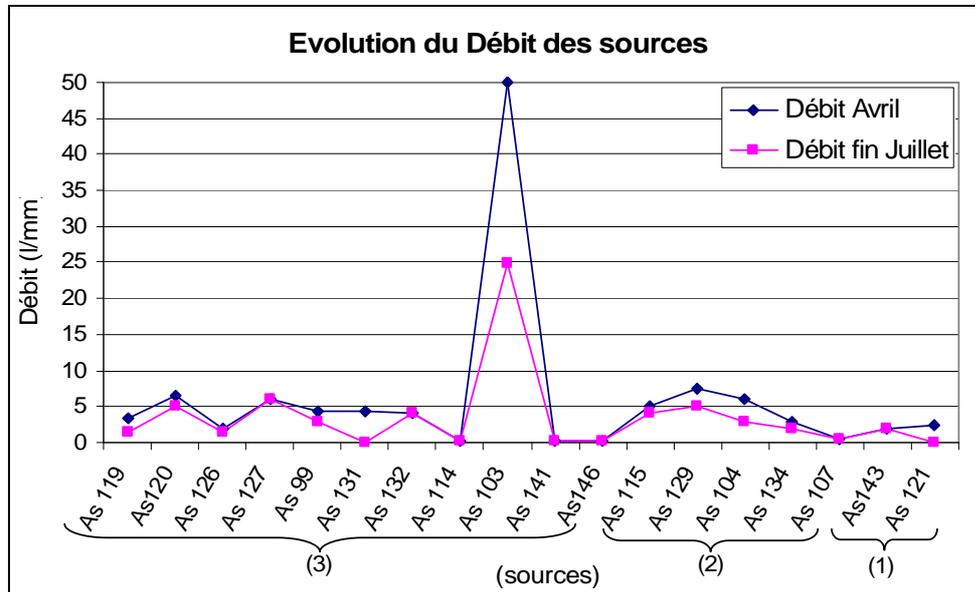


Figure 2-13 : Evolution du débit des sources du secteur Autichamp entre Avril et Fin Juillet 2006 (1, 2, 3 entités hydrogéologiques).

Sur cette figure, nous avons classé une vingtaine de sources, par entité hydrogéologique, afin d'évaluer les variations (localisation des points de prélèvements en annexe 10).

Sur l'entité hydrogéologique (2) contenant la source Chaffoix, nous constatons une diminution des débits pendant la période estivale, sans tarissement. La source Chaffoix, a été mesurée à plusieurs reprises au cours de l'été :

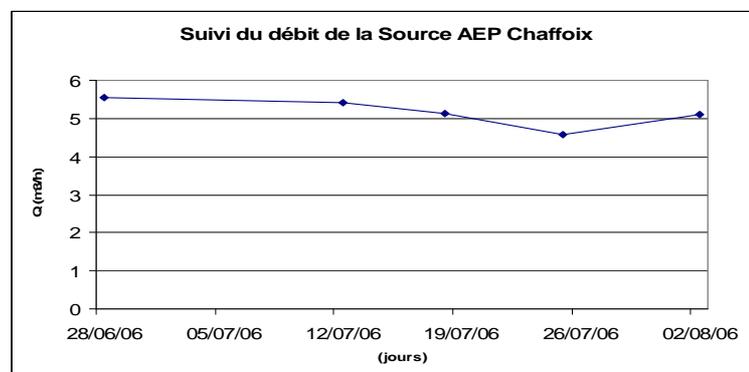


Figure 2-14 : Suivi des débits de la source Chaffoix (données Mr Eymard).

Nous constatons une certaine stabilité du débit qui reste proche de 5 m<sup>3</sup>/h.

L'entité (1) apparaît plus fortement touchée par cette sécheresse. En Avril, nous avons recensé neuf sources, et le débit avait pu être mesuré sur deux d'entre elles seulement. Les autres correspondaient à des émergences diffuses sans possibilité d'une mesure de débit (débit extrêmement réduit inférieur à 500 l/h). Toutefois, au mois de Juillet, nous avons constaté l'absence totale d'écoulement sur cinq sources. Ce sont les sources situées en amont du bassin qui ont tariés (figure 2-15).

Cela confirme qu'il s'agit d'écoulements extrêmement superficiels liés à un horizon peu perméable, créant des discontinuités horizontales. Il existe deux composantes d'écoulements, une horizontale et une verticale avec un niveau de base qui correspond au toit de la nappe.

Le schéma de fonctionnement de cette entité hydrogéologique s'assimile à plusieurs petites nappes perchées.

En aval de ce bassin dans le quartier Les Chanaux (figure 2-12, A), les marnes rouges imperméables de l'Oligocène affleurent (voir carte géologique figure 2-1). Leurs présences expliquent pourquoi les écoulements se font en surface.

Nous pouvons ainsi définir un bassin hydrogéologique pour cette entité (1), toutes les eaux qui s'infiltrent en amont sortent au niveau de la zone d'affleurement de l'Oligocène.

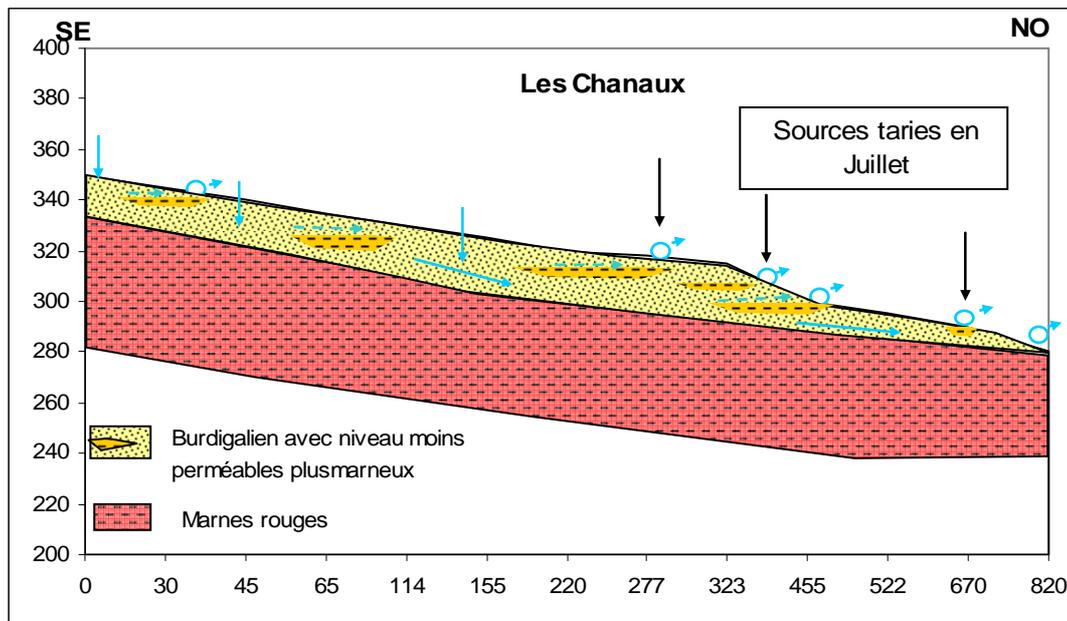


Figure 2-15 : Coupe géologique et hydrogéologique interprétative de l'entité (1).

L'entité hydrogéologique (3) qui se dessine au sud du secteur Autichamp montre, elle aussi, une diminution du débit des sources mais pas de tarissement.

### 3.3) Détermination du bassin versant de la source Chaffoix

#### 3.3.1) Bassin versant géologique

Précédemment nous avons défini un bassin versant topographique, d'une superficie de 0,5 Km<sup>2</sup>. Nous allons le préciser d'un point de vue hydrogéologique, à partir des pendages du Burdigalien.

Nous avons rencontré quelques difficultés pour définir avec précision les limites dans la partie Est du secteur (Est de la route D 591), les affleurements sont absents, recouverts par la molasse sableuse helvétique et par la terre végétale. La topographie sur cette zone s'incline vers l'Est, avec un écoulement des eaux qui se dirige vers le ruisseau Rift Noir. Si l'on compare avec la « pseudo carte piézométrique », on constate que les eaux souterraines s'écoulent vers le Nord-Est. Par manque d'information, nous avons délimité le bassin dans cette partie Est, en se basant sur les courbes topographiques.

Nous obtenons alors un bassin versant géologique de la source Chaffoix d'une superficie de 1,4 Km<sup>2</sup> (figure 2-17).

Cette étude nous a permis de définir en partie les limites du deuxième bassin versant dans la partie Ouest du secteur d'étude qui se dirige vers le cours du St Pierre.

Cette redéfinition du bassin versant de la source de Chaffoix était capitale pour essayer de mieux évaluer le sens d'écoulement des eaux souterraines. Nous pourrions localiser les sources de pollution et mieux appréhender le fonctionnement hydrogéologique de cette source AEP. Il est important de noter que le bassin que nous venons de définir n'est qu'un bassin versant géologique et non hydrogéologique.

Cette « pseudo carte piézométrique » nous a permis de préciser le sens d'écoulement des eaux sur le secteur Autichamp.

### 3.3.2) Utilisation du bilan hydrogéologique

Nous avons défini le bassin versant géologique de la source de Chaffoix, mais participe-t-il dans sa totalité à l'alimentation des sources présentes ? Pour répondre à cette question, nous allons tenter de déterminer la surface du bassin versant correspondant au débit des sources.

Le bilan hydrologique donne un excédent moyen de 252 mm de pluie utile par an. Pour réaliser un bilan hydrique, nous avons répertorié toutes les sources présentes sur le bassin versant de Chaffoix, elles sont alors au nombre de quatre (Figure 2-16) :

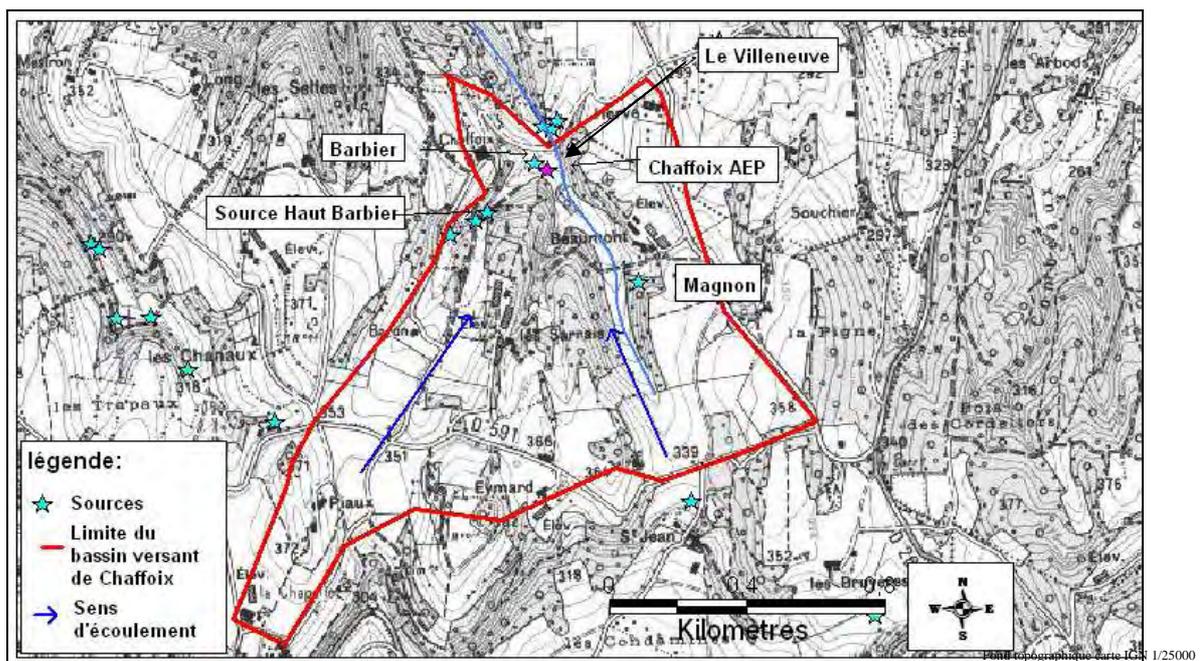


Figure 2-16 : Carte du bassin versant de Chaffoix et ses sources (Fond de carte IGN).

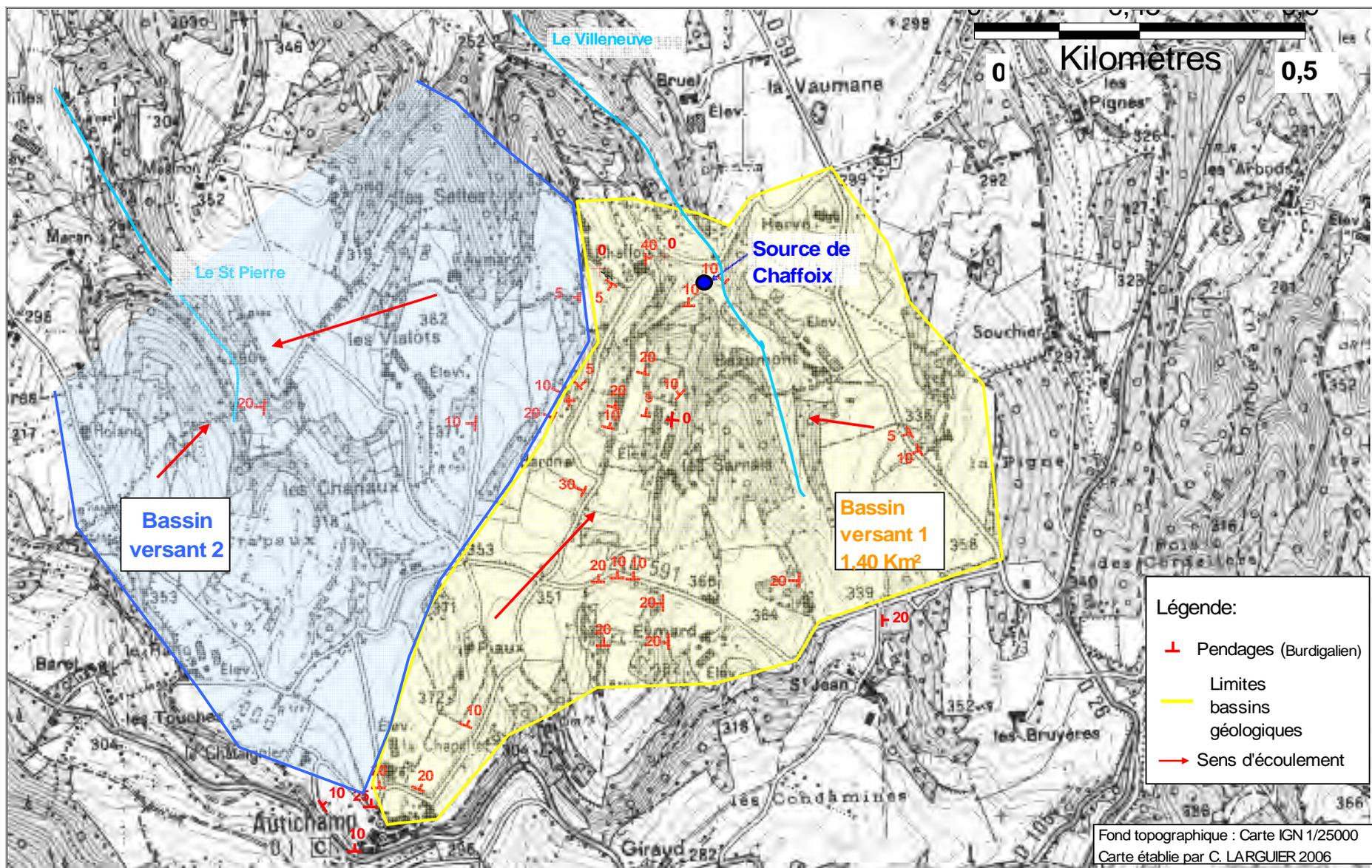


Figure 2-17 : Carte des Bassins versants sur la commune d'Autichamp.

- La source de Chaffoix :

Le débit de cette source varie, nous considérerons donc un débit moyen de 7,5 m<sup>3</sup>/h (§ 2.2.1). Ainsi, nous calculons le débit annuel de la source de Chaffoix soit 65700 m<sup>3</sup>/an.

- Les sources à l'Ouest de Chaffoix :

Il en existe trois : la source Barbier avec un débit moyen de 2 m<sup>3</sup>/h ; et deux autres situés plus en amont à l'Ouest :

Sources	Débit en Avril (l/mm)	Débit fin Juillet (l/mm)	Débit moyen (l/mm)
As 115	6	4	5
As 129	7.5	5	6,25

**Tableau 2-4 : Débit des sources As 115 et As 129.**

Nous avons dans ces calculs, utilisé la moyenne des mesures de débits pris lors de nos deux campagnes de prélèvements au mois d'Avril et fin Juillet. Nous obtenons alors un débit annuel moyen de ces quatre sources de 23 433 m<sup>3</sup>/an.

Après de la Chambre d'Agriculture, nous avons récupéré des données de débits mesurés sur le ruisseau du Villeneuve entre Juillet 2002 à Janvier 2004, une mesure faite au niveau du captage de Chaffoix (pointe de la flèche indiquant le Villeneuve sur la figure 2-14). Nous obtenons un débit annuel de 183 960 m<sup>3</sup>/an. Un débit important, ce qui signifie que le ruisseau est alimenté par des nombreuses sources émergents du Burdigalien (source Magnon), mais également des écoulements diffus.

#### **Bilan :**

Surface d'alimentation estimée :

$$\Sigma \text{ débits annuels des sources du bassin versant} / 0,252 = 273\,093 \text{ m}^3 / 0,252 \text{ m}$$

**Surface d'alimentation totale estimée pour le bassin versant de Chaffoix = 1,08 Km<sup>2</sup>**

La surface d'alimentation estimée du bassin versant de la source de Chaffoix que l'on obtient avec nos calculs est inférieure de 23 %, par rapport à la taille que nous avons définie avec notre étude de terrain.

Pour calculer la différence des entrées entre cette surface que nous venons de définir et le bassin versant géologique (BVg) d'une superficie de 1,4 Km<sup>2</sup>, nous devons effectuer sur ce dernier les calculs du bilan hydrologique.

$$\text{Volume annuel des entrées estimé sur le BVg} = 1,4 \cdot 10^{-6} * 0,252 = 352\,800 \text{ m}^3 / \text{an.}$$

Avec un volume annuel entrant estimé à 352 800 m<sup>3</sup> sur le bassin versant de Chaffoix, en effectuant le bilan des entrées et des sorties on trouve un excédent annuel d'eau de 79707 m<sup>3</sup>/an. A titre de comparaison, ce volume est supérieur au débit annuel de la source de Chaffoix (21%).

Dans ces premiers calculs subsiste un important manque de données, nous ne disposons pas de mesures précises notamment sur le débit des sources, une chronique des valeurs sur plusieurs années aurait été indispensable pour réaliser une étude précise.

En l'absence de données, nous avons négligé les débits d'exhaure des quatre puits présents sur ce bassin versant, mais ce chiffre reste négligeable par rapport à l'excès que nous trouvons. Ce manque de données n'est certainement pas la seule source d'erreur.

Cependant, nous pouvons trouver une explication à ces entrées excédentes de 23 %. Si dans la partie Nord de ce bassin versant géologique, il semble que toutes les eaux sortent, nous pouvons envisager également une infiltration plus profonde des eaux dans la partie Est.

## IV.) Géochimie des eaux souterraines du secteur

Dans cette partie, nous allons exposer les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines du secteur Autichamp. Pour cette étude, nous avons effectué près de 140 analyses d'eaux sur les sources, les puits et les forages, lors des deux campagnes de prélèvement.

Nous présenterons également les résultats de l'étude géochimique réalisée sur neuf sources du secteur.

### 4.1) Etude des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques, pH, conductivité et température ont été mesurés sur le terrain lors de la première campagne au mois d'Avril.

#### 4.1.1) Les eaux des puits

Les 14 puits mesurés se situent tous sur la commune d'Autichamp, les paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau 2-5 ci-dessous :

	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Température ( $^{\circ}\text{C}$ )
moyenne	7,50	811	14,8
médiane	7,46	715	15,0
écart type	0,24	237	1,1
max	7,81	1261	16,2
min	7,20	520	14

Tableau 2-5 : Paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain des puits (Avril 2006).

Les pH sont en moyenne neutres et relativement stables. Les conductivités mesurées présentent une large amplitude de variations, la médiane est alors plus représentative de la conductivité des eaux souterraines des puits. Les valeurs les plus élevées de conductivités (1261 et 1127  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) peuvent être assimilées à des pollutions locales des eaux souterraines. Les valeurs de températures sont proches pour l'ensemble des puits.

#### 4.1.2) Les eaux des sources

Les sources sont nombreuses sur le secteur Autichamp, nous en avons recensé et mesuré 45.

	pH	Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	Température ( $^{\circ}\text{C}$ )
moyenne	7,42	641	11,4
médiane	7,48	646	11,4
écart type	0,36	98	1,9
maximum	8,26	840	15,0
minimum	6,83	346	8,2

**Tableau 2-6 : Paramètres physico-chimiques mesurées sur le terrain des sources (Avril 2006).**

Les pH sont similaires à ceux mesurés sur les eaux des puits. Les conductivités sont assez stables dans l'ensemble, à l'exception de deux valeurs plus faibles issues probablement d'une couche géologique différente. Les températures des sources varient, oscille entre 15 et 8,2.

Il existe une grande similitude entre la moyenne et la médiane traduisant une homogénéité de cette ressource superficielle recoupant les mêmes formations géologiques.

#### 4.1.3) Les eaux des forages

Nous avons pu répertorier 6 forages, tous situés dans la partie Nord du secteur, encadrant le secteur Autichamp.

	pH	Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	Température ( $^{\circ}\text{C}$ )
moyenne	7,46	564	14,5
médiane	7,34	574	14,7
écart-type	0,26	84,7	0,72
maximum	7,81	679	15,2
minimum	7,22	441	13,4

**Tableau 2-7 : Paramètres physico-chimiques mesurées sur le terrain des forages (Avril 2006).**

Les eaux des forages sont moins minéralisées que les eaux superficielles. Les pH sont neutres et les températures plus élevées que celles des sources. On observe également une grande similitude entre les médianes et les moyennes.

## 4.2) Etude géochimique des sources

Nous avons réalisé des analyses chimiques des éléments majeurs, sur neuf sources situées sur la commune d'Autichamp.

Deux paramètres ont influencé le choix de ces sources :

- la proximité des limites géologiques (au Sud),
- une répartition géographique homogène, pour évaluer les évolutions possibles de minéralisation des eaux souterraines (figure 3-6).

Cette étude devrait nous permettre d'établir des liens géochimiques entre les différentes sources du secteur, localiser les couches géologiques où elles ont circulé, et identifier éventuellement le ou les couche(s) potentiellement polluée(s).

Nom	Conductivité (μS/cm)	H CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
As 144 Source sous Chaffoix	725	322	0,13	16,8	71,5	28,65	150	5,22	4,83	0,52
As 120 Source Fontaine Calade	679	339	0,07	22,55	43,28	47,82	145	6,97	8,07	14
As 126 Source Giraud	412	273	0,13	5,97	4,29	22,94	69,4	25,7	4,76	0,8
As 94 Source Douille	552	327	0,15	9,46	27,5	21,42	125	8,63	2,99	0,42
As 134 Source Vaumane	623	344	0,11	7,12	43,45	23,36	135	6,53	2,86	0,37
As 103 Source Montel	692	320	0,11	17,52	55,14	39,89	132	8,99	6,7	5,96
As 142 Source Eymard	565	351	1,5	4,16	7,91	26,35	95,6	25,01	1,52	0,42
As 136 Source Les Chanaux	646	361	0,06	9,68	42,76	22,24	142	3,83	4,28	0,37
AEP source Chaffoix	745	348		16	73	27	142	7,5	4	0,3

Tableau 2-8 : Résultats des paramètres Physico-chimiques des 9 sources sur Autichamp.

Les ions dominants de ces sources sont les ions bicarbonates et calcium, les autres teneurs sont par ordre décroissante, nitrates, sulfates, chlorures, magnésium, sodium, potassium et fluorures. Dans l'ensemble, les teneurs en nitrates sont assez élevées, à l'exception de deux sources (As 126 et As 142). Les conductivités sont assez proches, sauf pour une source (As 126).

Nous avons représenté ces résultats d'analyses d'eaux, avec le diagramme de Piper (figure 2-18).

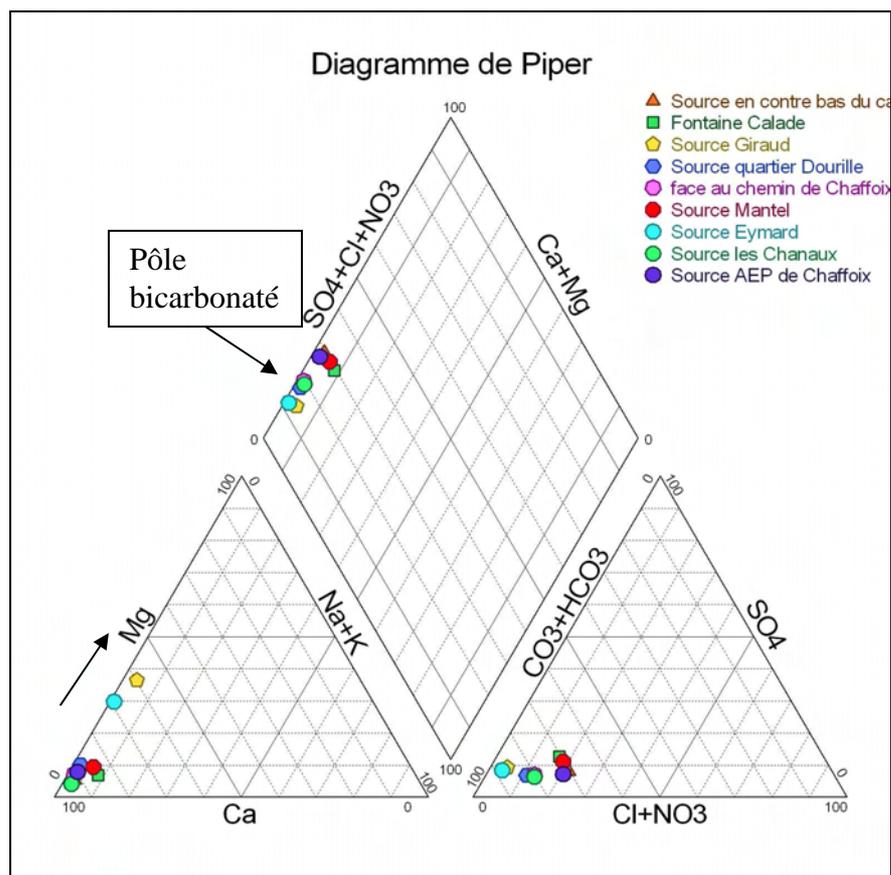


Figure 2-18 : Faciès des eaux de sources.

Ces représentations nous permettent de mettre en évidence le faciès de ces sources qui est de type bicarbonaté calcique. Pour deux de ces sources, on peut parler de faciès bicarbonaté calcique et magnésien (As 142 et 126).

D'un point de vue géochimique, ces deux sources sont différentes des autres. Elles sont dépourvues de nitrates, pauvres en chlorures, et riches en magnésium. Elles ont acquies une minéralisation différente, les teneurs en magnésium montre qu'elles ont du se minéraliser au contact de dolomite (figure 2-19).

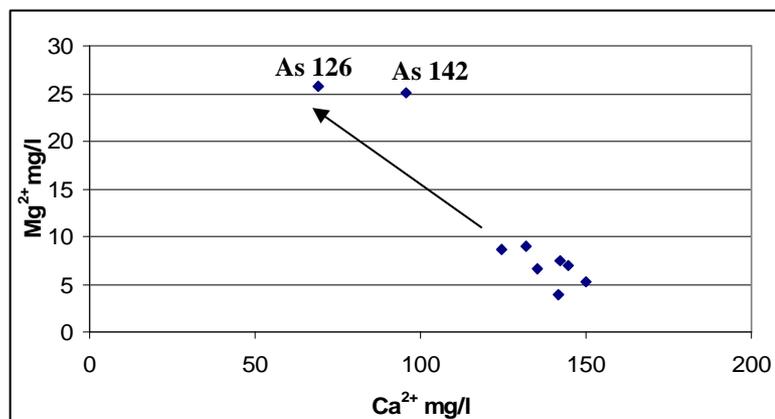


Figure 2-19 : Evolution des teneurs en Mg en fonction des teneurs en Ca des sources.

D'un point de vue géologique, la source As 126 se situe à l'interface miocène-oligocène, alors que la source As 142 sort des couches oligocènes du Stampien inférieur. Elles subissent donc un apport indéniable de leur contact de cette formation (échange de base) et/ou un mélange des eaux. Sachant toutefois, que cette formation est peu aquifère et que les sources captées ont une faible minéralisation (en particulier As 126), nous pouvons en déduire qu'elles ont eu un faible temps de séjour et une circulation superficielle.

Deux sources As 103 et As 120, présentent des valeurs plus fortes en nitrates, en Chlorures et en potassium, la présence de ces éléments est la conséquence des activités anthropiques. Elles sont toutes les deux situées au bas de la falaise du village, la pollution pourrait donc provenir du village, avec par exemple une défaillance du réseau d'assainissement qui passe à cet endroit. Les éléments trouvés sont caractéristiques d'une pollution liée à l'assainissement (le propriétaire de la source As 120 a fait une analyse qui confirme la présence de bactéries).

Les autres sources y compris les As 103 et As 120, sont issues de la même couche géologique du Burdigalien.

### Conclusion :

Ces analyses nous ont permis de mettre en évidence les liens géochimiques qui existaient entre certaines sources. Une grande majorité d'entre elles proviennent du Burdigalien. Les eaux souterraines circulant dans ces couches géologiques sont toutes contaminées par les nitrates, ce qui montre la vulnérabilité de ces couches vis-à-vis des polluants de surface. Nous pouvons également en déduire qu'elles ont eu un temps de séjour court.

De plus, deux semblent polluées par le village liées à priori à l'assainissement et enfin deux qui proviennent d'horizons géologiques différents.

### 4.3) Les campagnes de mesures en nitrates

Deux campagnes de prélèvements se sont succédées une première au mois d'Avril la seconde à la fin du mois de Juillet. Les différents points du secteur Autichamp, ont été échantillonnés à deux reprises, pour effectuer l'analyse des teneurs en nitrates. Les mesures de nitrates ont été réalisées par mes soins au laboratoire du bureau d'étude Idées Eaux avec un spectrophotomètre.

#### 4.3.1) Résultats de la campagne du mois d'Avril :

Dans cette étude, nous avons distingué les différents ouvrages, afin de comparer les concentrations en nitrates entre les eaux superficielles (puits et sources) et les eaux profondes.

Teneurs en nitrates (mg/l)	Sources	Puits	Forages
moyenne	49,38	99,6	16,9
médiane	48,4	62,0	14,1
écart-type	26,99	91,5	14,0
minimum	4,4	9,2	36,1
maximum	105,6	316,0	3,5

Tableau 2-9 : Concentrations en nitrates des points prélevés lors de la campagne d'Avril 2006 (mg/l).

Nous constatons que les eaux superficielles sont contaminées par les nitrates, alors que les eaux profondes le sont nettement moins.

Cependant entre les sources et les puits, on trouve une nette différence entre les teneurs en nitrates, alors qu'à priori ce sont les mêmes eaux superficielles.

Pour les sources, les teneurs en nitrates sont assez élevées, la moyenne est égale à la norme de potabilité de 50 mg/l. Toutefois, on constate une large amplitude des valeurs.

Pour les puits, la médiane est plus représentative que la moyenne à cause des amplitudes de variations des valeurs.

A l'inverse, les eaux des sources sont moins chargées.

#### 4.3.2) Résultats de la campagne du mois de Juillet :

Teneurs en nitrates (mg/l)	Sources	Puits	Forages
moyenne	53,8	117,5	7,6
médiane	48,4	83,9	8,8
écart type	30,1	130,1	6,1
Minimum	2,2	16,7	1,0
maximum	114,4	473,0	13,0

Tableau 2-10 : Concentrations en nitrates des points prélevés lors de la campagne de Juillet 2006 (mg/l).

Lors de notre deuxième campagne de prélèvement, nous avons mesuré 29 sources, 11 puits et 3 forages. Le nombre de sources échantillonné diminue à cause du tarissement, et pour les forages, les propriétaires étaient absents.

Les teneurs en nitrates en Juillet n'ont pas évolué pour les sources par rapport à celles du mois d'Avril.

Pour les puits, la valeur de la médiane a augmenté, ce sont les concentrations des puits du quartier les Vialots qui ont augmentées (tableau 2-11).

La variation des valeurs observées pour les nitrates sur les forages, s'explique par le nombre plus faible d'ouvrages échantillonnés.

L'origine des fortes teneurs en nitrates dans les puits, semblent être liée à leur environnement, c'est pourquoi nous avons décidé de récapituler ces informations dans le tableau ci-dessous :

Puits	Lieu-dit	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] Avril (mg/l)	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] Fin Juillet (mg/l)	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] moyenne (mg/l)	Elevages
Ap 1	Permingeat	57,2	52,8	55	En amont
Ap 3	Rosier	145	105,6	125,3	Elevage autour
Ap 4	quartier les Noyerries	9,24		9,24	Absence
Ap 7	quartier au sud de la vaumane		30,8	30,8	Absence
Ap 8	Baron	123,2	105,6	114,4	En amont
Ap 9	Piaux	150	158,4	154,2	En amont
Ap 10	Eymard	19,8	17,6	18,7	En aval
Ap 11	Les Sarrais	45	61,6	48,4	En amont
Ap12	quartier Aymard	19,8	16,72	18,26	Absence
Ap13	Les Vialots	62	83,9	73	En amont
Ap14	Les Vialots	316	473	395	Dans le poulailler
Ap15	Les Vialots	158	187	173	En amont

Tableau 2-11 : Résultats des puits et leurs environnements.

En effet, ils sont quasiment tous situés dans les cours des exploitations agricoles où en aval de bâtiments d'élevages. La figure ci-dessous rend compte de la relation existant entre la concentration en nitrate mesurée sur le puits et sa distance par rapport aux élevages.

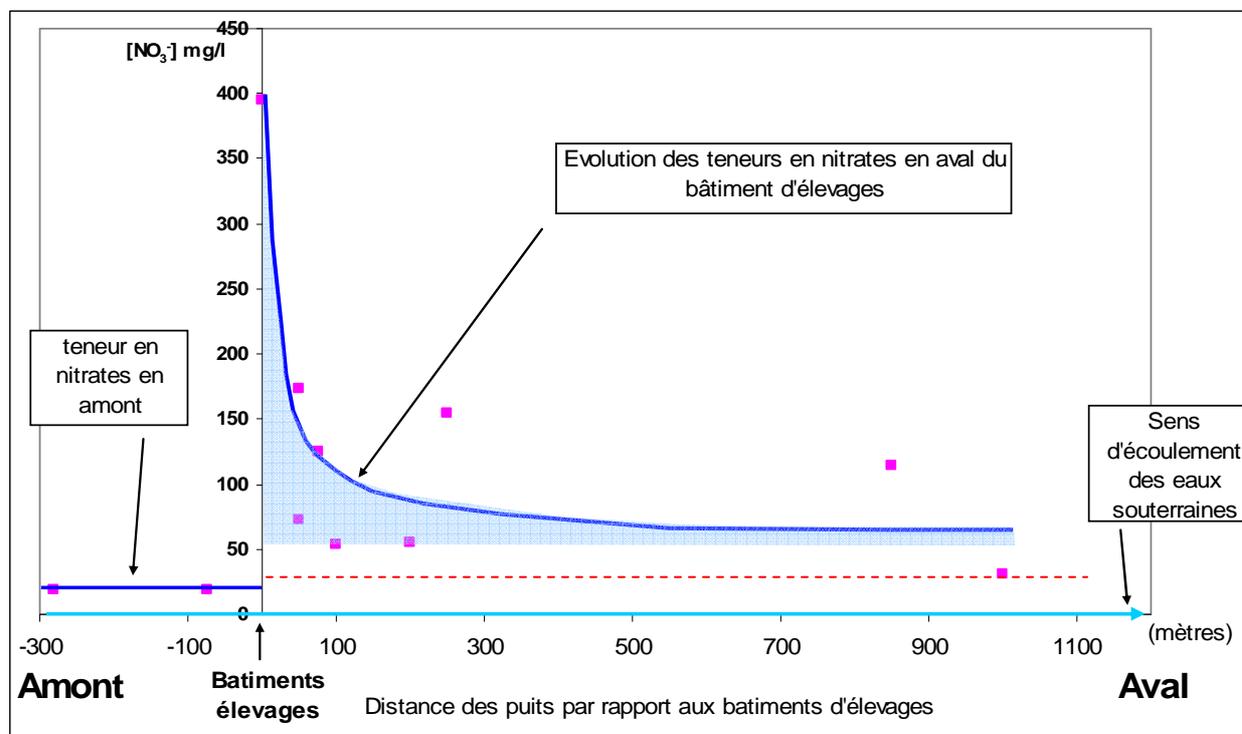


Figure 2-20 : Relation entre concentration en nitrates dans les puits et leurs distances par rapport aux bâtiments d'élevages (trait pointillé rouge limite de potabilité de 50 mg/l).

Il existe donc une corrélation évidente entre les élevages et la concentration en nitrate locale. Plus les bâtiments sont proches, plus les teneurs sont élevées. Les puits sont assimilés à des pollutions ponctuelles.

La mesure de 316 mg/l de nitrates en Avril (Juillet 470 mg/l), a été réalisée dans un puits situé dans un poulailler dont l'activité a cessé depuis 2002. Une cinquantaine de mètre en aval de celui-ci, un second présentait 158 mg/l de nitrates (juillet 186 mg/l).

Pour pouvoir réellement évaluer l'origine de cette pollution est accusée les élevages, il nous fallait une teneur en amont, un puits a pu être échantillonné et il ne contenait que 20 mg/l de nitrates.

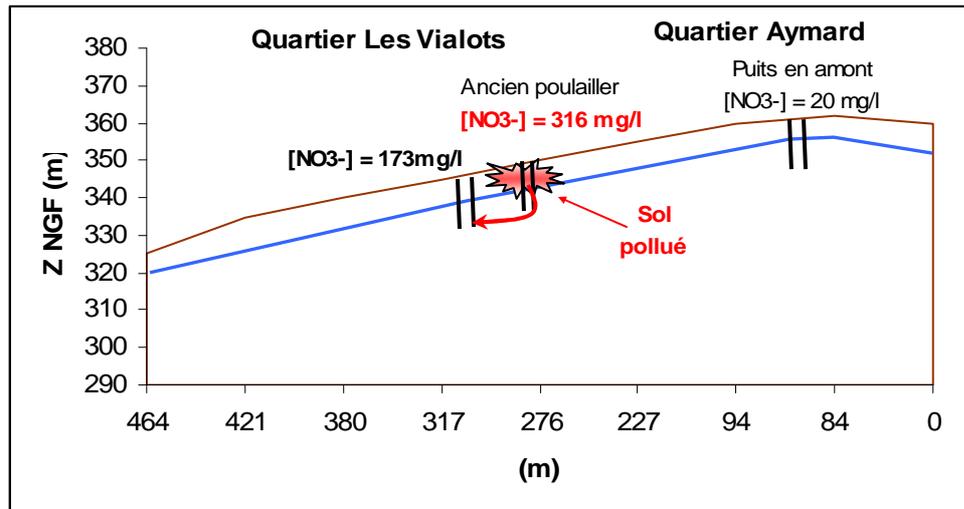


Figure 2-21 : Schéma de pollution des puits dans le quartier Les Vialots.

Cette distribution des teneurs en nitrates dans ce quartier (voir carte 2-28, A), prouve que les bâtiments d'élevages eux-mêmes sont responsables de la contamination en nitrates des eaux souterraines. L'infiltration des nitrates dans le sol du poulailler peut se faire, au moment du nettoyage des bâtiments, et/ou à cause de l'accumulation des fuites d'alimentation en eau pour les volailles.

L'activité du poulailler à cesser depuis quatre ans, et la pollution est toujours présente, l'hypothèse d'une stagnation des eaux n'est pas envisageable, le puits est utilisé régulièrement, il existe donc une source d'alimentation permanente en nitrates.

La question est de savoir quels sont les mécanismes qui régissent les transferts de ces nitrates avant leurs arrivées dans les eaux souterraines. Pour répondre à cette question, il est nécessaire d'étudier ce qui se passe entre le sol et la nappe.

Nous avons voulu vérifier que l'origine de ces concentrations en nitrates provenait bien des élevages. Nous avons donc décidé d'utiliser un autre traceur des pollutions d'origine agricole, qui accompagnent souvent les nitrates, ce sont les produits phytosanitaires. Le but est de faire la part entre les pollutions liées aux cultures et celles liées aux élevages (effluents + bâtiments eux-mêmes). Par rapport à l'étude de la source Chaffoix, nous avons ciblé la zone d'Autichamp pour effectuer cette campagne d'analyse.

#### 4.4) Les mesures en pesticides

La campagne de prélèvement pesticide a été réalisée le 28 Juin 2006, et nous avons privilégié notre échantillonnage sur neuf points qui étaient fortement touchés par les nitrates.

Nous avons reporté dans le tableau 2-12 les analyses des neuf points échantillonnés, les cinq sources et quatre puits :

Lieu-dit	Types	NO <sub>3</sub> (mg/l)	Atrazine	Déséthylatrazine	DIA	Simazine	Terbutyl azine	Déséthylter butylazine	Diuron	Oxadixyl	Somme pesticides (µg/l)
Vialots	Ap15	158	0,013	0,026							0,039
Les Chanoux	As136	44	0,011								0,011
EARL du plateau	As108	105	0,011	0,013							0,024
village	Ap3	106	0,033								0,033
Baron	Ap8	106	0,011								0,011
Chaffoix	Captage AEP	72	0,011								0,011
St Jean	As114	74	0,012	0,016							0,028
Eymard	Ap10	19	0,013								0,013
Beaumont	As104	50,6	0,011	0,013							0,024

**Tableau 2-12 : Résultats campagnes pesticides du 28 juin 2006 sur Autichamp (molécules pesticides exprimées en µg/l et nitrates en mg/l).**

Ils sont tous touchés par des molécules de pesticides, mais les teneurs ne dépassent pas le seuil de potabilité de 0,1 µg/l par substance et celui de 0,5 µg/l pour le somme des concentrations.

Il apparaît que l'atrazine et son principal métabolite le déséthylatrazine sont les substances les plus fréquemment retrouvées dans les eaux superficielles d'Autichamp. Ce pesticide interdit à la vente depuis 2002 est présent en trace dans les eaux souterraines. Contrairement aux teneurs en nitrates, on n'observe pas de différence des teneurs entre les puits et les sources. Ces concentrations en pesticides résultent du lessivage des résidus stockés dans la zone non saturée, la disparition totale de ces molécules pourra prendre encore des années.

Cet état des lieux « pesticides » indique que les eaux superficielles sur Autichamp ne sont pas polluées par les pesticides.

## **Partie 3 : interprétations**

### **V.) Etudes environnementales : Origine des nitrates**

L'agriculture et l'élevage (volailles, porcins, caprins) sont les principales activités du secteur.

Pour déterminer l'origine de ces nitrates sur la commune et en particulier sur le bassin versant de la source Chaffoix, nous avons réalisé une étude environnementale. Elle a été menée sur le terrain auprès des 11 agriculteurs de la commune, mais aussi avec la Chambre d'Agriculture et la mairie d'Autichamp.

#### **5.1) Description du programme d'action :**

Dans cette étude environnementale, il convient de détailler le programme qui a été mis en place sur le bassin versant de la source Chaffoix par le comité technique de pilotage. Ce programme s'est mis en place sur 125 ha de SAU autour de la source Chaffoix, et il engage 7 agriculteurs de la commune à modifier leurs pratiques agricoles.

- Les premières améliorations ont été apportées sur une grande partie des bâtiments (40%) dans le cadre du PMPOA 1 (Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole), et elles se poursuivent aujourd'hui dans le cadre du PMPOA 2. Ce programme consiste à mettre aux normes les bâtiments d'élevage, avec la construction de lieu de stockage des fumiers et lisiers, mais aussi la réalisation de plan d'épandage.

- Un épandeur adapté aux épandages à faibles doses a été acheté sur la commune d'Autichamp, il permet d'épandre à la fois des fumiers lourds (bovins, porcins) et des fumiers légers (volailles), grâce à son étalonnage.

- Tous les agriculteurs ont fait analyser leurs effluents d'élevages afin de connaître leurs valeurs fertilisantes et maîtriser les quantités d'effluents épandues par hectare.

La quantité maximale que l'on peut épandre est de 170 Kg d'azote/ha, ce qui correspond à la norme fixée dans la Drôme en zone Vulnérable. Cependant cette norme est adaptable, car l'exploitant qui, par exemple, a 1 ha de terre au total, soit 0.5 ha à Autichamp et 0.5 ha à Chabrilan, a le droit d'épandre en totalité les 170 Kg d'azote sur sa parcelle d'Autichamp.

- Un programme de plan de fumure, son objectif est d'établir en début de campagne, la fertilisation qu'il faudra apporter au cours de l'année.

- Des actions de pilotages de la fertilisation sur colza et blé sont réalisées, elles consistent à adapter les apports en azote en fonction des besoins du sol analysé en sortie de l'hiver.

- Un suivi de l'évolution des pratiques est réalisé à l'aide de cahiers d'épandage tenus par les agriculteurs. Ces données sont ensuite enregistrées dans une base de données.

Aujourd'hui en 2006, nous avons pu constater que la mise en œuvre du programme d'action et les deux PMPOA successifs, n'ont pas permis encore de réduire les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (chapitre 1.3.1).

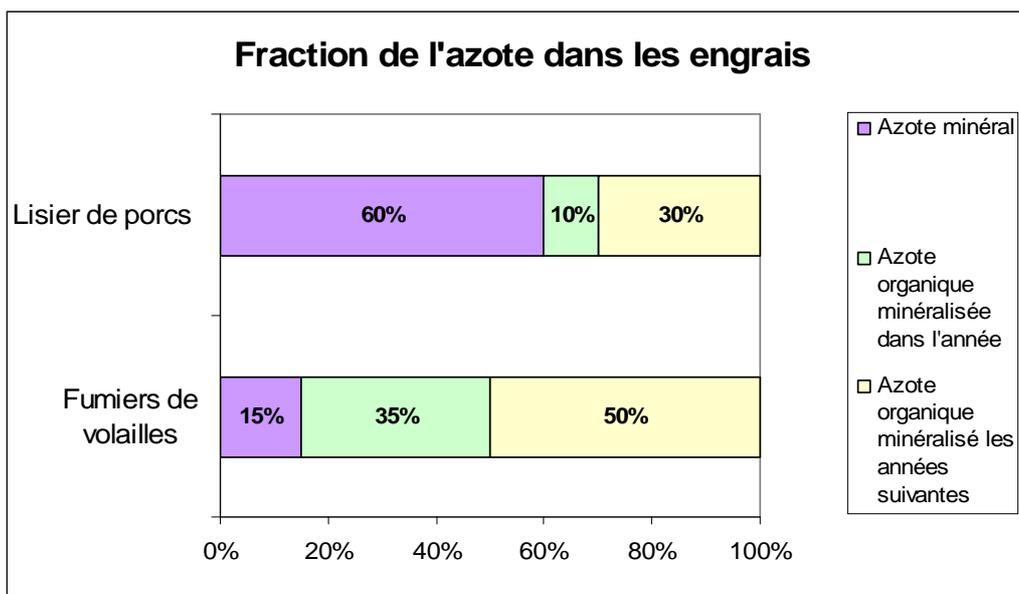
## **5.2) L'assolement :**

La commune d'Autichamp d'une superficie de 625 ha, compte 325 ha de surface agricole utile (SAU). Sur le bassin versant de Chaffoix de 140 ha, la superficie des parcelles cultivées représente environ 100 ha.

### 5.2.1) Présentation ou situation actuelle

L'activité agricole sur le bassin est dominée par la culture de légumineuses (luzerne, trèfle, sainfoin), suivi des céréales à paille essentiellement destinées à l'alimentation des élevages. On note ensuite la présence de prairies, de champ de colza, la culture du tournesol, et quelques champs de maïs. (Voir les cartes d'occupations des sols en annexe 5).

Sur ces parcelles, deux types de fertilisations azotés sont apportées les fertilisations minérales et les fertilisations organiques. Cette distinction est à prendre en compte, car la minéralisation de l'azote organique en azote minéral (forme assimilable pour les plantes) varie d'un effluent à un autre (figure 2- 22).



**Figure 2-22 : Figure du fractionnement de l'azote dans les fumiers d'élevages. (Données Chambre Agriculture « Just'Azote »).**

Les lisiers\* sont rapidement minéralisés (si les conditions de température et d'humidité sont propices), et sont donc rapidement disponibles pour la plante, tout comme les engrais chimiques. Ce type d'apport est essentiellement effectué sur les cultures de maïs, de tournesol, de colza, et de céréales à pailles. La période et les conditions d'épandage doivent correspondre au besoin de la plante, pour ne pas être directement lessivé vers la nappe.

En revanche, les fumiers, sont sous forme d'azote organique et ne vont pas se minéraliser à la même vitesse. Sur le bassin versant de Chaffoix, le fumier de volailles représente l'essentiel des apports organiques, ce dernier a la particularité d'être riche en azote.

Il est difficile d'estimer avec précision la vitesse de minéralisation, beaucoup trop de paramètres sont à prendre en compte (conditions climatiques, conditions d'épandages...).

Pour simplifier nos calculs suivants, nous considérerons que la minéralisation du fumier de volailles (le plus épandu à Autichamp) est de 50 % par an. Ainsi, pour 100 unités d'azote d'origine animale épandues, 50 unités seront disponibles pour la plante la première année de l'épandage, puis 25 la seconde année et 25 la troisième.

Ce schéma de fonctionnement montre qu'une parcelle qui reçoit des fertilisants animaux une année, présente un bilan positif d'azote les 2 ou 3 années qui suivent et ce quelque soit la culture. Si l'agriculteur en rajoute chaque année sur sa parcelle, alors celle-ci peut se retrouver sur-fertilisée, d'autant plus si la culture implantée est peu gourmande.

Pour vérifier, les quantités réellement épandues, nous pouvons nous fier aux rendements des cultures et au programme du suivi des reliquats d'azote dans les sols.

La Chambre d'Agriculture nous a donné les rendements d'un agriculteur de la commune, depuis la mise en place du programme.

\* Fumiers : ce sont des effluents d'élevages composés de déjections ainsi que de la litière apportées aux animaux.

\* lisiers : Le lisier est un mélange de déjections d'animaux d'élevage (urines, matières fécales) et d'eau dans lequel domine l'élément liquide. Il peut également contenir des résidus de litière (paille) en faible quantité. Il est produit principalement par les élevages de porcs et de bovins.

Campagnes	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Rendement de blé (quintaux/ha)	48	60	55

**Tableau 2-13 : Rendement de blé d'un agriculteur de la commune d'Autichamp. (Données Chambre d'Agriculture).**

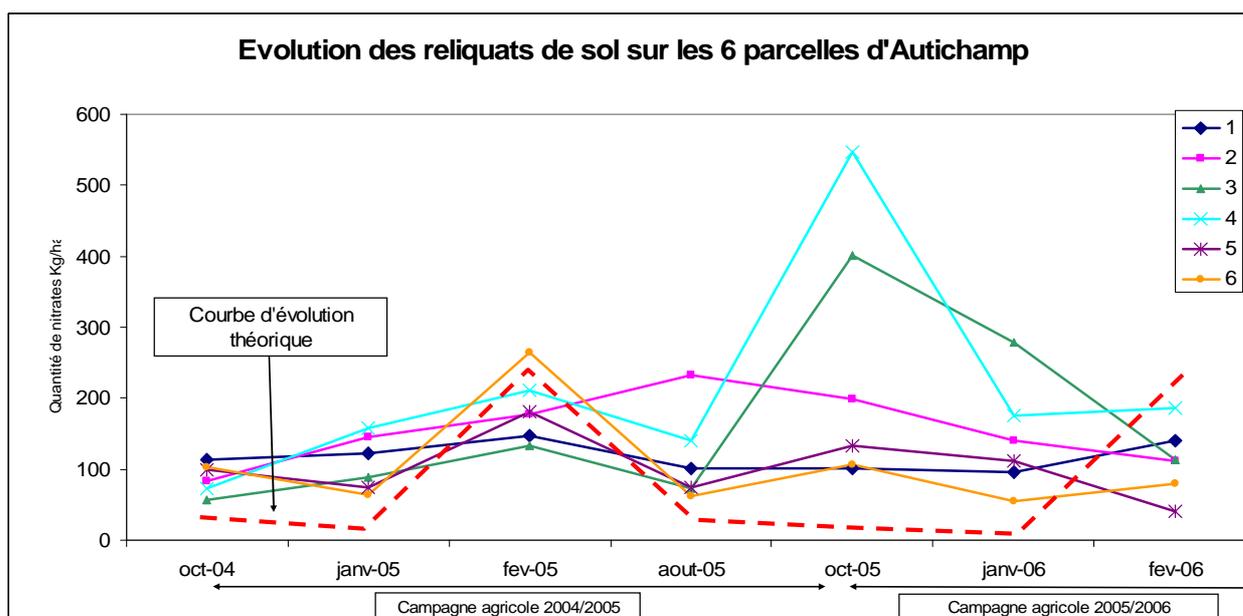
Nous constatons que les rendements n'ont pas baissé. A la vue de ces premiers résultats, on peut se demander si les agriculteurs ont réellement diminué leurs apports.

La seule façon de le vérifier est d'étudier les analyses de reliquats d'azote dans le sol, une étude qui est menée sur 6 parcelles situées sur le bassin versant de Chaffoix (voir carte des assolements 2004/2005 en annexe 5). Les résultats sont présentés (tableau 2-14) ci-dessous :

	Reliquats entrée lessivage	Reliquats milieu d'hiver	Reliquats sortie d'hiver	Reliquats post-récolte	Reliquats entrée lessivage	Reliquats milieu d'hiver	Reliquats sortie d'hiver
Parcelles	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>
1	113	122	148	102*	102	96	140
2	83	146	178	232	198	141	112
3	57	88	134	73	402	279	113
4	73	158	212	140	546	175	186
5	99	74	181	74	133	112	40
6	103	64	265	62	106	55	80
Moyenne	88	108,7	186,3	124,2	247,8	143	111,8
	Oct-04	Janv-05	Fev-05	Aout-05	Oct-05	Janv-06	Fev-06

(\* mesure d'Octobre car il s'agissait d'une culture de Printemps)

**Tableau 2-14 : Reliquats sur 6 parcelles du bassin versant de Chaffoix à Autichamp (valeur exprimée en unité (Kg) par hectare) (Données Chambre d'Agriculture).**



**Figure 2-23 : Evolution des reliquats d'azote sur les 6 parcelles.**

L'évolution des reliquats d'azote sur certaines parcelles ne suit pas la logique attendue.

En théorie, nous devrions observer une baisse des quantités de nitrates entre l'automne et le milieu d'hiver une période propice au lessivage. Puis avant la sortie d'hiver, c'est la période d'épandage des engrais sur les parcelles, ce qui entraîne une augmentation des nitrates. Et à la sortie de la récolte, les plantes doivent alors avoir consommé ces apports et les reliquats observés devraient être faibles.

#### Pour la campagne agricole de 2004/2005 :

Sur les 4 premières parcelles, entre l'Automne et le milieu d'Hiver une période propice au lessivage, nous observons une augmentation des nitrates. En sortie d'Hiver, sur toutes les parcelles les valeurs augmentent, ce qui signifie que les apports ont été faits (apports minéraux et organiques). A la fin de la récolte, les analyses montrent une diminution des valeurs mais elles restent élevées avec en moyenne 124 Kg de nitrates par hectare. (La parcelle 2 semble avoir reçu des apports.)

#### Pour la campagne 2005/2006 :

Nous constatons qu'avant l'Automne des apports ont été effectués sur les parcelles 3, 4, 5, 6. Nous devons noter que cet apport se fait à l'entrée de la période de lessivage. A la sortie de l'Hiver, seules les parcelles 1 et 6 reçoivent des apports, sur les autres parcelles les quantités de nitrates ont nettement diminué par rapport à l'Automne.

Les résultats obtenus ne reflètent pas la théorie exposée. Les apports d'effluents semblent se répéter plusieurs fois par an, et ce font en plus, à des périodes défavorables. La diminution des valeurs entre l'Automne et l'Hiver s'assimile aux lessivages des nitrates vers les eaux souterraines. Les chiffres montrent que ces quantités peuvent être très importantes, par exemple pour les parcelles 3 et 4 où en moyenne 330 Kg/ha sont lessivés.

Nous pouvons également faire une seconde remarque sur les reliquats, ils sont jamais inférieurs à 40 Kg de nitrates/ha, autant d'éléments qui prouvent que ces six parcelles sont sur-fertilisées.

D'après la Chambre d'Agriculture, un facteur pourrait expliquer ces résultats ; les conditions climatiques très sèches de ces dernières années, empêcheraient la minéralisation des engrais. Ainsi, ces apports ne seraient pas assimilés par les plantes et resteraient conservés dans les sols.

La faible pluviométrie de ces dernières années doit jouer un rôle sur les reliquats dans les sols, mais n'est pas un argument suffisant pour expliquer ces résultats.

Ces analyses prouvent que sur le bassin versant de Chaffoix les parcelles agricoles sont sur fertilisées, les apports d'effluent répétés plusieurs fois par an en sont la principale cause.

#### 5.2.2) Participation à la pollution azotée par les cultures :

Les résultats d'analyse de reliquats d'azote précédent, ne nous permet pas de faire un bilan d'azote à la fin d'une récolte, mais nous permet tout de même d'estimer la quantité possible d'azote lessivée vers les eaux souterraines.

A la fin d'une récolte, il reste en moyenne 124,2 Kg de nitrates/hectare, cette moyenne est effectuée sur les 6 parcelles.

La Chambre d'Agriculture retient la valeur de 30 Kg pouvant être lessivée vers les eaux de la nappe. Les valeurs des reliquats donnent des valeurs 3 à 4 fois supérieures (parcelles 3 et 4), il est donc difficile dans l'état actuel et avec seulement deux années de recul sur les reliquats de retenir une valeur précise. Ce qui est certain c'est qu'il existe une proportionnalité entre la quantité mise sur les champs et la quantité lessivée. Pour nos calculs nous prendrons 30 Kg /ha, sachant que c'est la quantité minimale sur Autichamp, et que les concentrations peuvent être nettement supérieures.

Ces 30 Kg d'azote/hectare représentent 132 Kg de nitrates par hectare.

Nous utilisons la pluie efficace de 252 mm/an (soit 1 mm = 10 m<sup>3</sup>/ha), pour calculer la concentration en nitrates possible d'eau infiltrée. Ainsi, 252 mm de pluie correspondent à 2520 m<sup>3</sup> d'eau par hectare.

Si l'on suppose que la totalité de l'azote résiduel se transforme dans l'année en nitrate (132 Kg/ha) et que le lessivage des nitrates par les eaux infiltrées est total, alors la concentration sera de :

$$132.10^6 \text{ mg} / 2520.10^3 \text{ l} = 52,4 \text{ mg/l.}$$

Ce calcul rend compte de la réactivité des eaux souterraines sur le bassin versant de Chaffoix. Cependant, la concentration de la source Chaffoix est supérieure à la concentration des eaux infiltrées calculées ici. De ce fait, deux possibilités sont envisageables :

- ❖ Soit les résidus d'azote lessivés à la surface du sol sont sous-estimés, et confirme d'autant plus une sur-fertilisation des cultures sur le bassin versant même de Chaffoix. Cet argument avancé peut se justifier, avec l'accumulation des résidus d'azote sous formes organiques au fil des années, due aux apports répétés d'engrais organiques.
- ❖ Soit une autre source de pollution vient se greffer à cette première, et les bâtiments d'élevages semblent bien tenir ce rôle.

### **5.3) L'élevage :**

Depuis 1979 sur la commune d'Autichamp, la population agricole a changé passant de 20 exploitations à 11 aujourd'hui. Les petites exploitations dites « familiales » (basses cours et bâtiments diversifiés) qui se répartissaient sur l'ensemble de la commune, se sont transformées au cours des années en grands bâtiments d'élevages intensifs. Aujourd'hui, on recense près de 24 bâtiments d'élevages ce qui représente près de 720 000 animaux par an.

#### **5.3.1) Evolution des élevages :**

Les données présentées ci-dessous proviennent en grande partie de la Chambre d'Agriculture, mais également des informations que nous ont fournies les agriculteurs. Le calcul du nombre d'animaux par an dépend, de la superficie du bâtiment avicole et du type d'animaux. Ainsi en fonction du type de volailles, on a un certain nombre d'animaux par m<sup>2</sup>, et on fera un certain nombre de bandes par an. Par exemple, pour les dindes on peut en mettre 7,5 dindes par m<sup>2</sup> et on fait en moyenne 2,7 bandes/an avec une durée de la bande de 16 semaines.

(Le chiffrage des animaux par bâtiments est effectué avec des données qui proviennent de la CORPEN voir en annexe 7, et de la Chambre d'Agriculture).

Aujourd'hui, le cheptel total sur Autichamp est le suivant (figure 2-29) :

- 16 bâtiments de volailles dont 7 sans parcours (avec 50 625 dindes et poulets + 526 500 cailles animaux /an) et 9 avec parcours (139 100 pintades et poulets labels/an),
- 3 bâtiments d'élevage de porcs (5375 animaux/an),
- un de lapins,
- 2 de chèvres (190),
- 1 élevage de 6 vaches laitières,
- 1 de brebis (350).

Sur le bassin versant de Chaffoix :

- 9 bâtiments avicoles dont trois avec parcours sur 2,8 hectares (14400 poulets labels produits /an, et 44200 pintades labels/an) et sur les six bâtiments sans parcours (27250 dindes/an, et 525500 cailles/an).
- Une chèvrerie de 100 bêtes,
- Un élevage de brebis de 350 bêtes.

Au cours des trente dernières années, l'évolution des élevages s'est fait différemment selon les espèces (figure 2-11). Les productions avicoles se sont fortement développées, avec depuis les années 90 la construction de bâtiments avec parcours. On note également quelques changements dans les volailles produites surtout ces dernières années, la production de poulets décroît au profit des dindes qui produisent des fumiers plus chargés en azote (tableau 2-15).

	Bâtiments (quantité d'azote produite par animal par an, épendable après stockage (g/animal/an)	Parcours (quantité d'azote produite par animal par an non maîtrisée (g/animal/an))	Total (g/animal/an)
Poulets lourds	42	0	42
Dindes	205	0	205
Pintades labels avec parcours	89 67	12 (valeur min.) 23 (valeur max.)	101 90
Poulets labels avec parcours	47	16	63

**Tableau 2-15 : Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles (Document de travail du CORPEN 4/07/1996) (Azote Produit en g/animal/an).**

Dans ce tableau, nous distinguons pour les pintades deux valeurs différentes pour les quantités d'azote contenues dans leurs effluents. En effet, la composition des effluents produits varie d'un élevage et d'une même variété de pintades à un autre, il est fonction de l'alimentation, de l'âge et de la physiologie de l'animal... Autant de paramètres, qui font varier cette valeur, donc par mesure de précaution dans nos calculs, nous utiliserons les deux. Avec une pintade qui produit peu de déjection (valeur basse) et une pintade qui produit plus de déjection (valeur haute) (Données en annexe 6).

L'augmentation de la production des élevages a entraîné une nette évolution des quantités d'azotes produites par an, depuis les années 60 (figure 2-24). Les élevages sont aujourd'hui concentrés sur un faible périmètre et cela semble poser quelques problèmes pour maîtriser les fumiers et pour les épandre.

En effet, l'ensemble des élevages de la commune produit près de 48 tonnes d'azote/an (données Chambre d'Agriculture), dont 20,5 tonnes rien que sur le bassin versant de Chaffoix. En considérant que la quasi-totalité de ces déjections restent sur le secteur, (très peu sont exportés), ils sont alors épandus sur les 325 ha de SAU que compte la commune, ce qui correspond alors à 148 unités d'azote par hectare en moyenne (Kg d'azote /ha).

La densité d'élevage conduit à la production de quantités d'azote organique largement excédentaire par rapport aux quantités valorisables sur ces SAU.

De plus, depuis les années 90, une partie des quantités d'azote produite sur les bâtiments d'élevages avec parcours est non maîtrisable. On estime d'après les calculs basés sur les animaux eux mêmes que sur ces bâtiments environ 20 % des quantités produites sont non maîtrisées (tableau 2-15).

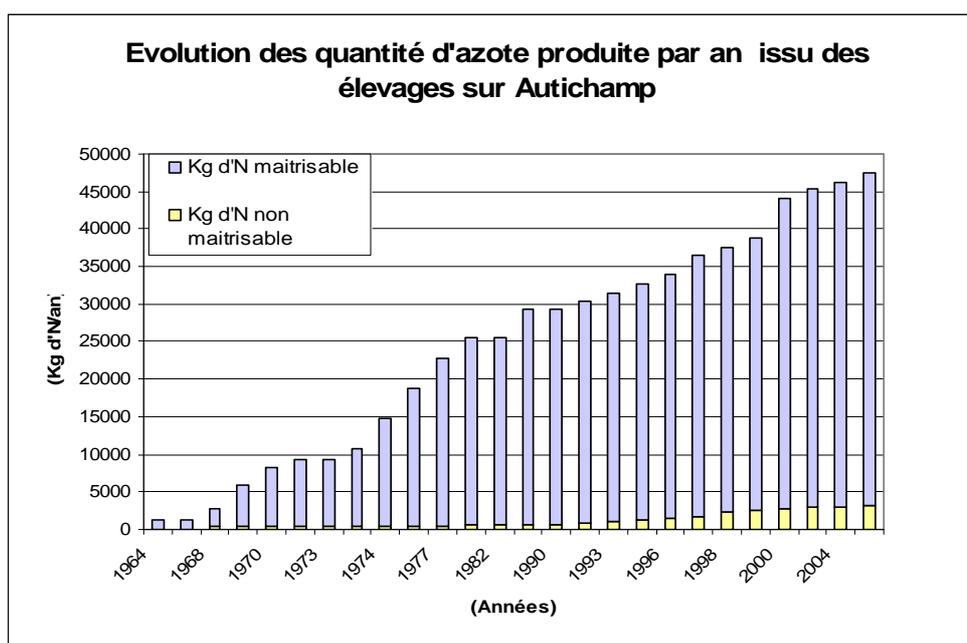


Figure 2-24 : Evolution des quantités de fumiers sur Autichamp.

### 5.3.2) Part de la pollution azotée par les élevages :

Sur Autichamp, il existe aujourd'hui neuf bâtiments avec parcours, la part de production d'azote provenant de ces poulaillers est de 15,6 Tonnes d'azote/an, ce qui donne une quantité d'azote non maîtrisée moyenne de 3 Tonnes d'azote/an.

Sur le bassin versant de Chaffoix, on compte trois élevages avec parcours dont la superficie est environ de 3 hectares. Ces 3 produisent près de 350 Kg d'azote qui ne maîtrisent pas. Nous considèrerons pour le parcours des poulets 0,8 hectare, d'après Nadège Villard de la Chambre d'Agriculture, ces animaux font leurs déjections uniquement sur les 30 premiers mètres.

Ces parcours représentent une réelle source de pollution où l'azote se dirige directement vers les eaux souterraines.

Comme précédemment, pour la part de pollution des cultures, nous utilisons la pluie efficace de 252 mm/an, pour calculer la concentration possible des eaux infiltrées à la surface de ces parcours d'élevages. Dans cette étude, nous considèrerons que la totalité des effluents non maîtrisés est lessivée vers les eaux souterraines.

Les exploitants de ces bâtiments produisent en alternance par an, environ deux tiers de pintades et le tiers restant des poulets labels. Nous en tiendrons donc compte, par rapport au

part d'azote non maîtrisé qui diffère entre ces espèces. Ils produisent en moyenne par bâtiments 3 bandes d'animaux par an.

- 1 bâtiment de 700 m<sup>2</sup>, où sont produits 18200 pintades/an et 9200 poulets par an (pour nos calculs d'azote produit il faut calculer ce que cela représente par bandes soit 6067 pintades/bandes et 3067 poulets/bandes).
- 1 bâtiment de 400 m<sup>2</sup>, où sont produits 10400 pintades/an et 5200 poulets par an (soit par bande 3467 pintades et 1733 poulets).
- 1 bâtiment de 400 m<sup>2</sup>, où sont produits 15600 pintades/an (5200 pintades/bandes).

Détails d'un calcul (pour les pintades détails des calculs en annexe 8) :

Nous allons détailler les calculs de la quantité de nitrates produits par les poulets, afin d'en déduire la concentration des eaux qui s'infiltrent sur les parcours.

1 poulet produit 16 g d'azote/an sur les parcours, si on multiplie par le nombre de poulet par bandes (car c'est le même nombre qui est présent toute l'année), on obtient une quantité d'azote produite de 76,8 Kg d'azote /an soit 337,92 Kg de nitrates par an.

Si l'on considère que la totalité de ces nitrates produits est lessivée par les eaux infiltrées des pluies efficaces, on trouve alors une concentration de :

$$337,92 \cdot 10^6 \text{ mg} / 2520 \cdot 10^3 \text{ l} = 134,1 \text{ mg/l.}$$

Le tableau 2-16 présente la part de pollution azotée engendrée par les animaux sur les parcours.

	Total animaux bandes	Quantité d'azote non maîtrisé (g /animal/an)	Quantité d'azote non maîtrisé total (Kg/an)	Quantité de nitrates totaux non maîtrisé (kg/an)	Concentration NO <sub>3</sub> dans les eaux (mg/l)
Pintades	9534	12 (min.) 23 (max.)	114,41 219,3	503,4 964,92	199,8 382,9
Poulets	4800	16	76,8	337,92	134,1

**Tableau 2-16 : Bilan des concentrations en nitrates des eaux infiltrées à la surface des parcours.**

Les pollutions engendrées vers les eaux souterraines, par ces quantités de nitrates produites non maîtrisées sont importantes.

### 5.3.3) Stockage des fumiers :

Sur la commune, particulièrement sur le bassin versant Chaffoix, le stockage des tas de fumiers au champ n'est pas interdit mais est fortement déconseillé.

Au cours de cette période de stage, nous avons identifié à deux reprises, des tas de déjections animales entreposées. Le premier, de petite taille, se situait sur le bassin versant, à quelques centaines de mètres au Sud-Ouest du captage de Chaffoix. Le second, en limite du bassin versant, se situait à l'Ouest du captage (localisation sur une carte en annexe 9).

Dans l'ensemble, ce conseil est respecté, mais il laisse supposer également qu'au lieu d'être stocké au champ avec une bâche, ces fumiers sont directement épandus sur les champs. Sachant qu'un poulailler est renouvelé en moyenne trois fois par an.

Les exploitations fermières ont été soumises avec ce programme, à équiper leurs plates-formes de stockage de fumiers. Ils sont alors obligés de les bétonner. La plupart des agriculteurs de la commune, soit 40%, s'est engagée dans le PMPOA1 (Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole), pour bénéficier de subventions dans

l'aménagement de leur bâtiment. Aujourd'hui seulement 2 agriculteurs sont équipés de tels aménagements mais parmi eux, un seul l'utilise. En effet, l'autre exploitation équipée possède une dérogation pour entreposer ces tas de fumier à côté du plan dur, car sur celui ci les fumiers prennent feu (ferme de Sarrais situé au dessus du captage de Chaffoix).

Les autres projets sont en cours d'aménagement, et en attendant les fumiers sont stockés au champ comme nous l'avons précédemment vu. Le PMPOA doit être poursuivi pour la période 2007/2010.

#### 5.4) L'assainissement :

Dans cette étude du bilan d'azote, nous devons envisager l'éventualité d'une pollution d'origine domestique. Des études ont été réalisées sur les teneurs en azote rejetées dans les effluents domestiques, on distingue :

- les rejets en milieu urbain, on considère qu'un habitant rejette 15 g/jour,
- les rejets en milieu rural, soit 8 g/jour.

Nous nous sommes renseignés à la mairie du village, qui nous a confirmés que le village été équipé d'un système d'assainissement collectif, avec une fosse de récupération au bas de la falaise. Ce système sert uniquement, à la vingtaine d'habitant du haut du village sur les 120 que compte la commune.

Le problème de pollution domestique peut venir des fermes isolées réparties sur l'ensemble de la commune, qui sont soit équipées d'un assainissement autonome (ne dénitrifie pratiquement pas), soit d'un puits perdu. Dans ce cas, leurs participations à la pollution azotée ne doivent pas être négligées.

Cet azote trouvé dans les effluents domestiques est sous forme d'azote organique au départ, il évolue alors dans le milieu en ammoniacal puis si le milieu est oxygéné il se transforme en nitrate. Ce calcul n'est fait qu'à titre expérimental car pour que la totalité de l'azote organique se transforme en nitrate il faut que les conditions du milieu soient optimales.

Nous allons étudier l'impact de cette pollution domestique sur le bassin versant de Chaffoix d'une superficie de 140 ha.

Sur cette surface vit en moyenne une quarantaine d'habitant, qui génèrent 0,60 Kg d'N/40 hab./jour, soit 219 Kg d'N/40 hab./an.

Quantité de nitrates produits : 963,6 Kg d'NO<sub>3</sub>/40 hab./an.

Pour évaluer la teneur en nitrate que cela représente dans la nappe, nous devons ramener cette valeur à la surface totale du bassin versant :

Quantité de nitrates par hectare : 6,88 Kg d'NO<sub>3</sub>/ha.

Si la totalité de ces nitrates produit est lessivée par les eaux infiltrées des pluies efficaces, on trouve alors une concentration de :

$$6,88 \cdot 10^6 \text{ mg} / 2520 \cdot 10^3 \text{ l} = 2,73 \text{ mg/l.}$$

Nous pouvons en déduire avec ce calcul que la part de pollution domestique est négligeable sur le secteur d'Autichamp.

Dans cette étude environnementale, nous avons mis en évidence l'existence sur la commune d'Autichamp d'un excédent d'azote produit par les nombreux élevages.

Les 50 tonnes produites par an sur la commune sont trop importantes, il faut absolument prendre des mesures et exporter en dehors de la commune une grande partie des fumiers.

Les élevages avec parcours sont assimilés à des points de pollutions ponctuelles.

Il faut continuer, de mesurer les reliquats d'azote dans les sols, c'est la seule manière de suivre l'évolution des nitrates.

Autant de paramètres, qui semblent montrer que les parcelles de la commune sont sur-fertilisées.

## VI) Atteintes qualitative du secteur Autichamp

### 6.1) Origine de la pollution azotée

Les deux campagnes d'analyses, nitrates et pesticides, ont permis d'améliorer nos connaissances, tant sur l'atteinte qualitative des eaux superficielles que sur l'origine agricole de ces polluants.

Pour ces nitrates, sept échantillons sur neuf dépassent la norme de potabilité, pour les pesticides, en revanche on observe des traces. Il n'existe donc pas de relation entre les nitrates et les pesticides, ce qui tend à montrer qu'une majeure partie des nitrates dans ces eaux souterraines provient des élevages (fertilisation animale et bâtiments).

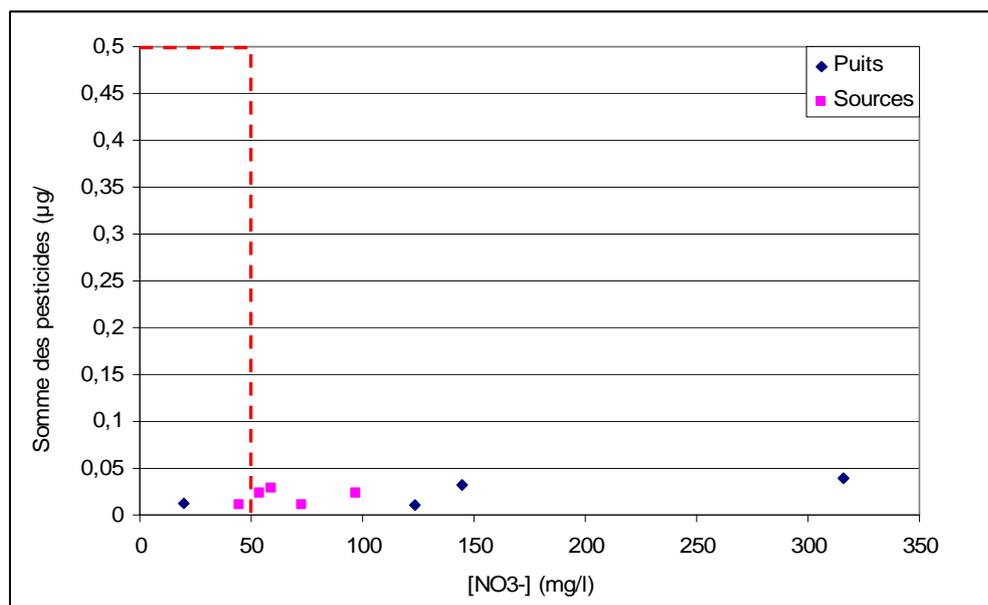


Figure 2-25 : Diagramme somme des pesticides en fonction des teneurs en nitrates (pointillé = limite de potabilité).

Cette conclusion ne semble pas contestable compte tenu du nombre d'élevage présents sur la commune. Ces onze exploitations agricoles produisent en moyenne 50 tonnes d'azote/an sous forme de fumiers. Et comme nous avons pu le constater dans notre étude environnementale, l'essentiel de ces effluents d'élevages sont épandus sur les parcelles de la commune d'Autichamp.

## 6.2) Interprétation des teneurs en nitrates sur le secteur Autichamp

La carte (figure 2-28) est la synthèse des analyses nitrates de la première campagne de prélèvement du mois d'Avril sur les différents points (sources, puits et forages confondus) du secteur Autichamp. Au Sud, l'absence de forage nous empêche de connaître l'état des eaux profondes (s'il en existe), seul des sources et des puits rendent compte de l'état général des eaux souterraines. En revanche, au nord et à l'Est, quelques forages présents nous permettent d'étudier les teneurs en nitrates de la nappe profonde.

Au sud, l'échantillonnage des puits et des sources a mis en évidence la forte concentration en nitrate dans les eaux superficielles, et ce sur les trois entités hydrogéologiques précédemment définies avec la « pseudo carte piézométrique ».

Dans la partie Nord, les forages et les sources que nous avons échantillonnées ne sont pas contaminés par les nitrates, ce qui signifie que la nappe profonde et la nappe superficielle est de bonne qualité.

Pour les sources de ce secteur Nord, ces faibles concentrations peuvent être expliquées par l'environnement dans lequel elles évoluent, des zones boisées avec une absence d'exploitation fermière.

### 6.2.1) Apport de la géochimie

Dans ce rapport, nous avons utilisé et étudié la géochimie des eaux à deux reprises pour différencier les différentes familles d'eau et ce pour les 6 forages situés dans la partie Nord (§ 1.3.2), et pour des sources de la commune d'Autichamp (§ 4.2).

Il est intéressant d'effectuer une comparaison de ces eaux afin de voir s'il existe des liens entre ces eaux profondes et ces eaux superficielles, nous utilisons le diagramme de Piper.

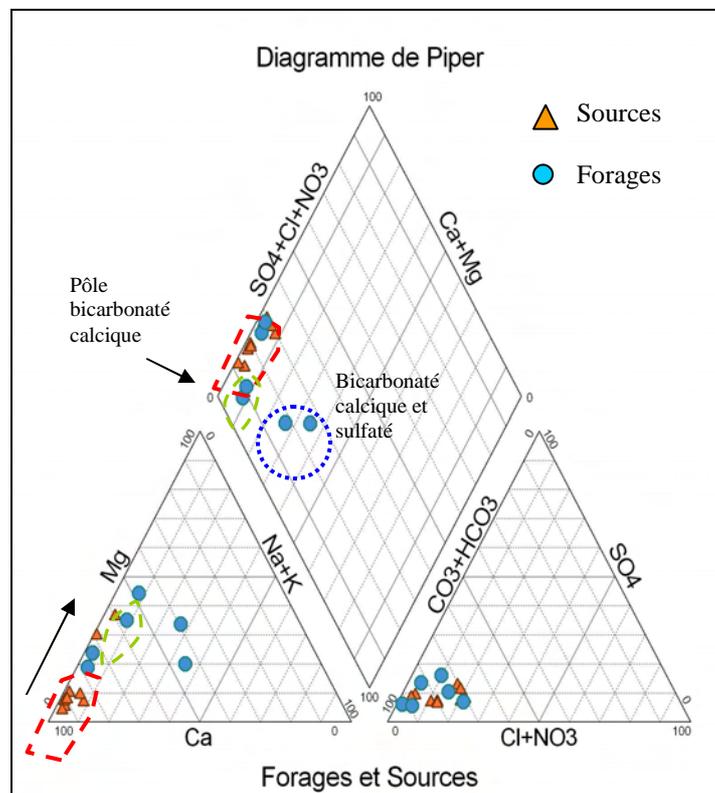


Figure 2-26 : Faciès des eaux des eaux profondes et des eaux superficielles. (Diagramme de Piper).

Les eaux des forages et des sources présentent des faciès différents, à l'exception de deux forages qui ont le même faciès que celui des sources, c'est-à-dire bicarbonaté calcique (pointillé rouge, figure 2-26).

En effet, ces deux forages situés dans la partie Nord-Est (1219 et 1217) présentent des teneurs en nitrates élevées, et les éléments géochimiques les constituants sont assez proches des sources analysées sur Autichamp (figure 2-27, eaux 1).

Ces eaux ont circulé dans les mêmes couches géologiques du Burdigalien, la présence de nitrates, d'origine anthropique, indique que ce sont des eaux récentes, (sur la figure 2-27, le forage 3).

Pour les quatre forages autres, il est plus difficile de trouver un lien chimique avec les eaux superficielles.

Pour deux d'entre eux (pointillé vert ; 695 et 1211), nous pouvons envisager une évolution de la géochimie des eaux des sources avec un échange de calcium en magnésium. C'est le phénomène de recristallisation de la calcite qui se produit au cours du séjour des eaux dans les couches géologiques profondes du Burdigalien.

En effet, ces eaux doivent avoir un temps de séjour long, l'absence d'éléments chimiques d'origine anthropique le montre. Ces résultats confirment qu'il existe une circulation dans une couche préférentielle du Burdigalien (figure 2-27, forage 2).

Les deux autres forages (695 et 280) ont un faciès légèrement différent, enrichis en ions sulfates et sodiques. Le manque de données ne nous permet pas de déterminer l'origine hydrogéologique de ces eaux, soit ce sont des eaux d'une couche géologique du Burdigalien plus profonde, où alors des eaux provenant de l'Oligocène ?

La géochimie nous a apporté des éléments essentiels, qui nous ont permis d'améliorer nos connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de ce secteur. On peut juger de l'intérêt du faciès des eaux géochimiques pour expliquer leurs circulations.

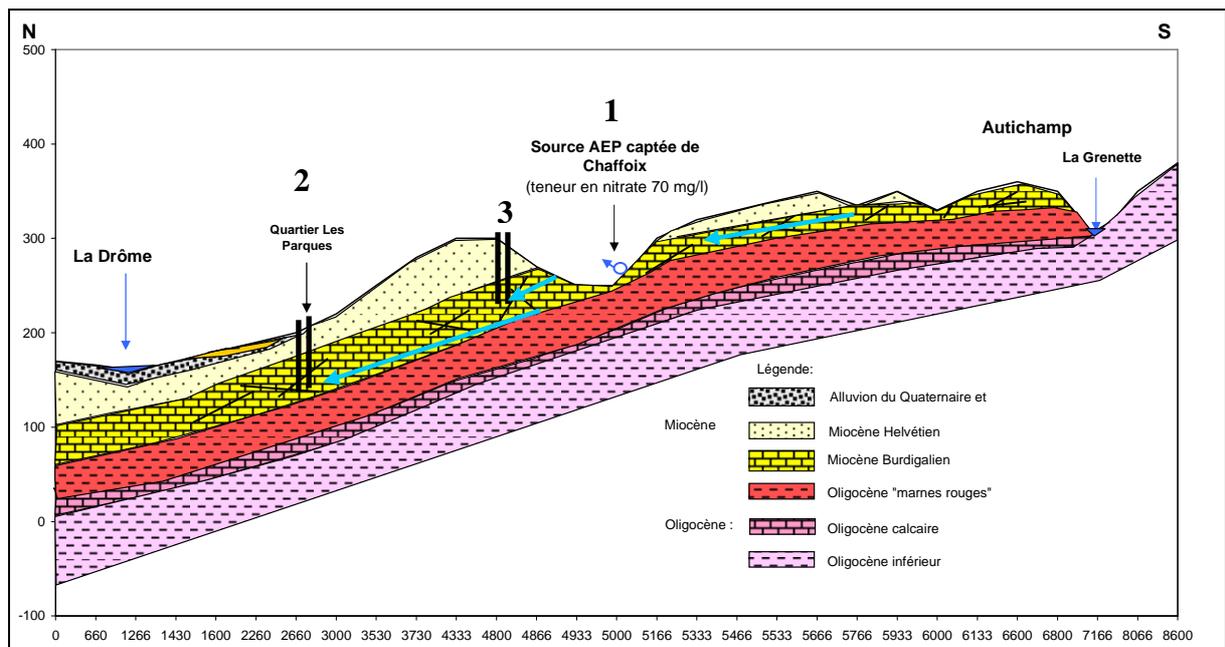


Figure 2-27 : Coupe interprétative du fonctionnement hydrogéologique du secteur Autichamp.

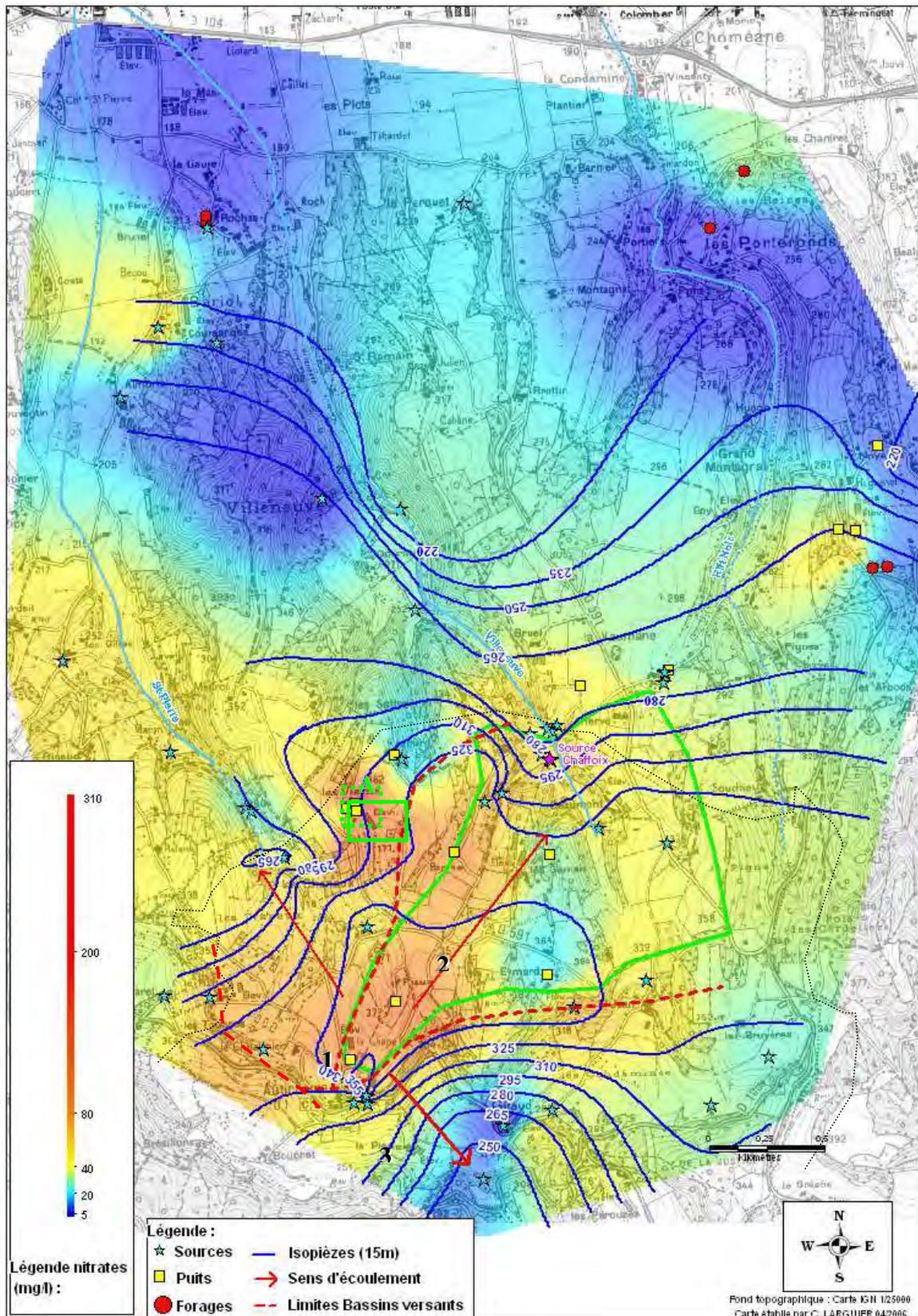


Figure 2-28 : Carte des teneurs en nitrate Avril 2006 sur le secteur d'Autichamp (pointillés noirs limites communales).

### 6.2.2) Les élevages sur la commune d'Autichamp

Dans un second temps, nous allons essayer de relier la distribution des teneurs en nitrates avec le positionnement des élevages (figure 2-28).

Sur l'entité (2) où se situe le bassin versant de Chaffoix, nous distinguons un front de pollution qui s'étire du Nord du village vers le captage AEP. Les teneurs en nitrates sont décroissantes et passent de 140 mg/l à 72 mg/l, avec des points ponctuels beaucoup plus élevés au niveau des élevages. Même observation, sur l'entité (1) à l'Ouest, les eaux superficielles qui y circulent sont fortement contaminées par les nitrates.

Sur ces deux bassins sont présents 18 bâtiments d'élevages dont 6 poulaillers avec parcours.

Précédemment, nous avons montré avec les puits, qu'il existe une relation évidente entre les élevages et les points de pollution. Les puits sont des points de pollutions ponctuelles.

Les sources quant à elles sont moins concentrées en nitrates, leurs bassins d'alimentation plus grands favorisent le phénomène de dilution.

A titre de comparaison, dans le quartier Aymard (figure 2-28, entité (1), rond rose), nous avons mesuré les teneurs en nitrates sur un puits et une source, qui captent des eaux provenant d'une zone boisée. Les valeurs trouvées ne dépassaient pas 20 mg/l. La même observation a été faite dans la partie Nord-Ouest du secteur Autichamp sur plusieurs sources (figure 2-28).

Ces résultats prouvent une nouvelle fois que la pression de surface exercée par ces exploitations agricoles sur la superficie d'Autichamp est trop forte. Les productions d'azote sous forme de fumiers sont trop importantes par rapport à la surface agricole utile de la commune d'Autichamp.

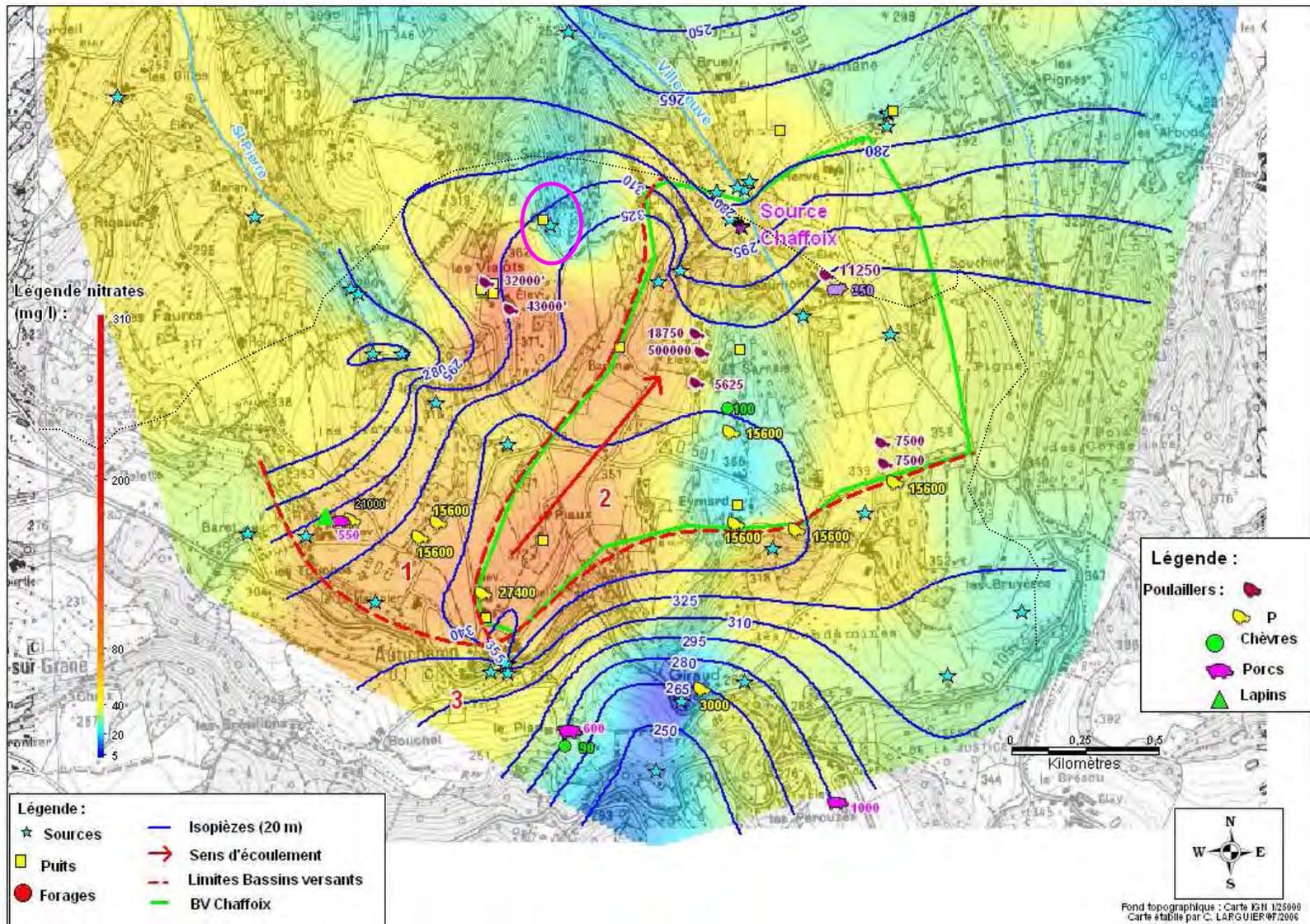


Figure 2-29 : Carte de la distribution des teneurs en nitrates sur Autichamp Juillet 2006 (pointillée limites communales)

### 6.3) Bilan d'azote sur le bassin versant Chaffoix :

Pour réaliser ce bilan d'azote sur le bassin versant de Chaffoix d'une superficie de 140 hectares, nous avons été contraints d'estimer un certain nombre de paramètres, en nous basant sur des données fournies par la Chambre d'Agriculture notamment.

#### Les cultures :

Il nous est impossible de connaître la quantité d'azote lessivée par les pluies efficaces sur les parcelles. L'étude des reliquats montre que des apports sont effectués plusieurs fois dans l'année ce qui rend très difficile le calcul permettant de retenir une valeur moyenne.

La chambre d'Agriculture utilise la valeur de 30 Kg d'azote par hectare restant au sol après une culture quelque soit les quantités mises au départ. Sur Autichamp, ces 30 Kg d'azote/ha sont une valeur que l'on peut considérer comme étant minimale, compte tenu des reliquats observés qui sont toujours nettement supérieurs. Par la suite dans nos calculs de simulations, nous prendrons les valeurs de 30, 40, 50 Kg d'azote/ha pouvant être lessivés.

En prenant cette valeur de 30 Kg d'azote/ha et en l'intégrant dans le volume total du bassin versant de Chaffoix (140 ha) on obtient une concentration des eaux infiltrées de 52,4 mg/l de nitrate.

Ces eaux s'infiltrant sur les 100 ha de parcelles cultivées, on peut ainsi calculer la quantité de pollution que cela représente dans les eaux souterraines du bassin versant :

$$[\text{NO}_3^-] = ( 52,4 * 100 ) / 140 = 37,4 \text{ mg/l.}$$

Nous pouvons en déduire la quantité de pollution produite par le lessivage des parcelles par hectare :

$$[\text{NO}_3^-] = 37,4 \text{ mg/l} / 100 \text{ ha} = 0,37 \text{ mg/l/ha} .$$

#### Les élevages :

Sur le bassin versant, 9 bâtiments d'élevages sont recensés, ce qui représente 20,5 tonnes d'azote produites par an. Parmi, ces élevages on compte trois poulaillers avec parcours de 2,8 ha, où les quantités d'azote produites ne sont pas maîtrisées. Sur la figure 2-30, on a réalisé un récapitulatif de la pollution engendrée par les élevages.

Comme nous l'avons dit précédemment, les productions avicoles de pintades représentent les deux tiers par rapport aux poulets labels. Nous affecterons 2 ha pour les productions de pintades et 0,8 ha pour les poulets. Nous distinguerons dans nos calculs deux types de pintades, produisant selon leurs variétés des quantités différentes d'azote sur les parcours.

Concentration moyenne en nitrates des eaux lorsqu'on est sur les parcours :

#### ➤ **Calcul pour la pintade produisant peu de déjection :**

**Valeur basse :** on calcul la concentration moyenne produite sur les parcours

$$[\text{NO}_3^-] = ( 2 * 199,8 + 0,8 * 134,1 ) / 2,8 = 181 \text{ mg/l,}$$

Les eaux qui s'infiltrant sur ces 2,8 ha de parcours, représente une quantité de pollution par rapport au 140 ha du bassin versant :

$$[\text{NO}_3^-] = ( 181 * 2,8 ) / 140 = 3,4 \text{ mg/l.}$$

La pollution produite par ces parcours par hectare :  
 $[NO_3^-] = 3,4 \text{ mg/l} / 2,8 \text{ ha} = 1,2 \text{ mg/l/ha}$  .

➤ **Calcul pour la pintade produisant plus de déjection :**

**Valeur haute :**  $[NO_3^-] = ( 2 * 382,9 + 0,8 * 134,1) / 2,8 = 311,8 \text{ mg/l}$ .

$[NO_3^-] = ( 311,8 * 2,8 ) / 140 = 6,2 \text{ mg/l}$ .

La pollution produite par ces parcours par hectare :  
 $[NO_3^-] = 6,2 \text{ mg/l} / 2,8 \text{ ha} = 2,2 \text{ mg/l/ha}$  .

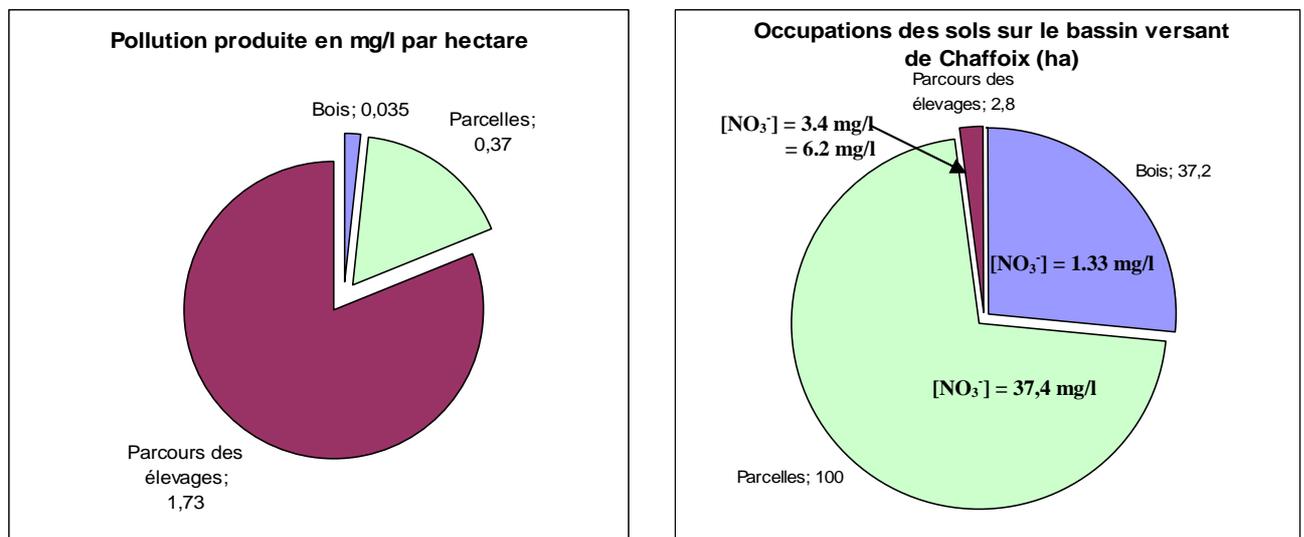
Les bois :

Sur le bassin versant de Chaffoix de 140 ha, il reste 37,2 ha où sont présents des bois. Nous considérerons que les eaux infiltrées dans ces bois ont une concentration en nitrate de 5 mg/l de nitrates (teneur naturelle trouvée dans les eaux souterraines qui ne sont pas polluées).

La part de concentration en nitrate représentée par les bois dans les eaux souterraines est de :

$[NO_3^-] = ( 5 * 37,2 ) / 140 = 1,3 \text{ mg/l}$ .

La pollution que cela représente par hectare :  
 $[NO_3^-] = 1,3 \text{ mg/l} / 37,2 \text{ ha} = 0,035 \text{ mg/l/ha}$  .



**Figure 2-30 : Répartition des concentrations en nitrates sur le bassin versant Chaffoix et répartition des surfaces utilisées par les différents secteurs.**

Avec ces diagrammes, on constate que la pollution produite sur les parcours est nettement plus importante que les deux autres pollutions. Elle est 10 fois supérieure à celle provenant du lessivage du sol, et 100 fois supérieure à la pollution naturelle des zones boisées.

Ces parcours ne représentent que 2,8 ha (2%) de la surface du bassin versant, et génèrent pourtant près de 10 % des pollutions totales (figure 2-32). Il faut envisager dans le futur l'interdiction de la construction de tels bâtiments sur le bassin versant de la source Chaffoix.

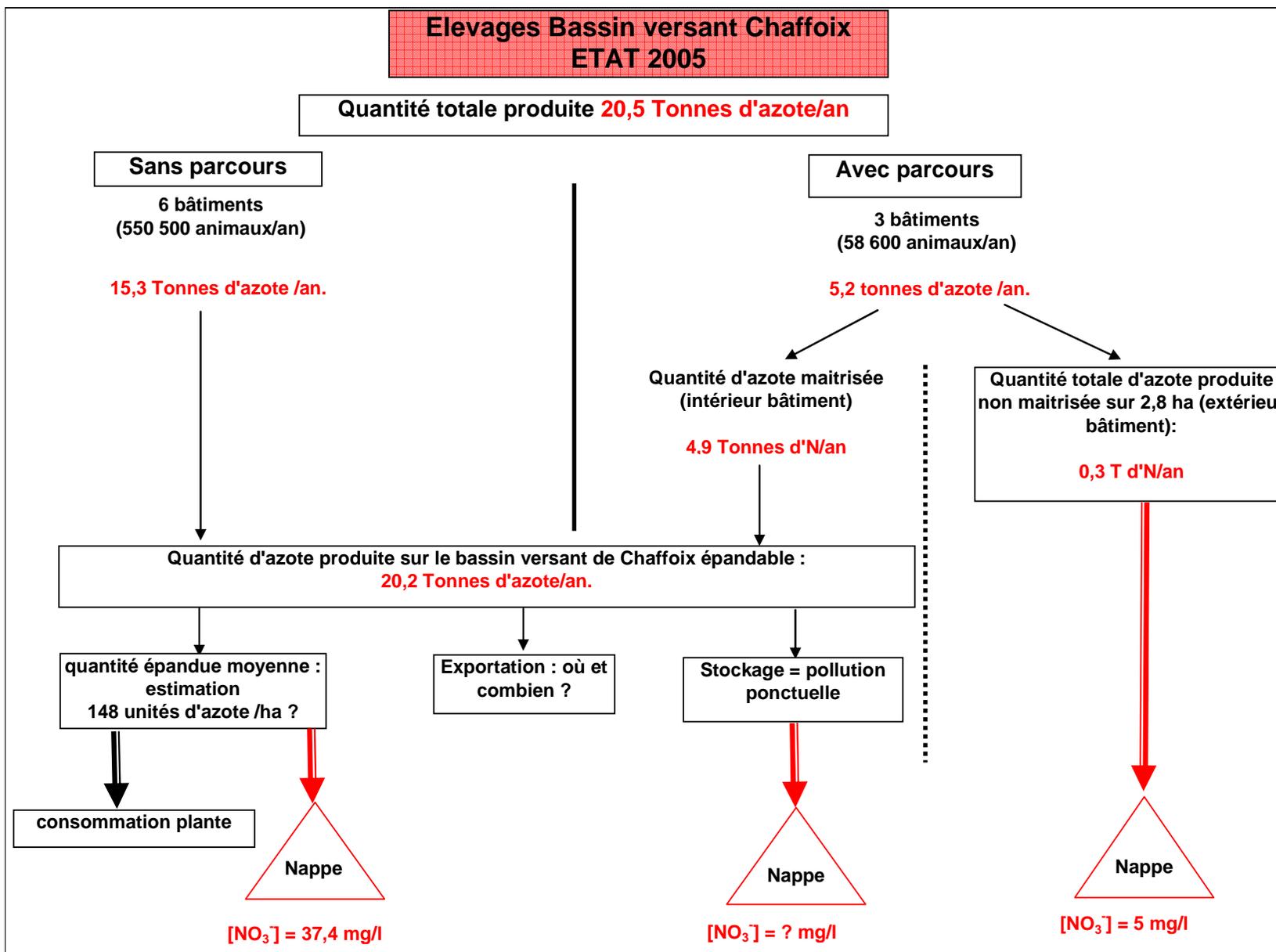


Figure 2-31 : Schéma de la pollution engendrée par les élevages.

## Bilan d'azote sur le bassin versant de Chaffoix :

Calcul de la concentration que cela représente au total dans les eaux souterraines du bassin versant de Chaffoix :

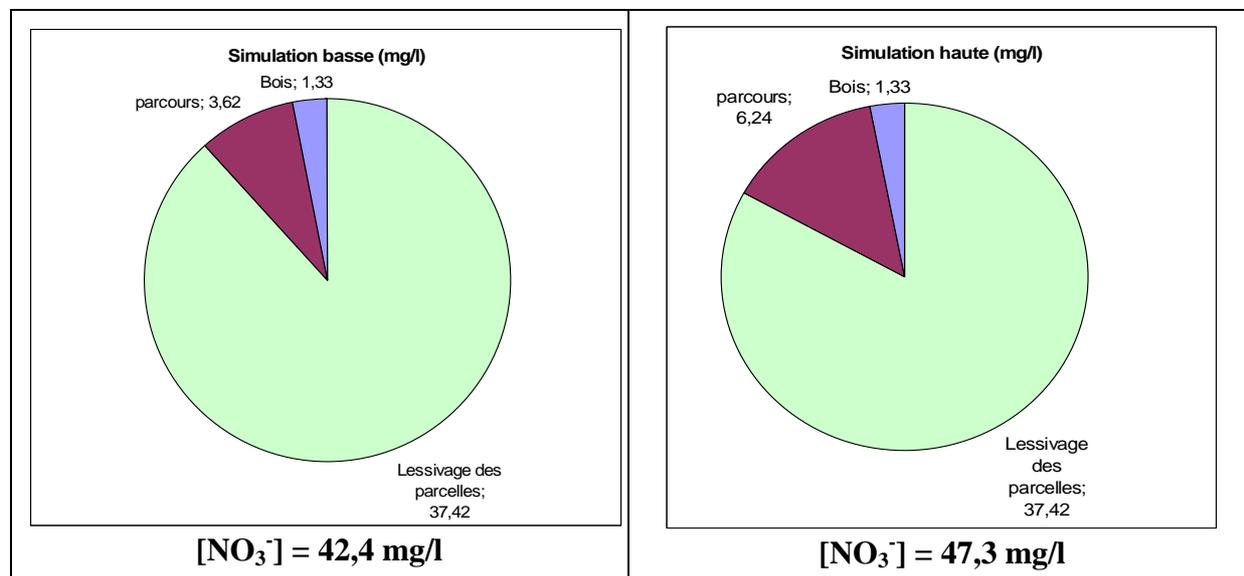


Figure 2-32 : Part des pollutions de chaque surface.

Les concentrations que nous estimons sur le bassin versant de Chaffoix sont en moyenne de 45 mg/l de nitrates. Ces concentrations sont inférieures à celle de la source de Chaffoix qui est de 72 mg/l qui sont elles mesurées.

Cette différence de concentration en nitrate, prouve que nous avons sous-évalué d'un point de vue quantitatif les pollutions sur le bassin.

❖ La sur-fertilisation des parcelles a certainement été sous-estimée dans nos calculs. L'accumulation successive d'apports de fumiers d'origine avicoles fait que les sols ont un excédent d'azote certainement supérieur à 30 Kg/ha à la fin des récoltes. En effet, les apports d'azote sont effectués plusieurs fois par an. Il faut alors réaliser de nouveau des simulations en considérant que les quantités d'azote lessivées sont plus importantes.

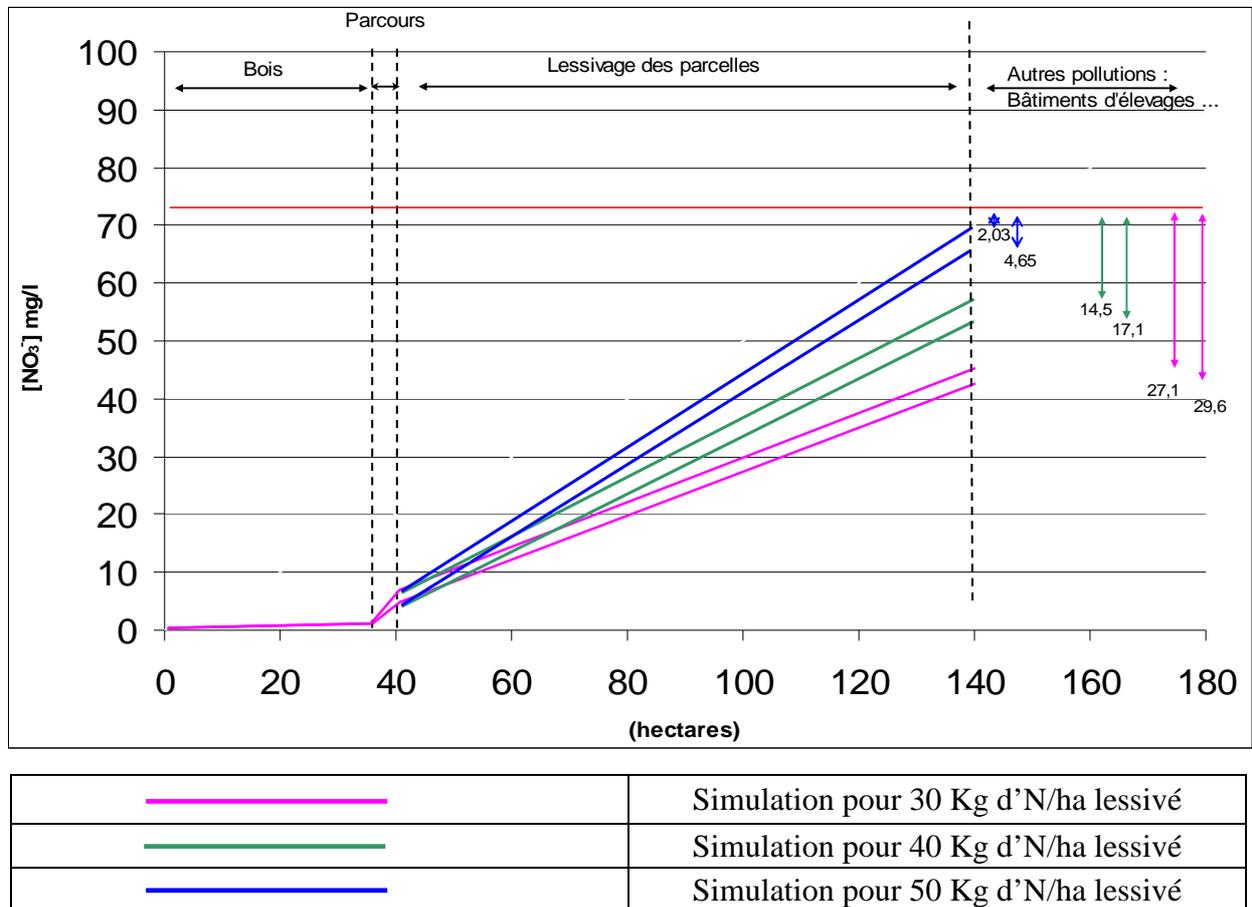
❖ D'autres sources de pollution sont à prendre en compte. Les 9 bâtiments d'élevages présents sur le bassin versant peuvent être des sources de pollution ponctuelle. Des mesures réalisées sur un puits situé dans un poulailler arrêté depuis 4 ans, nous ont montré de très fortes teneurs en nitrates. Cette infiltration se ferait à la surface, lors du nettoyage des bâtiments ou des fuites d'alimentation en eau pour les volailles. Cette part de pollution est beaucoup plus difficile à quantifier mais elle est avérée.

Nous avons également réalisé plusieurs simulations afin de faire correspondre les entrées et les sorties à partir de la valeur mesurée en nitrates régulièrement à la source de Chaffoix.

Habituellement, on constate que les concentrations en nitrates sont fluctuantes, en effet, elles évoluent en fonction des cultures choisies, des apports réalisées et des

précipitations. Dans le cas précis, la valeur au niveau de la source ne varie pratiquement pas elle croît lentement comme si le sol sursaturé de nitrates ne réagissait pas aux changements.

On peut alors considérer que le bassin est une sorte de « réservoir tampon » qui rejette les nitrates stockés dans la zone non saturée selon un mode mal connu.



**Figure 2-33 : Simulation de différentes pollutions engendrées par le lessivage des parcelles sur le bassin versants de Chaffoix.**

Les différentes simulations permettent de visualiser les parts des différentes pollutions. Si l'on considère que seul 30 Kg d'azote/ha sont lessivés alors près de 40 % de la pollution provient d'autres sources que nous n'avons pas pris en compte (les bâtiments eux-mêmes).

Avec une valeur de 50 Kg d'N/ha lessivé sur les 100 ha de parcelles du bassin versant, et les pollutions des parcours et les bois, nous obtenons quasiment la même concentration en nitrate que la source de Chaffoix 69 mg/l contre 72 mg/l.

Ces calculs restent des simulations de pollutions, mais les sources que nous avons retenues sont les principales.

## **VII) Bilan et préconisations**

Cette étude visait à améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de la source AEP Chaffoix de la commune d'Autichamp dans le but de comprendre l'origine des teneurs en nitrates.

L'étude se délivre en deux phases :

1. un bilan des résultats acquis,
2. préconisations, mesures et suivis,

### **7.1) Bilan sur le fonctionnement hydrogéologique**

Le but principal était de déterminer le fonctionnement hydrogéologique de cette source, pour cela nous avons utilisé les éléments hydrogéologiques et géochimiques.

- Ces travaux ont permis de mettre en évidence des circulations d'eaux souterraines dans les bancs gréseux du Burdigalien. Dans la partie Sud du secteur, ces circulations se font dans la partie superficielle, et au Nord les eaux circulent plus en profondeur, des forages les captent. Certains ouvrages sont déjà marqués par des concentrations élevées en nitrates, on peut alors mesurer l'avancement de la propagation.
- La présence du substratum argileux Oligocène contrôle les écoulements superficiels sur la commune d'Autichamp jusqu'à la source Chaffoix.
- Dans la partie Sud, la géochimie a révélé la présence d'eaux à circulation rapide (bicarbonaté calcique) qui émergent au niveau de la source Chaffoix. Puis les eaux s'enfoncent en profondeur au Nord, pour former un véritable aquifère, circulant beaucoup plus lentement et se minéralisant pour devenir bicarbonaté calcique et magnésien.

### **7.2) Bilan environnemental sur Chaffoix**

Les 9 bâtiments présents sur le bassin versant de la source Chaffoix produisent 20,5 Tonnes d'azote par an ce qui représente 43 % des productions totales de la commune. Nous avons pu mettre en évidence que ces quantités d'effluent produite sont nettement excédentaires par rapport au seuil de 170 kg d'azote/ha.

Nous avons également montré que les parcours des bâtiments avicoles occasionnellement des pollutions ponctuelles, les quantités d'azote produites n'étant pas maîtrisées. Seul trois parcours de volailles sont présents sur le bassin, mais leur part de pollution vers la nappe représente près de 10 % de la pollution totale.

Malgré le programme mis en place sur le bassin versant, on constate qu'aucun résultat ne s'est fait ressentir :

- les reliquats sont toujours élevés, et plusieurs fois dans l'année des apports sont effectués sur les parcelles,
- les rendements des cultures n'ont pas diminué, ils restent stables,
- l'ensemble des points de suivi montrent que les concentrations en nitrates ne tendent pas à diminuer au contraire, elles augmentent.

L'étude environnementale a permis de déterminer les différents facteurs polluants qui conduisent à la contamination des eaux souterraines :

- L'épandage des effluents des productions avicoles sur les parcelles du bassin versant,
- les effluents provenant des parcours des bâtiments avicoles,
- l'ajout d'engrais minéraux sur les parcelles cultivées,
- le stockage des déjections à l'air libre, sans mesure de précaution.

### **7.3) Proposition de Gestion de la Ressource**

Les différentes campagnes de prélèvements ont montré la vulnérabilité des eaux souterraines du secteur d'Autichamp, vis-à-vis des pollutions de surface. Les eaux de toute la commune sont fortement contaminées par les nitrates, et particulièrement celles du bassin versant Chaffoix.

Il est impératif et urgent de prendre des mesures pour restaurer la qualité des eaux de la source de Chaffoix ; et d'instaurer un suivi de la situation afin de contrôler régulièrement les concentrations en nitrates des différents points (sources, puits).

#### 7.2.1) Mesures à prendre

L'accent doit être mis sur les effluents d'élevage quasiment entièrement responsable de la pollution azotée sur la commune d'Autichamp.

Nous avons montré que la production en nitrates sur le bassin versant de Chaffoix par les élevages était déjà beaucoup trop élevée vis-à-vis des 325 SAU de la commune. Sur l'ensemble de la commune, les 48 tonnes d'azote produites représentent 148 unités d'azote par ha (Kg d'N/ha).

Sachant que les agriculteurs ajoutent des engrais minéraux sur les cultures, on se retrouve alors certainement au-delà du seuil autorisé des 170 Kg d'azote/ha.

- ❖ Première mesure élémentaire, il est inutile de sur-fertiliser les parcelles avec des apports d'engrais minéraux.
- ❖ Deuxièmement, Il faut gérer la production des engrais organiques, qui proviennent des effluents d'élevages.

⇒ Pour cela il sera nécessaire de collecter et d'exporter tout en partie ces effluents produits. Si l'on considère que 100 unités d'azote/ha sont suffisantes sur les parcelles de la commune alors 35 % des effluents doivent être exportés.

⇒ Pour un meilleur suivi, les apports d'engrais devront être réalisés une seule fois par an, au moment où les plantations sont faites, et en tenant compte des besoins des sols.

⇒ Il est également préconisé de planter des cultures fortement consommatrices d'azotes, les CIPAN, « Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates" (colza, trèfle incarnat, phacélie, radis...).

❖ Il faut interdire la construction de nouveaux bâtiments avec parcours sur le bassin versant.

Pour les existants, il faudra mettre en place des protections efficaces autour des élevages pour réduire les pollutions ponctuelles. Dans les bâtiments avicoles, il faut envisager le bétonnage des sols afin qu'il n'y ait plus de pénétration possible des effluents dans le sol.

### 7.2.2.) Suivi

Ce suivi est capital, se sera le seul moyen de visualiser la diminution des concentrations en nitrates dans les eaux du secteur. Pour cela nous proposons :

- Un suivi des reliquats d'azote sur de nombreuses parcelles et ce à quatre reprises dans l'année : à l'Automne entrée du lessivage, en milieu d'Hiver, à la sortie de l'Hiver, et après la récolte,
- Un suivi des rendements des récoltes,
- Un suivi des concentrations en nitrates des eaux des sources et des puits sur une trentaine d'ouvrage de la commune. C'est la seule façon d'évaluer la réactivité des eaux souterraines. (Proposition des points de suivis en annexe 13).

Pour résoudre cette problématique nitrate et restaurer la potabilité de la source Chaffoix, la première solution est d'agir sur les parcelles du bassin versant en réduisant les apports.

La Chambre d'Agriculture et l'Agence de l'Eau ont proposé une solution radicale qui est de mettre « Zéro nitrate » sur toutes les parcelles du bassin versant et ce pendant trois ans. Compte tenu de nos résultats, nous confirmons et appuyons cette décision, si sur les parcelles aucun apport n'est effectué alors on devrait constater dans les trois ans à venir une diminution des teneurs en nitrates sur la source de Chaffoix.

Pendant trois ans, les cultures implantées puiseront dans les réserves du sol, ce qui éliminera le lessivage vers la nappe.

## CONCLUSIONS

La pollution en nitrates de la plaine de Valence et plus particulièrement du secteur d'Autichamp puise son origine dans l'agriculture ou plus précisément dans l'élevage intensif et dans la fertilisation des parcelles.

Sur Autichamp, les teneurs en nitrate de la source AEP de Chaffoix, ne cessent d'augmenter depuis 1966, passant de 24 mg/l pour atteindre fréquemment les 72 mg/l ces dernières années.

Il faut bien comprendre que la source Chaffoix nous permet de visualiser la part de pollution par les nitrates (lessivage des sols et élevages).

Sur les autres parties du bassin, les eaux « polluées » s'infiltrant en profondeur, et progressent ensuite dans la nappe profonde. Ainsi dans quelques dizaines d'années ce sont les générations futures qui auront l'heureuse surprise de profiter d'un développement cultural bien mal maîtrisé.

Cette action réalisée sur ce petit bassin versant servira d'exemple pour d'autres sites de la plaine de Valence, notamment au niveau des affleurements des buttes molassiques qui sont elles-mêmes touchées par des problèmes de pollutions liées aux activités agricoles et aux élevages.

Les résultats serviront de modèle, pour améliorer la gestion de toutes ces zones d'alimentation qui sont à protéger en priorité s'il on veut préserver la ressource en eau du vaste aquifère molassique.

## Bibliographie

- Bombart. H.** (1991). Luttés contre la pollution par les nitrates, Canton de Bourg de Péage, diagnostic des pratiques agricoles. Mémoire de fin d'étude, ENSA Rennes, SIVOM Bourg de Péage. p.65. (rapport)
- BURGEAP** (1969). Etude hydrogéologique complémentaire des nappes alluviales de la Drôme. SRAE Rhône Alpes.
- Barriuso E. et al.** (1996), Les pesticides et les polluants organiques des sols : transformations et dissipations –Etude et gestion des sols, Numéro spécial p.279-296.
- Chambre d'Agriculture de la Drôme** (février 2006). Programme AGR'EAU 26. Mobilisation des agriculteurs du département de la Drôme dans une démarche de gestion collective et de préservation de la ressource. Compte rendu d'activité pour l'année 2005.
- Chambre d'Agriculture de la Drôme** (2002). Zone Pilote Azote Autichamp, Compte rendu du Comité Technique du 23 Avril 2002. p.8.
- Chambre d'Agriculture de la Drôme** (2006). Actions locales sur zone pilote, Problématique des nitrates sur Autichamp. (Programme « AGR'EAU 26 ». p.8. (rapport)
- Chambre d'Agriculture de la Drôme.** Calcul du bilan azote pour les céréales à pailles. (Programme « Just'Azote, ITCF ». p.4. (document)
- CORPEN** (Comité pour la **R**éduction de la **P**ollution des **E**aux par les **N**itrates et les phosphates) (1987). Les nitrates dans l'eau : un défi relevé. Plaquette de documentation.
- CORPEN** (Comité pour la **R**éduction de la **P**ollution des **E**aux par les **N**itrates et les phosphates) (1996). Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles. 1p. (documents).
- DIREN**, 2001. Département de la Drôme-bilan hydrogéologique départemental. DIREN Rhône Alpes 121p. (rapport)
- Geo+** (2004). Recherche et mise en place d'une gestion concertée des prélèvements d'eau à usage agricole. Secteur Véore, Barberolle, Royans et Vercors. Document d'incidence. Chambre d'Agriculture, DDAF, Agence de l'Eau et département 132 p. (rapport)
- HYDROC**, 1998, Rapport d'Hydrogéologie et de géologie. Recherche des causes de pollution sur le captage d'eau potable de Chaffoix.
- Margalhan-Ferrat H.**, Mars 1999, Rapport Hydrogéologue agréé sur la source AEP de Chaffoix. Protection sanitaire et territoriale.
- Mazué V.** (1998), Etude des nitrates dans la plaine à l'Est de Valence (Drôme). SEMA-DIREN Rhône Alpes. Mémoire de DESS « Eaux Souterraines » UFR de Géologie de Grenoble. p. (rapport)

**Pelourson C** (1993), Contribution à l'étude de la pollution en azote dans la plaine de Valence (Drôme), approche par l'étude des nitrates dans la zone non saturée et l'influence des pratiques agricoles : secteur représentatif des Pivats (Marches). Mémoire de DESS « Eaux Souterraines » UFR de Géologie de Grenoble. 96 p. (rapport)

**Sardou N. Simian J.B.** (1992). Pratiques agricoles et pollution nitrique de l'eau : diagnostic et proposition d'action concernant les effluents d'élevage – Mémoire de fin d'étude ISARA – Lyon : ISARA p.76 (rapport)

**SOGREAH** (2004). Gestion concertée des prélèvements agricoles. Document d'incidence. Secteur Drôme des collines et vallée de la Valloire. Chambre d'Agriculture 63p. (rapport)

**S.R.A.E Rhône Alpes** (Service Régional de l'Aménagement des Eaux) 1983). Le point sur la pollution par les nitrates dans le département de la Drôme. SRAE 8p. (rapport)

**S.R.A.E Rhône Alpes** (1985). Etude des nitrates de la Plaine de Valence – Bilan et perspectives – Rapport d'Etude. SRAE 14p. (rapport)

**THIEULOY J.P.**, 1966, Rapport géologique sur un projet communal d'adduction d'eau potable, Commune d'Autichamp.

**de La Vaissière Rémi**, 2006, Etude de l'aquifère néogène de Bas-Dauphiné. Thèse de doctorat de la faculté d'Avignon 330 p.

Index Phytosanitaire **ACPA** (2006).

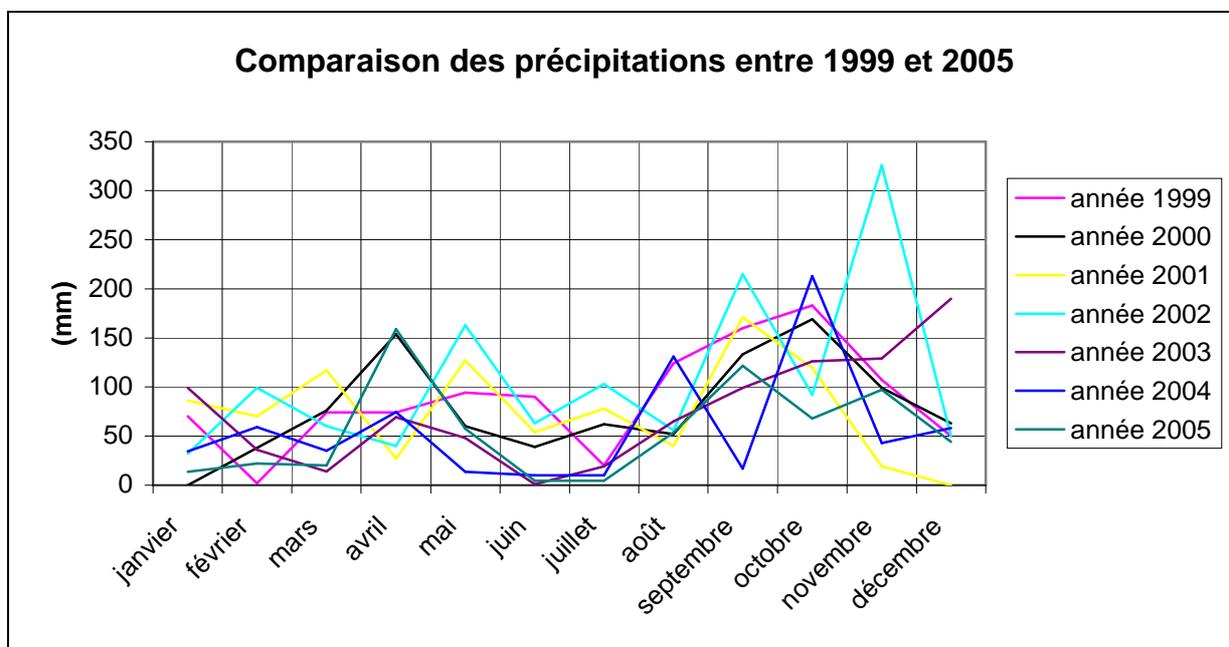
# **ANNEXES**

## Annexe 1 :

Annexe météo :

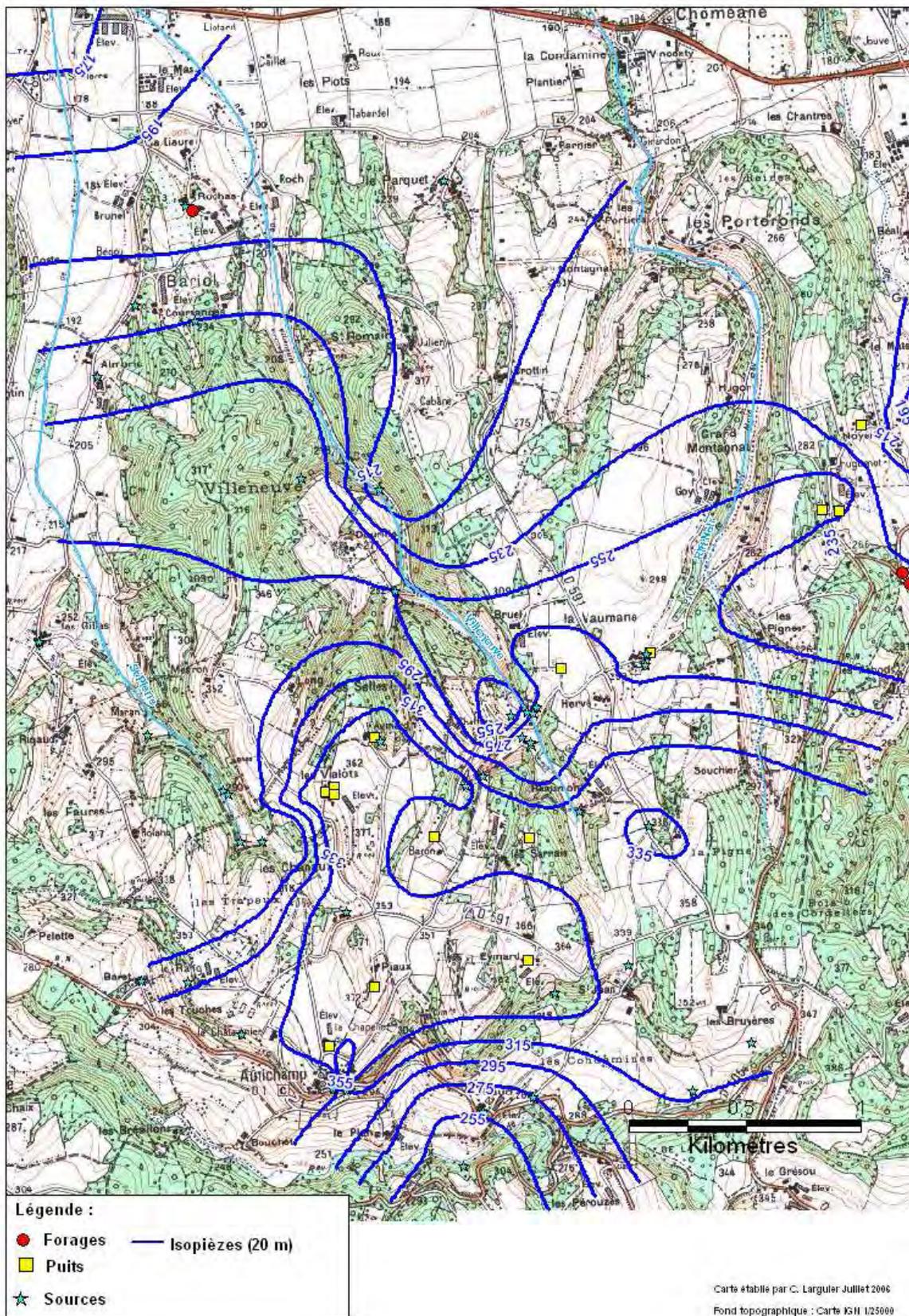
Données météorologique d'Autichamp relevée par Mme Lattard :

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	TOTAL
Précipitation en 2005	34,5	59	35	74,5	13,5	10	10	131	17	213	43	58	698,5 mm
Précipitation en 2004	13,5	22	20	159	57,5	4,5	4,5	53,5	121,5	68	97	44	665 mm



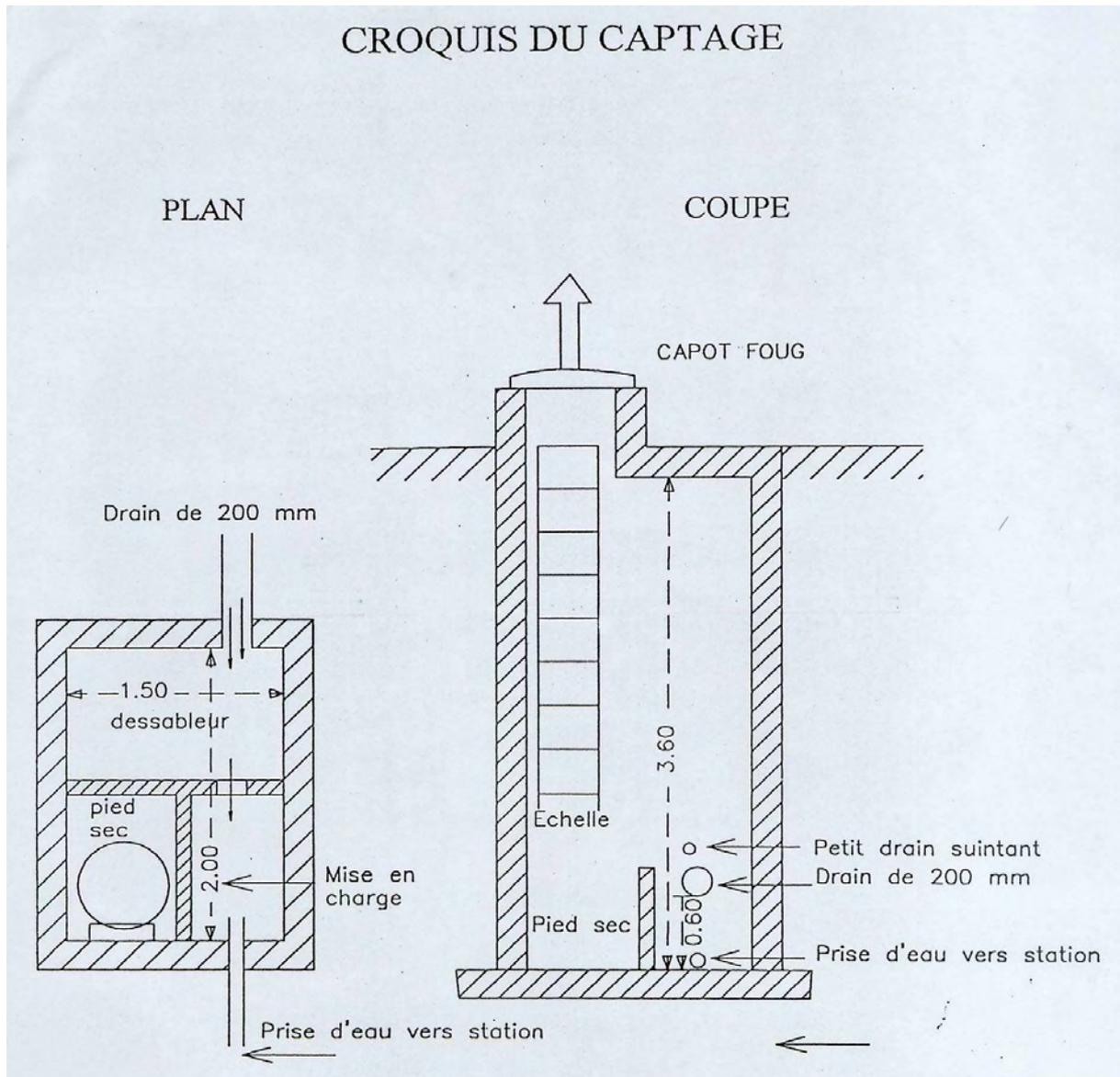
## Annexe 2 :

### Carte piézométrique :



### Annexe 3 :

#### Plan du captage de Chaffoix



## Annexe 4 :

Annexe étude HYDROC :

### Essai de traçage :

Le traçage à la fluorescéine a été réalisé entre le bac de fumier de la ferme des Sarrais et le captage soit environ 370 m, et un volume de 6 m<sup>3</sup> de fluorescéine a été déversé pour l'essai. Dans le captage, huit fluocapteurs avaient été mis en place, et ont été prélevés les un après les autres les semaines suivantes.

Les résultats ont montré un temps de transfert d'une semaine environ, mais la coloration s'est étalée sur une période de huit semaines. Cet essai a permis de mettre en évidence qu'il existe une relation entre ce bac à fumier et le captage, que le temps de transfert est rapide et qu'il existe probablement une hétérogénéité des terrains souterrains traversés avec un mélange des eaux. Nous pouvons déterminer une perméabilité approximative des terrains Burdigalien qui serait environ égale à  $6.10^{-4}$  m/s.

Cependant, aucune mesure de concentration en fluorescéine n'a été effectuée, nous ne pouvons pas connaître le pourcentage de filtration qu'a subie ce contaminant. De plus, des suspicions

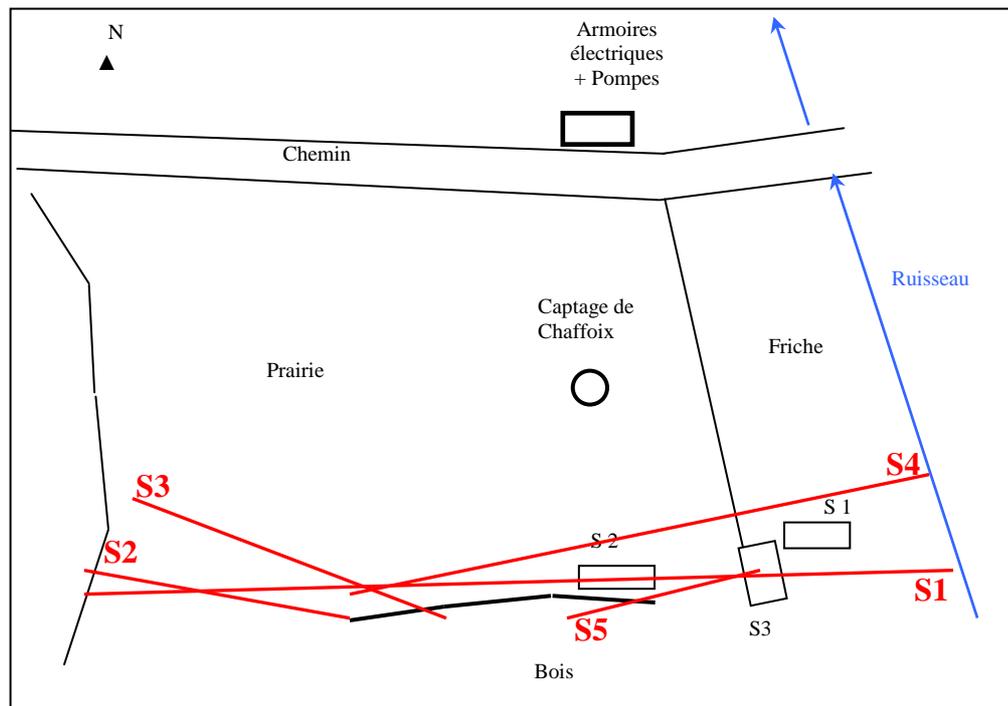
traçage semble avoir été réalisé rapidement, un fermier était responsable du relevé des fluocapteurs dans le captage.

Résultats des fluocapteurs :

Echantillon	Date	Résultats
1	1 Octobre 1997	Présence supposée
2	8 Octobre 1997	Présence
3	15 Octobre 1997	Présence supposée
4	22 Octobre 1997	Présence
5	29 Octobre 1997	Présence supposée
6	5 Novembre 1997	Présence
7	12 Novembre 1997	Présence supposée
8	19 Novembre 1997	Présence

### Sondage au tractopelle :

Les trois sondages réalisés au tractopelle sont situés en amont du captage, comme le montre le dessin ci-dessous.



**Figure** Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.-1.: **dessin de l'Implantation des sondages au tractopelle et sondages électriques.**

Ces sondages permettent de connaître les caractéristiques des terrains superficiels, les trente premiers centimètres sont constitués de limons sableux représentant la terre végétale. Ensuite sur une épaisseur de 1 à 1,95 m viennent les sables limoneux ou sable marno-limoneux, ces terrains semblent correspondre à l'Helvétien. Enfin le substratum est formé de marnes sableuses plus ou moins indurées et des grès plus ou moins durs caractéristiques du faciès du Burdigalien. La profondeur du toit de cette formation varie de 2 m au niveau du sondage 2 à 3,40 m au droit du sondage 1. (Résultats complets [en annexe ??](#)) Seul le sondage 1 a révélé la présence de deux petites arrivées d'eau s'écoulant du Sud vers le Nord en très faible quantité.

Avec ces résultats, on peut déduire que l'eau arrivant au captage ne provient pas d'une circulation en subsurface. Une étude plus poussée avec les sondages électriques permettra probablement de mettre en évidence une circulation plus importante en profondeur dans les grès constituant le substratum.

### Sondage électrique :

En amont du captage, les cinq sondages électriques réalisés donnent probablement des informations sur les circulations d'eau alimentant le captage. (Localisation des sondages [sur la figure ?](#) ci-dessus, en rouge)

D'après les résistivités observées on distingue trois couches géologiques distinctes :

- La couche superficielle, soit les trois premiers mètres, présentent une forte résistivité ce sont les sables limoneux sec, représentant l'Helvétien.
- On observe de faible résistivité à partir de 3,00 m de profondeur et jusqu'à 8-9 m et ceux pour les sondages S1, S2 et S4 ce qui signifie que cette couche est humide. Si l'on recoupe ces résultats avec les informations précédentes cette couche correspond aux grès constituant le substratum.
- En dessous de 8,00 m la résistivité mesurée est très faible ce qui marque probablement des circulations d'eau. (Résultats complets **en annexe ??**)

Récapitulatifs des résultats des sondages électriques :

Description géologique des sondages :

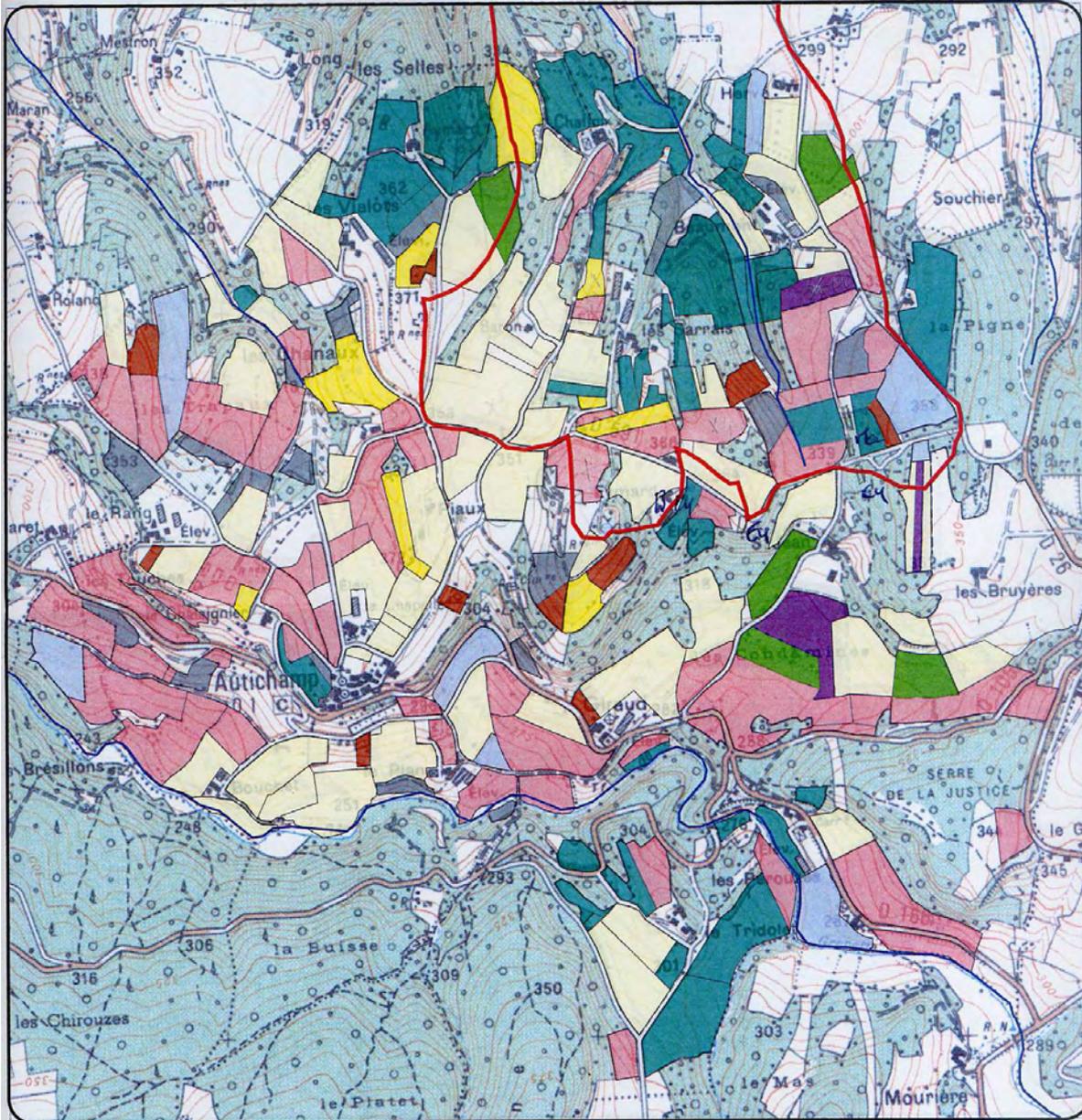
$\rho$ moyen	S2 jusqu'à 0,75 m
$\rho$ forte à assez forte	S1 jusqu'à 3,00 m S2 jusqu'à 0,75 à 3,00 m S3 jusqu'à 3,50 m S4 jusqu'à 3,00 m S5 jusqu'à 3,00 m
$\rho$ faible	S1 de 3,00 à 9,00m S2 de 3,00 à 8,00 m S3 - S4 de 3,00 à 8,00 m S5 -
$\rho$ très faible	S1 en dessous de 9,00m S2 de 8,00 à 10,00m S3 de 3,50 à 16,00m S4 de 8,00 à 20,00 m S5 de 3,00 à 15,00 m

# Annexe 5 :

Carte assolement 2002/2003



## AUTICHAMP Assolement 2002-2003



### Légende

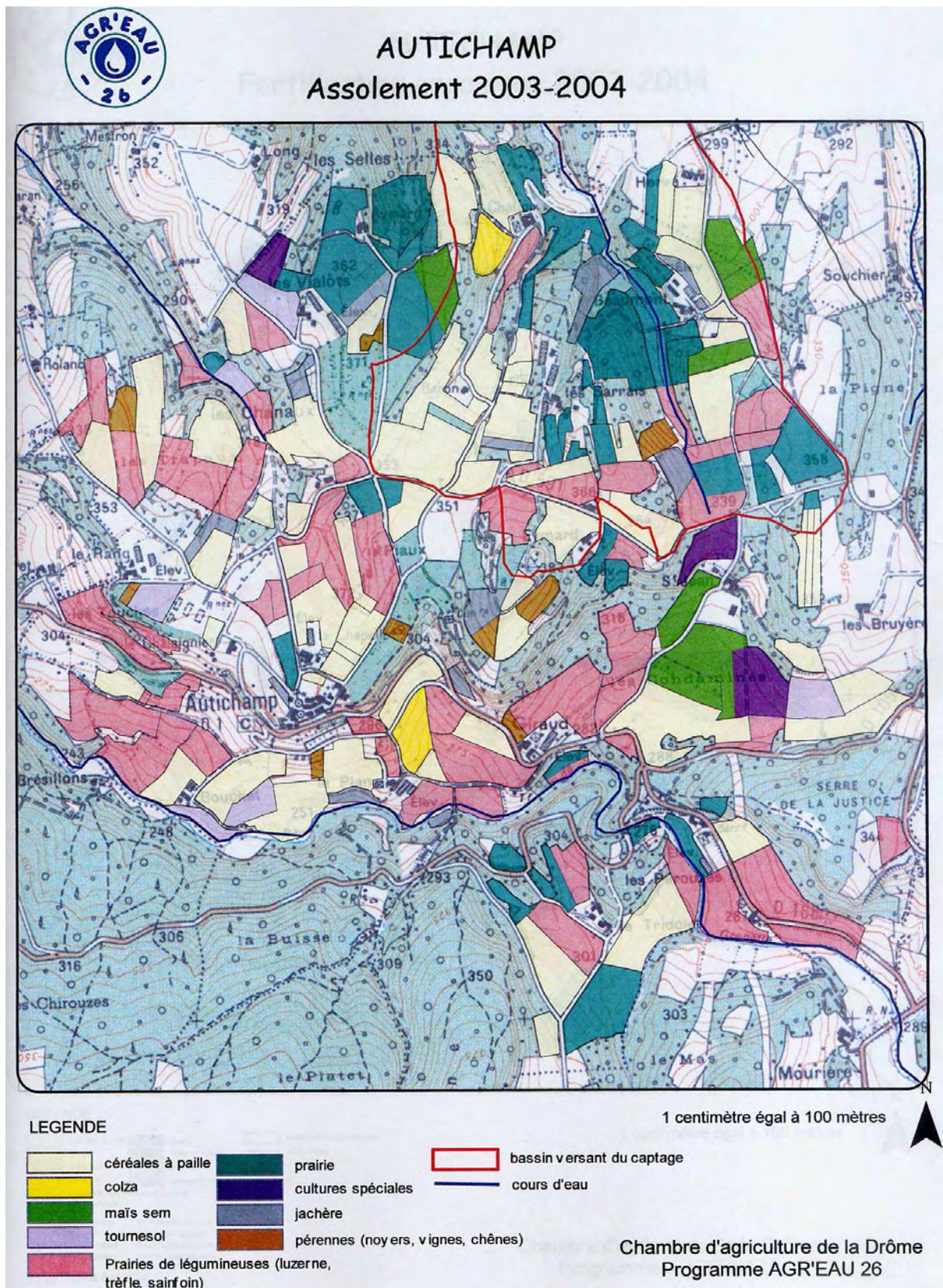
- |   |  |   |                                   |   |                           |
|---|--|---|-----------------------------------|---|---------------------------|
|  | céréales à paille                        |  | prairie                           |  | bassin versant du captage |
|  | colza                                    |  | cultures spéciales                |  | cours d'eau               |
|  | maïs sem                                 |  | jachère                           |   |                           |
|  | tournesol                                |  | pérennes (noyers, vignes, chênes) |   |                           |
|  | légumineuses (luzerne, trèfle, sainfoin) |   |                                   |   |                           |

1 centimètre égal à 105 mètres

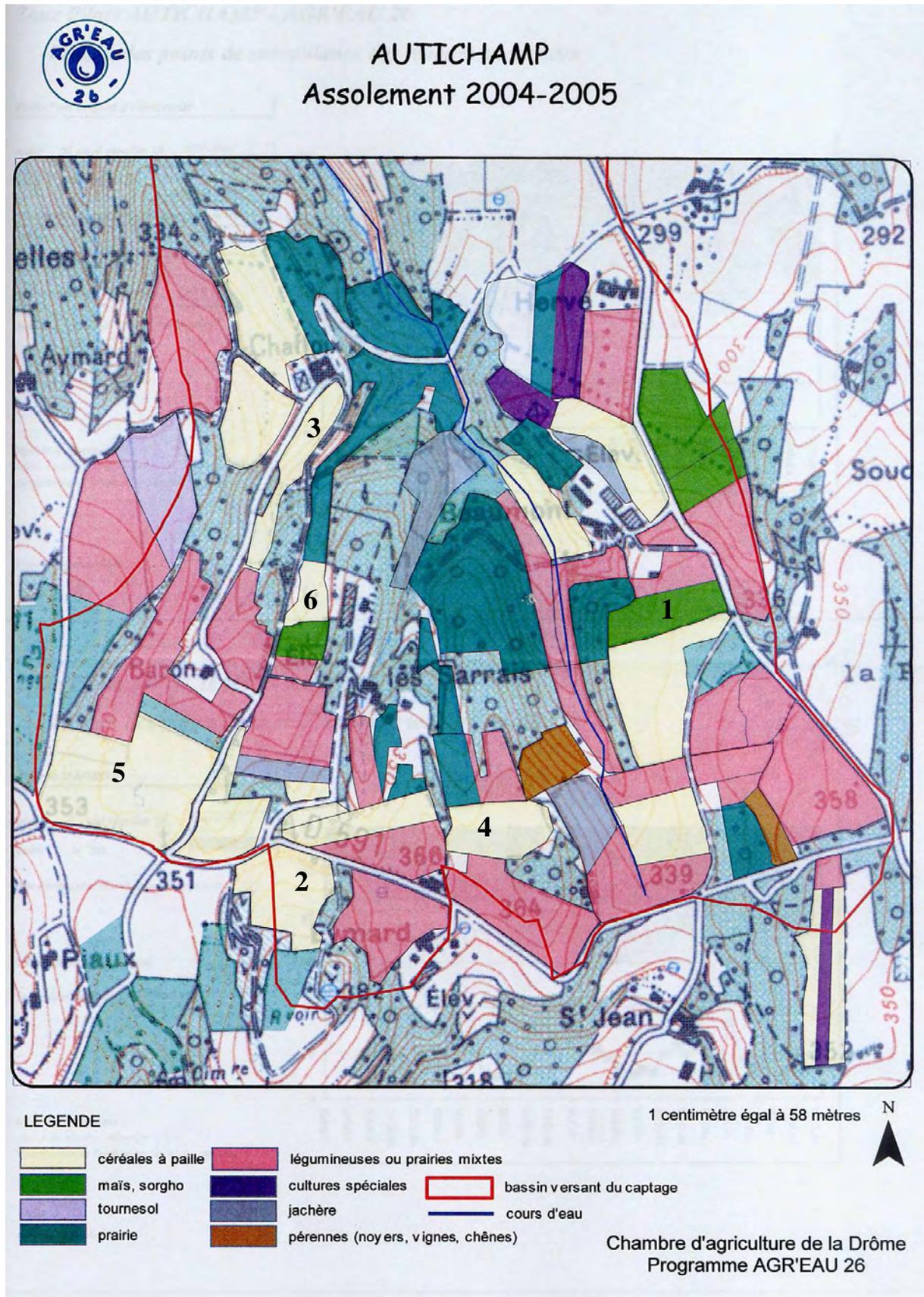


Chambre d'agriculture de la Drôme  
Programme AGR'EAU 26

Carte assolement 2003/2004 :



Carte assolement 2004/2005 :



(Les numéros sur les parcelles correspondent aux parcelles suivies pour leurs reliquats d'azote dans les sols.)

## Annexe 6 :

Annexe quantité produite par animal

### AZOTE PRODUIT (en g/animal)

	Propositions de références		
	Bâtiment (azote épanachable après stockage)	Parcours	TOTAL
POULET STANDARD LOURD	33	0	33
POULET STANDARD LEGER	25	0	25
POULET LOURD	42	0	42
POULET LABEL	62	8	70
POULET LABEL bâtiments fixes	47	16	63
POULET LABEL cabanes mobiles	31	25	56
DINDE MALE	265	0	265
DINDE FEMELLE	150	0	150
DINDE (sexes mélangés)	205	0	205
PINTADE STANDARD	60	0	60
PINTADE LABEL (Drôme)	89	12	101
PINTADE LABEL avec parcours (S.O.)	67	23	90
PINTADE LABEL avec volière (S.O.)	45	35	80
CANARD DE BARBARIE MALE	100	0	100
CANARD DE BARBARIE FEMELLE	45	0	45
CANARD DE BARBARIE (sexes mélangés)	70	0	70
OIE A ROTIR	104	56	160
CANARD P.A.G. (Alimentation et abreuvement à l'intérieur)	55	37	92
CANARD P.A.G. (Alimentation et abreuvement à l'extérieur)	18	74	92
CANARD GRAS	60	0	60
OIE P.A.G.	97	52	149
OIE GRASSE	76	0	76
POULETTE	80	0	80
POULE PONDEUSE	450	0	450
POULE PONDEUSE PLEIN AIR	420	70	490
POULE REPRODUCTRICE	450	0	450
DINDE REPRODUCTRICE	900	0	900
DINDE REPRODUCTRICE FERMIERE	260	0	260
DINDE FUTURE REPRODUCTRICE	225	0	225
PINTADE REPRODUCTRICE	340	0	340
PINTADE FUTURE REPRODUCTRICE	80	0	80
CANE REPRODUCTRICE	640	0	640
CAILLE REPRODUCTRICE	54	0	54
CHAPON	132	33	165
CAILLE STANDARD	10	0	10
CAILLE LABEL	12	2	14
COQUELET	13	0	13
PIGEON/couple	282	0	282
PIGEON/pigeonneau	22	0	22
FAISAN	49	49	98
PERDRIX	17	16	33

Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles  
Document de travail du C'ORPEN 4 Juillet 1996

## **Annexe 7 :**

### **Données de la CORPEN :**

Dindes :  
7,5 dindes/m<sup>2</sup>  
Durée de la bande : 16 semaines – 2,7 bandes/an.

Pintades :  
15 pintades/m<sup>2</sup>  
Durée de la bande 13 semaines – 3,3 bandes /an.

Poulets fermiers :  
10 poulets/m<sup>2</sup>  
Durée de la bande 12 à 14 semaines – 3,6 bandes/an.

Porcs :  
Nombre d'animaux et fonction du bâtiment du bâtiment  
Durée de la bande 4,5 mois – 2,5 bandes /an.

## **ANNEXE 8 :**

### **Calcul des pollutions non maîtrisées sur les parcours :**

Pour les pintades, on considère deux types de pintades, on distinguera une valeur minimum et une valeur maximum :

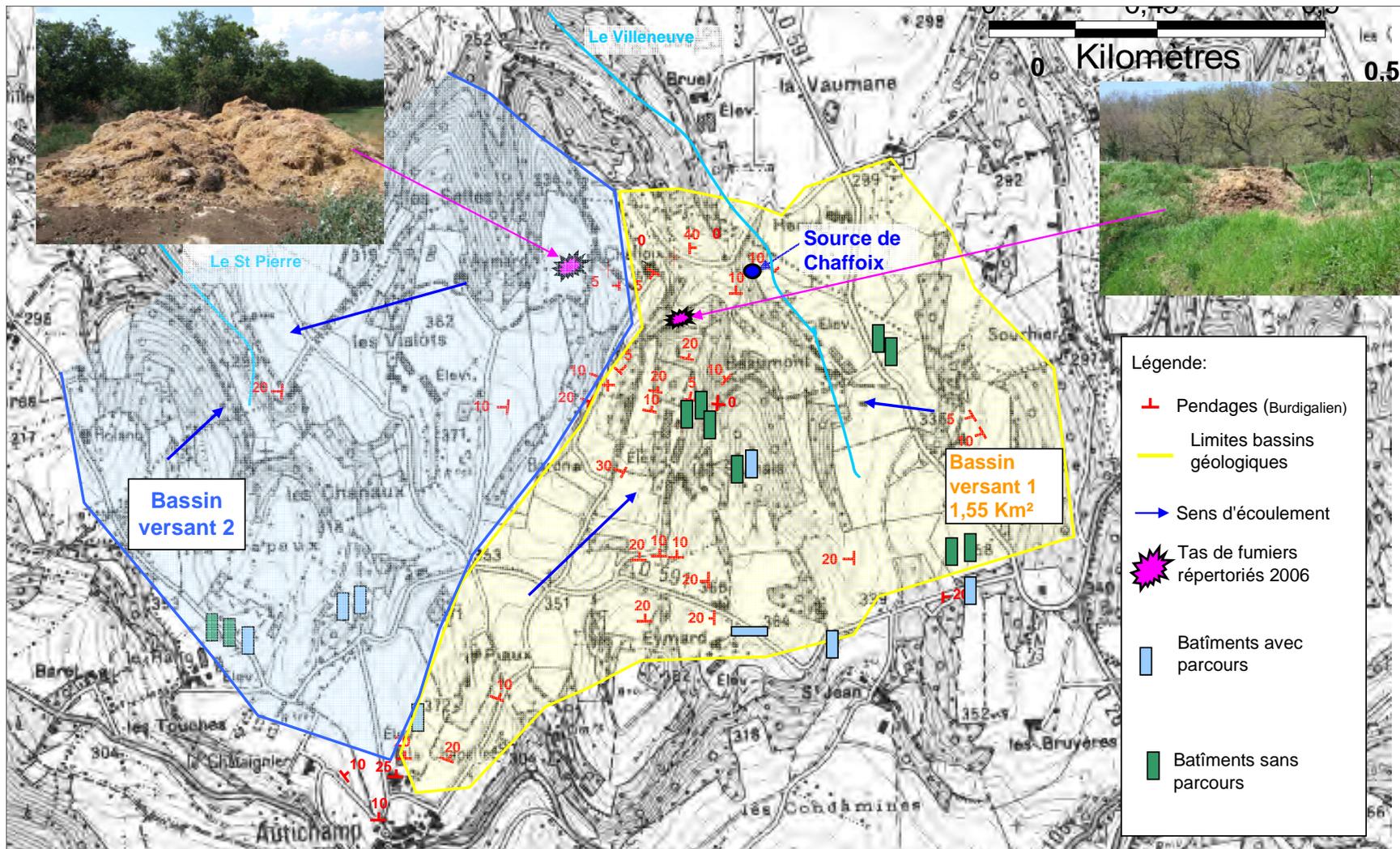
- La pintade produit 12 g d'azote/an sur les parcours, si on multiplie par le nombre de pintades par bandes soit 9534 pintades/bandes, on obtient une quantité d'azote produite de 114,4 Kg d'azote /an soit 503 Kg de nitrates par an.

Si l'on considère que la totalité de ces nitrates produit sur les parcours est lessivée par les eaux infiltrées des pluies efficaces, on trouve alors une concentration de :

$$[\text{NO}_3^-] = 503.10^6 \text{ mg} / 2520.10^3 \text{ l} = 199,6 \text{ mg/l. (valeur min.)}$$

- la pintade qui produit 23 g d'azote/an sur les parcours, si on multiplie par 9354 pintades par bandes, on obtient une quantité d'azote produite de 219,3 Kg d'azote/an soit 964,8 Kg de nitrates/an.

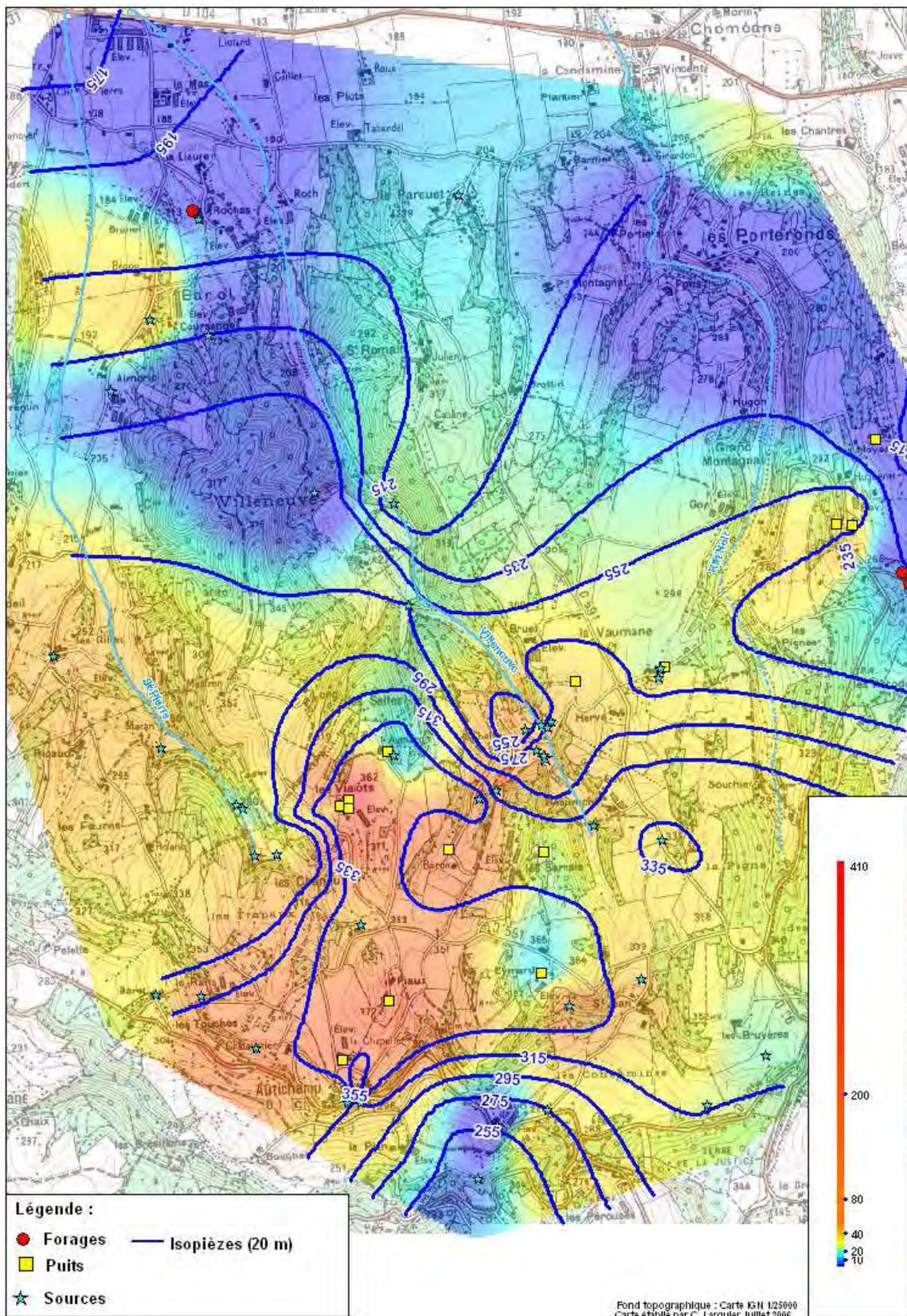
$$[\text{NO}_3^-] = 964,8.10^6 \text{ mg} / 2520.10^3 \text{ l} = 382,9 \text{ mg/l. (valeur max.)}$$



**Annexe 9 : Etude environnementale.**

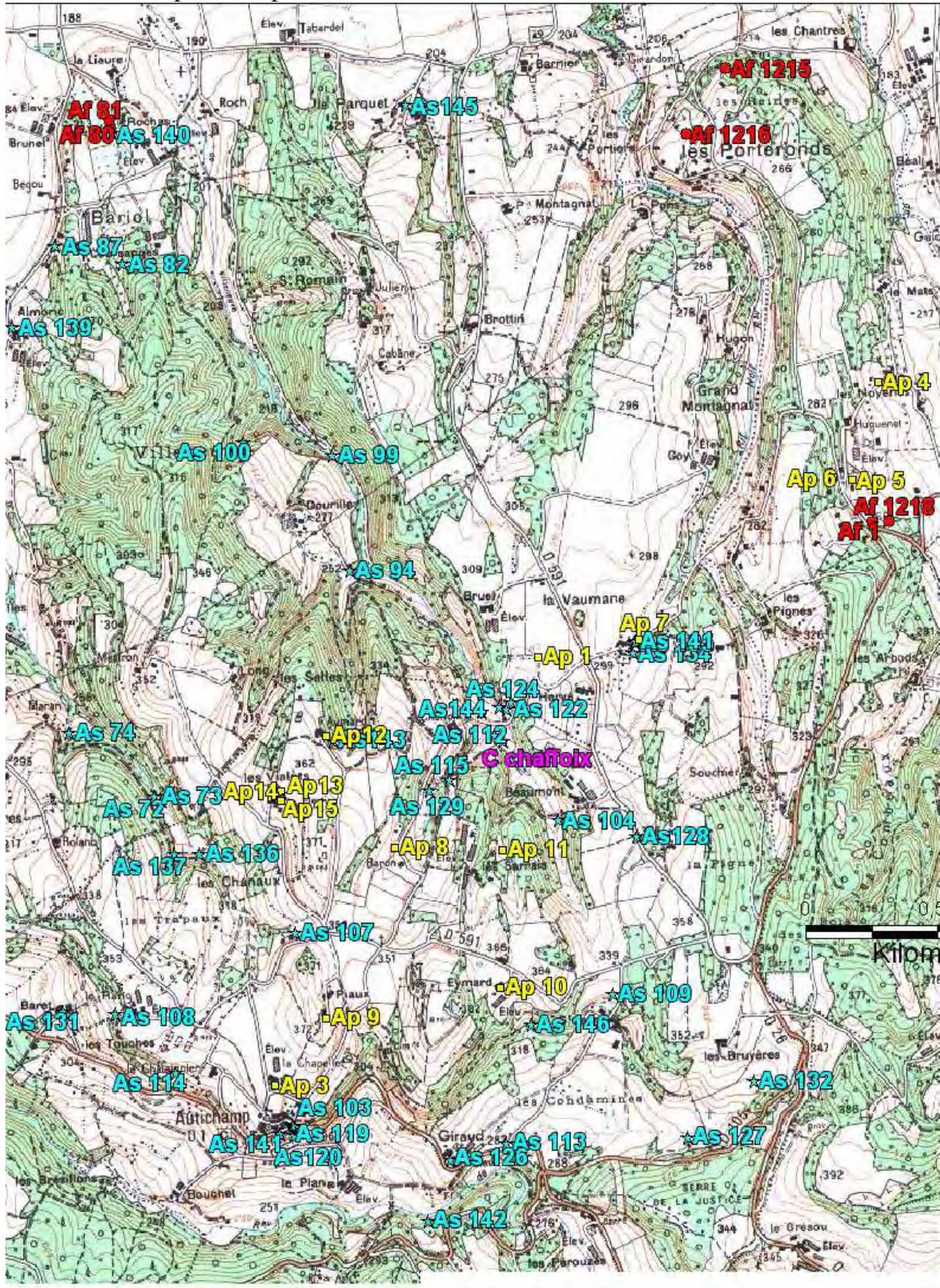
## Annexe 10 :

Carte de la distribution des teneurs en nitrates en Juillet 2006 secteur Autichamp



# Annexe 11 :

Localisation des points de prélèvements :



## ANNEXE 12 : RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX DE SOURCES

Commune	Nom de la source	Code	X (Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	date	Débit (l/min)	Nitrates (mg/l)	pH	Conductivité (µS/cm)	T°	Date	Débit	Nitrates (mg/l)
Autichamp	Fontaine	As 119	808548	1968020	380	20/04/2006	3,33	96,4	7,15	840	13	21/07/2006	1,5	74,8
Autichamp	Fontaine Calade	As120	808490	1967993	317	20/04/2006	8	48,4	7,56	679	12,6	21/07/2006	5	44
Chabrillan	fontaine les gilles	As 121	807220	1969933	248	06/04/2006	2,5	66	7,15		10,1	25/07/2006	Ne coule plus	
Chabrillan	Source Maran	As 74	807688	1969530	281	06/04/2006		61,6	7,8	596	8,2	28/07/2006		48,4
Chabrillan	source haut du St Pierre dans vallon chanaux	As 73	808013	1969285	310	06/04/2006		30,8	7,12	631	8,7	21/07/2006		59,4
Chabrillan	source haut du St Pierre dans vallon chanaux	As 72	808038	1969270	315	06/04/2006		28,6	7,53	634	8,4	21/07/2006	Sec	
Autichamp	source secteur Chaffoix Permingeat	As 122	809370	1969648	278	06/04/2006		61,6	6,91	346	9,9	21/07/2006		57,2
Autichamp	source secteur Chaffoix	As 123	809352	1969622	276	06/04/2006		48,4	7,74	683	9,8	21/07/2006	Prélèvement impossible	
Autichamp	source secteur Chaffoix	As 124	809327	1969630	275	06/04/2006		35,2	6,96	596	10,4	21/07/2006	Prélèvement impossible	
Autichamp	source captée	As 113	809352	1967958	284	06/04/2006		41,8	6,83	800	11,5	25/07/2006		37,4
Autichamp	source captée	As 126	809138	1967893	290	06/04/2006	2	5,72	7,1	412	9,7	21/07/2006	1,5	18
Autichamp	source captée	As 127	810041,9	1967981	320	20/04/2006	6	37,4	7,2	615	11,1	21/07/2006	6	26,4
Chabrillan	source avec un drain	As 100	808350	1970643	269	07/04/2006	1	4,4	7,11	588	9,1			
Chabrillan	source captée	As 94	808755	1970153	275	07/04/2006		26,4	7,2	552	10,6	21/07/2006		27,28
Chabrillan	source captée	As 99	808690	1970595	210	07/04/2006	4,3	30,8	7,06	666	10	21/07/2006	3	2,2
Autichamp	source	As128	809850	1969132	337	20/04/2006	1	49,28				21/07/2006		41,8
Autichamp	Source Barbier	As 112	809305	1969520	275	20/04/2006		70,4	7,34	636	13,6			
Autichamp	Source de chaffoix	AEP	809340	1969500	275			73	7,3	745	13,8	28/07/2006	5,4	70,4

Commune	Nom de la source	Code	X (Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	date	Débit (l/min)	Nitrates (mg/l)	pH	Conductivité (µS/cm)	T°	Date	Débit	Nitrates (mg/l)
Autichamp	Sce au dessus de la source Barbier vallon Sarrais	As 115	809135	1969350	307	20/04/2006	6	99	7,48	657	10,2	21/07/2006	4	88
Autichamp	Sce vallon baron en amont de la mare Barbier	As 129	809060	1969310	340	20/04/2006	7,5	92,4	6,84	692	10,9	21/07/2006	5	96,8
Autichamp	Mare Barbier	Ab 130	809165	1969375	300	20/04/2006		79,2	7,83	628	12,4	21/07/2006		83,6
Roche sur Grane	Source Baret	As 131	807663,9	1968461,6	311	20/04/2006	4,3	42,68	7,57	757	12,7	25/07/2006	Ne coule plus	
Autichamp	Source Lattard	As 108	807861,8	1968453,6	340	20/04/2006		96,8				25/07/2006		110
Autichamp	Source	As 132	810295	1968195	337	20/04/2006	4	27,72	7,75	680	12,9	28/07/2006	4	26,4
Autichamp	source ou drain captée	As 109	809760	1968530	332	20/04/2006		59,4		600	13	25/07/2006		74,8
Autichamp	Source Magnon	As 104	809551,2	1969195,3	302	20/04/2006	6	53,9			13,2	25/07/2006	3	50,6
Autichamp	source	As 134	809834,5	1969835,3	270	21/04/2006	3	44,44	7,38	623	13,1	25/07/2006	2	48,4
Autichamp	source	As 135	809839,5	1969875,7	270	21/04/2006		40,48	7,72	723	12,7	25/07/2006	sec	
Autichamp	source	As 141	809842	1969880	270	21/04/2006	0,166	21,12	8,26	619	8,26	25/07/2006	sec	
Autichamp	Source	As 136	808186	1969068	258	21/04/2006		44,88	7,68	646	11,2	21/07/2006		48,4
Autichamp	source	As 137	808088,9	1969066,2	260	21/04/2006		60,28	7,53	683	12	21/07/2006	Prelevement impossible	
Autichamp	source	As 138	808296,3	1968914,5	318	21/04/2006		74,8	7,25	690	13	21/07/2006	sec	
Chabrillan	drain	As 139	807471,6	1971085	205	21/04/2006		13,2	7,48	541	14	25/07/2006		11
Chabrillan	Source	As 82	807891,6	1971327,9	230	21/04/2006	6	8,8	7,76	536	13,8		6	
Chabrillan	Source	As 87	807636	1971397	205	21/04/2006		55,88	7,23	765	15			
Autichamp	Source	As 114	808094,9	1968228	327,8	27/04/2006	0,3	105,6	8,02	659		25/07/2006	0,2	114,4
Autichamp	Source	As 107	808547,8	1968763,4	344,1	27/04/2006	0,5	66	7,69	668		25/07/2006	0,5	81,4
Autichamp	Source	As 103	808547	1967989	312,9	27/04/2006	50	58,02	7,48	692		25/07/2006	25	48,4
Autichamp	Source	As 141	808540	1968023	365	27/04/2006	0,2	60,72	7,9	782		21/07/2006	0,2	70,4
Autichamp	Source	As 142	809052,8	1967657	245	30/03/2006		7,9	7,56	565	12,6	25/07/2006		9,2
Autichamp	Source	As143	808693,1	1969501	342	16/05/2006	2	18,92	7,5	518		21/07/2006	2	16,72
Autichamp	Source	As144	809257,6	1969613,1	247	16/05/2006	4	70,4	7,11	725	13,4			
Chabrillan	Source	As145	808967,6	1971936,9	212	16/05/2006	33,33	19						
Autichamp	Source	As146	809447,8	1968410,1	310	28/06/2006	0,25	88					0,25	

## ANNEXE RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX DE FORAGES

Commune	Code	Propriétaire	X (Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	Caractéristiques	Géologie:	date	Nitrates (mg/l)	pH	Conductivité ( $\mu$ S/cm)	T <sup>°</sup>	Eau/sol (m)	Piézométrie NGF	date	nitrates (mg/l)
Chabrillan	Af 80	Brunet Quartier Rochas	807846	1971849	208	FORAGE DE 100 M DE PROFONDEUR POMPE A 80 M	forage artésien	21/04/2006	3,52	7,34	574	15		208	25/07/2006	1
Chabrillan	Af 81	Brunet Quartier Rochas	807844	1971879	207	forage de 80 m de profondeur avec la pompe à 60 m	forage artésien prelev impossible		3,52	7,34	574	15		207		
Divajeu	Af 1218	Boime Quartier Rochas	810809	1970341	257	Forage à 20 m avec une pompe l'eau du forage passe dans un ballon		27/04/2006	10,56	7,27	679	15,2			25/07/2006	8,8
Divajeu	Af 1	Quartier Rochas	810747	1970336	260	Forage à 55 m l'an dernier ajout d'une pompe et la profondeur du forage n'était plus que de 45 m comblement par du sable		27/04/2006	17,6	7,81	552	13,4	2		25/07/2006	13
Divajeu	Af 1216	Lingois Quartier les Porterons	810036	1971826	238	Forage à 80 m de profondeur pas de pompe	Pliocène non Miocène probable	27/04/2006	2,2	7,22	108	14,4	24,75	213,25		
Divajeu	Af 1215	Grizon Quartier les Porterons	810186	1972076	230	pas de pompe profondeur inconnue	Pliocène non Miocène probable	27/04/2006	36,08	7,78	441	13,9	22,8	207,2		

## ANNEXE RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX DE PUITs

Commune	Code	Propriétaire	X (Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	date	Nitrates (mg/l)	pH	Conductivité (µS/cm)	T°	Eau/sol (m)	Piézométrie NGF (m)	date	nitrates (mg/l)
Autichamp	Ap 1	Permingeat ferme de la vaumane	809472,7	1969820,2	288	20/04/2006	57,2	6,77	683	15	1,4	286,6	21/07/2006	52,8
Autichamp	Ap 3	Rosier	808470,9	1968175,8	357	20/04/2006	145	7,46	875	14	4	350,5	21/07/2006	105,6
Divajeu	Ap 4	quartier les Noyeries	810768	1970875	230	21/04/2006	9,24	8,18	429	14,4	3,5	226,5		
Divajeu	Ap 5	Bonnard	810670	1970500	270	21/04/2006					7	263		
Divajeu	Ap 6	Vinay	810598	1970508	275	21/04/2006					5	270		
Autichamp	Ap 7	quartier au sud de la vaumane	809857,2	1969885,9	270	21/04/2006					1,55	268,45	25/07/2006	30,8
Autichamp	Ap 8	Grambouillet	808926,3	1969089	330	21/04/2006	123,2	7,2	715	20	2,83	327,17	25/07/2006	105,6
Autichamp	Ap 9	Valschaerts	808668,4	1968433,6	352	27/04/2006	150	7,29	1261	15,5	4	348	25/07/2006	158,4
Autichamp	Ap 10	Eymard	809328	1968553	360	27/04/2006	19,8	7,81	734		5,03	354,97	25/07/2006	17,6
Autichamp	Ap 11	Richaud	809338	1969080	330	27/04/2006	35,2	7,76	707		2,8	327,2	26/07/2006	61,6
Autichamp	Ap12	Delhomme quartier Aymard	808666,1	1969516,5	350	16/05/2006	19,8				9,35	340,65	21/07/2006	16,72
Autichamp	Ap13	Reynaud quartier Les Vialots	808457,2	1969280,6	358	16/05/2006	62	7,75	520		7,27	350,73	25/07/2006	83,9
Autichamp	Ap14	Reynaud quartier Les Vialots	808495,9	1969303,8	361	16/05/2006	316	7,3	1127		7,3	353,7	28/07/2006	473
Autichamp	Ap15	Reynaud quartier Les Vialots	808496,1	1969269	356	06/06/2006	158				4,4	351,6	28/07/2006	187

### ANNEXE 13 : RESULTATS DES ANALYSES DES PESTICIDES

Code	Date	Lieu-dit	NO3 (mg/l)	Atrazine	Déséthylatrazine	DIA	Simazine	Terbuthylazine	Déséthylterbuthylazine	Diuron	Oxadixyl	Somme pesticides (µg/l)
Ap15	28/06/2006	Vialots	158	0,013	0,026							0,039
As 136	28/06/2006	Les Chanoux	44	0,011								0,011
As 108	28/06/2006	EARL du plateau	105	0,011	0,013							0,024
As 120	28/06/2006	village	106	0,033								0,033
Ap 8	28/06/2006	Baron	106	0,011								0,011
AEP	28/06/2006	Chaffoix	72	0,011								0,011
As 109	28/06/2006	St Jean		0,012	0,016							0,028
Ap 10	28/06/2006	Eymard	19	0,013								0,013
As 104	28/06/2006	Beaumont	50,6	0,011	0,013							0,024

## Annexe 14 : PROPOSITION DES POINTS A SUIVRE

Commune	Nom de la source	Code	Propriétaire	X (Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	Caractéristiques
Autichamp	Fontaine	As 119	Mairie	808548	1968020	380	fontaine Source dans village à côté de la mairie
Autichamp	Fontaine Calade	As120	Mairie	808490	1967993	317	Source Fontaine au pied du village d'Autichamp
Autichamp	Source	As 141	Source au bas de la mairie	808540	1968023	365	Source captée dans la cour d'une maison
Chabrillan	fontaine les gilles	As 121		807220	1969933	248	
Chabrillan	Source Maran	As 74		807688	1969530	281	Dans un champ forme un bassin
Chabrillan	source haut du St Pierre dans vallon chanaux	As 73		808013	1969285	310	source dans une forêt en amont du St pierre
Autichamp	source secteur Chaffoix Permingeat	As 122		809370	1969648	278	source captée au milieu d'un champ
Autichamp	source secteur Chaffoix	As 123		809352	1969622	276	Sources dans le bas du champ
Autichamp	source secteur Chaffoix	As 124		809327	1969630	275	source à coté de S 15 bis
Autichamp	bassin	Ab 125	Giraud	809318	1967895	274	bassin réunion de plusieurs sources en amont dont 113
Autichamp	source captée	As 113	Giraud	809352	1967958	284	source captée située à l'angle de la route qui va vers St jean
Autichamp	source captée	As 126	Giraud	809138	1967893	290	source captée dans sa ferme actuellement bouchée donne un petit débit
Autichamp	source captée	As 127	Blache quartier Pérouze	810041,9	1967981	320	source captée dans un cabanon au milieu d'un champ va chez le propriétaire Blache par une canalisation de plus d'un kilomètre de long
Autichamp	source	As128		809850	1969132	337	source en bordure de route protégée par un carré en béton remplie après une période de pluie

Commune	Nom de la source	Code	Propriétaire	X (en Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	Caractéristiques
Autichamp	Puits	Ap 1	Permingeat ferme de la vaumane	809472,7	1969820,2	288	Puits au milieu d'un champ
Autichamp	Source Barbier	As 112	commune	809305	1969520	284	Source au milieu du champ le même que celui où se trouve le captage de Chaffoix
Autichamp	Source de chaffoix	AEP	commune	809340	1969500	281	
Autichamp	Sce au dessus de la source Barbier vallon Sarrais	As 115	Quartier Chaffoix	809135	1969350	307	Source venant du vallon de la ferme des Richaud très importants élevages de volailles
Autichamp	Sce vallon baron en amont de la mare Barbier	As 129	Quartier Chaffoix	809060	1969310	340	Source venant du vallon du baron
Autichamp	Mare Barbier	Ab 130	Quartier Chaffoix	809165	1969375	300	Réunion de plusieurs sources dans la mare prélèvement effectué à la sortie de la mare
Autichamp	Puits Rosier dans l'écurie	Ap 3	Rosier	808470,9	1968175,8	357	Puits situé dans l'écurie de la maison situé au nord du village d'Autichamp
Roche sur Grane	Source Baret	As 131	Bonnet quartier Baret	807663,9	1968461,6	311	fontaine dans la cours d'une ferme source captée dans le bois au dessus
Autichamp	Source Lattard	As 108	Lattard quartier Le rang	807861,75	1968453,6	340	source captée sortant dans sa cave provenant du bois au sud prélèvement au tuyau
Autichamp	Source	As 132	Au sud du quartier Les Bruyères	810295	1968195	337	source captée au milieu d'un champ voir si elle ne vient pas d'ailleurs
Autichamp	source ou drain captée	As 109	Bouchet quartier St Jean	809760	1968530	332	Drain capté canalisation amené jusqu'à la ferme de St Jean captage situé sur un champ travaillé
Autichamp	Source Magnon	As 104	Magnon quartier Beaumont	809551,2	1969195,3	302	Trop plein de la source en aval source captée en amont dans le bois
Autichamp	source	As 134	quartier au sud de la vaumane face au chemin de Chaffoix	809834,5	1969835,3	270	fontaine dans une cours
Autichamp	source	As 135	quartier au sud de la vaumane face au chemin de Chaffoix	809839,5	1969875,7	270	source formée de plusieurs griffons

Commune	Nom de la source	Code	Propriétaire	X (en Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	Caractéristiques
Autichamp	source	As 141	quartier au sud de la vaumane face au chemin de Chaffoix	809842	1969880	270	Source provenant d'un tunnel
Autichamp	Puits	Ap 7	quartier au sud de la vaumane face au chemin de Chaffoix	809857,2	1969885,9	270	Puits prélèvement impossible seul la mesure de la piézométrie
Autichamp	Puits	Ap 8	Grambouillet	808926,3	1969089	330	puits se rechargeant très rapidement possibilité de pomper pendant 1 heure à 2,5 m3 puis arrêt 1 heure et reprise du pompage
Autichamp	Source	As 136	Quartier Les Chanaux	808186	1969068	258	source à coté du jardin
Autichamp	source	As 137	Quartier Les Chanaux	808088,9	1969066,2	260	plusieurs griffons sortent dans le ruisseau
Autichamp	source	As 138	Quartier Les Chanaux	808296,3	1968914,5	318	plusieurs griffons sortent au bout du champ et forme en ruisseau
Autichamp	Source	As 114	Bouchet Quartier Le chataignier	808094,93	1968228	327,8	Source captée en contrebas d'une maison
Autichamp	Source	As 107	Piaux	808547,8	1968763,4	344,1	Source captée derrière la maison arrivant dans un bassin
Autichamp	Source	As 103	Montel quartier Le Plan	808546,97	1967989	312,9	Source captée au bas de la route D166 qui passe au bas du village d'Autichamp source utilisée pour AEP
Autichamp	Puits	Ap 9	Valschaerts	808668,4	1968433,6	352	Puits qui se vide et se renouvelle pas rapidement Puits situé en aval du village
Autichamp	Puits	Ap 10	Eymard	809328	1968553	360	Puits dans le garage
Autichamp	Puits	Ap 11	Richaud	809338	1969080	330	Puits dans un creux de vallée entre les élevages de la ferme des Sarrais non pompé eau stagnante
Autichamp	Source	As 142	Sce Eymard	809052,8	1967657	245	source s'écoulant vers la Grenette

Commune	Nom de la source	Code	Propriétaire	X (en Lambert 2 étalé)	Y (Lambert 2 étalé)	Z altitude NGF (m)	Caractéristiques
Autichamp	Source	As143	Delhomme quartier Aymard	808693,1	1969501	342	Source s'écoulant en contrebas de la maison dans un bassin
Autichamp	Puits	Ap12	Delhomme quartier Aymard	808666,1	1969516,5	350	puits dans la cours de la maison
Autichamp	Source	As144		809257,6	1969613,1	247	Source située en contre bas du champ de captage de Chaffoix
Autichamp	Puits	Ap13	Reynaud quartier Les Vialots	808457,2	1969280,6	358	puits situé dans la grange d'une ferme d'une profondeur de 9 m l'eau est bleu verte.
Autichamp	Puits	Ap14	Reynaud quartier Les Vialots	808495,9	1969303,8	361	puits situé dans le poulailler arrêt de l'activité avicole depuis 5 ans
Autichamp	Puits	Ap15	Reynaud quartier Les Vialots	808531,6	1969199	357	Puits situé dans le jardin en aval du poulailler
Autichamp	Source	As 146	Eymard	809447,8	1968410,1	330	
Divajeu	Forage	Af 1218	Boime Quartier Rochas	810809	1970341	257	Forage à 20 m avec une pompe l'eau du forage passe dans un ballon
Divajeu	Forage	Af 1	Quartier Rochas	810746,7	1970336		Forage à 55 m l'an dernier ajout d'une pompe et la profondeur du forage n'était plus que de 45 m comblement par du sable

# Table des matières

<b>Sommaire</b>	<b>p : 2</b>
<b>Remerciements</b>	<b>p : 4</b>
<b>Rapport d'activité</b>	<b>p : 5</b>
<b>Introduction</b>	<b>p : 7</b>
<b>CHAPITRE A: CADRE DE L'ETUDE</b>	<b>p : 8</b>
<b>I.) Introduction</b>	<b>p : 9</b>
1.1) Cadre géographique et géologique de la plaine de Valence	<b>p : 9</b>
1.1.1) <u>Cadre géographique de la Plaine de Valence</u>	<b>p : 9</b>
1.1.2) <u>Géologie de la Plaine de Valence</u>	<b>p : 10</b>
1.2) Hydrogéologie et hydrologie de la plaine de Valence	<b>p : 12</b>
1.2.1) <u>Hydrologie</u>	<b>p : 12</b>
1.2.2) <u>Hydrogéologie générale</u>	<b>p : 12</b>
1.2.3) <u>Piézométrie</u>	<b>p : 14</b>
<b>II.) L'azote et les pesticides</b>	<b>p : 15</b>
2.1) Le cycle de l'azote dans le sol	<b>p : 15</b>
2.2) Le cycle des pesticides	<b>p : 17</b>
<b>III.) Atteintes qualitatives de la plaine de Valence</b>	<b>p : 18</b>
3.1) Situation des concentrations en nitrates	<b>p : 18</b>
3.2) Situation des concentrations en pesticides	<b>p : 19</b>
3.3) Bilan	<b>p : 20</b>
<b>IV) Présentation du sujet</b>	<b>p : 21</b>
4.1) Définition de la mission	<b>p : 21</b>
4.2) Choix des secteurs	<b>p : 21</b>
<b>CHAPITRE B : SECTEUR AUTICHAMP</b>	<b>p : 22</b>
<b>Introduction</b>	<b>p : 23</b>
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b>	<b>p : 24</b>
<b>I.) Données générales du secteur « Autichamp »</b>	<b>p : 24</b>
1.1) Géologie et Hydrogéologie	<b>p : 24</b>
1.2) Hydrologie	<b>p : 26</b>
1.2.1.) <u>Précipitations moyennes</u>	<b>p : 26</b>
1.2.2.) <u>Bilan hydrologique</u>	<b>p : 27</b>
1.2.3.) <u>Les Réseaux hydrographiques</u>	<b>p : 27</b>
1.3) Hydrochimie	<b>p : 28</b>
1.3.1) <u>Données du suivi des sources par la Chambre d'Agriculture</u>	<b>p : 28</b>
1.3.2) <u>Données géochimique des eaux de la nappe profonde</u>	<b>p : 31</b>

<b>II.) La source Chaffoix</b>	<b>p : 33</b>
2.1) Localisation de la Source Chaffoix	p : 33
2.2) Etude géologique et hydrogéologique du captage de la source de Chaffoix	p : 34
2.3) Débit et Chimie des eaux du captage	p : 35
2.3.1) <u>Débit</u>	p : 35
2.3.2) <u>Chimie des eaux</u>	p : 36
2.4) Evolution des teneurs en nitrates de la source de Chaffoix	p : 36
<b>Partie 2 : Mesures de terrains</b>	<b>p : 38</b>
<b>III.) Terrain : Détermination du bassin versant, débit et piézométrie</b>	<b>p : 39</b>
3.1) Piézométrie	p : 39
3.2) Débits des sources et suivi interannuel du niveau piézométrique	p : 41
3.3) Détermination du bassin versant de la source Chaffoix	p : 42
3.3.1) <u>Bassin versant géologique</u>	p : 42
3.3.2) <u>Utilisation du bilan hydrogéologique</u>	p : 43
<b>IV.) Géochimie des eaux souterraines du secteur</b>	<b>p : 47</b>
4.1) Etude des paramètres physico-chimiques	p : 47
4.1.1) <u>Les eaux des puits</u>	p : 47
4.1.2) <u>Les eaux des sources</u>	p : 47
4.1.3) <u>Les eaux des forages</u>	p : 48
4.2) Etude géochimique des sources	p : 48
4.3) Les campagnes de mesures en nitrates	p : 51
4.3.1) <u>Résultats de la campagne du mois d'Avril</u>	p : 51
4.3.2) <u>Résultats de la campagne du mois de Juillet</u>	p : 51
4.4) Les mesures en pesticides	p : 53
<b>Partie 3 : Interprétations</b>	<b>p : 54</b>
<b>V.) Etudes environnementales : Origine des nitrates</b>	<b>p : 54</b>
5.1) Description du programme d'action	p : 54
5.2) L'assolement	p : 55
5.2.1) <u>Présentation ou situation actuelle</u>	p : 56
5.2.2) <u>Participation à la pollution azotée par les cultures</u>	p : 58
5.3) L'élevage	p : 59
5.3.1) <u>Evolution des élevages</u>	p : 59
5.3.2) <u>Part de la pollution azotée par les élevages</u>	p : 61
5.3.3) <u>Stockage des fumiers</u>	p : 62
5.4) L'assainissement	p : 63
<b>VI) Atteintes qualitative du secteur Autichamp</b>	<b>p : 64</b>
6.1) Origine de la pollution azotée	p : 64
6.2) Interprétation des teneurs en nitrates sur le secteur Autichamp	p : 65
6.2.1) <u>Apport de la géochimie</u>	p : 68
6.2.2) <u>Les élevages sur la commune d'Autichamp</u>	p : 68
6.3) Bilan d'azote sur le bassin versant Chaffoix	p : 70
<b>VII) Bilan et préconisations</b>	<b>p : 74</b>
7.1) Bilan sur le fonctionnement hydrogéologique	p : 74

7.2) Proposition de Gestion de la Ressource	p : 74
7.2.1) <u>Mesures à prendre</u>	p : 74
7.2.2.) <u>Suivi</u>	p : 74
<b>Conclusion</b>	p : 77
<b>Bibliographie</b>	p : 78
<b>Annexes</b>	p : 80
<b>Tables des matières</b>	p : 81
<b>Tables des annexes</b>	p : 10
<b>Tables des cartes</b>	p : 10
<b>Tables des figures</b>	p : 10
<b>Tables des photos</b>	p : 10

### **Tables des annexes**

Annexe 1 : Données météorologique Autichamp	p : 82
Annexe 2 : Carte piézométrique du secteur Autichamp mois de Juillet 2006	p : 83
Annexe 3 : Plan du captage de Chaffoix	p : 84
Annexe 4 : Etude HYDROC	p : 85
Annexe 5 : Carte assolement 2002/2003	p : 88
Annexe 6 : Quantité produite par animal	p : 91
Annexe 7 : Données de la CORPEN	p : 92
Annexe 8 : Carte de la distribution des teneurs en nitrates en Juillet 2006 secteur Autichamp	
Annexe 10 : Localisation des points de prélèvements	p : 94
Annexe 11: Résultats des points de suivi de prélèvements des nitrates	p : 95
Annexe 12: Résultats des points de suivi de prélèvements des pesticides	p : 99
Annexe 13 Résultats des points de suivi de prélèvements des pesticides	p : 100

### **Table des figures**

Figure 1-1: Localisation de la plaine de Valence.	p : 9
Figure 1-2 : Carte et Coupe géologique interprétative de la plaine de Valence.	p : 11
Figure 1-3 : Carte des différentes alluvions dans la plaine de Valence. (Rémi de La Vaissière, modifiée)	p : 13
Figure 1-4 : Carte piézométrique de la plaine de Valence (Rémi de La Vaissière, 2006, modifiée)	p : 14

Figure 1-5 : Schéma du cycle de l'azote dans le sol	p : 15
Figure 1-6 : Schéma du cycle des pesticides dans le sol (Barriusso et al. 1996)	p : 16
Figure 1-7 : Carte des teneurs en nitrates des eaux de la nappe molassique (Rémi de la Vaissière 2006, modifiée.)	p : 17
Figure 1-8 : Section d'écoulement A (Rémi de la Vaissière)	p : 18
Figure 1-9 : Carte des teneurs en pesticides de la Plaine de Valence	p : 19
Figure 1-10 : localisation des trois secteurs d'étude	p : 21
Figure 2-1 : Carte géologique du secteur d'étude d'Autichamp. (Carte géologique de Crest au 1/50 000)	p : 24
Figure 2-2 : Coupe géologique interprétative du secteur Autichamp	p : 26
Figure 2-3 : Données météorologique d'un agriculteur de la commune d'Autichamp de 1999-2005	p : 27
Figure 2-4 : Suivi du débit des ruisseaux du Villeneuve et du Rift Noir. (Données Chambre d'Agriculture).	p : 28
Figure 2-5 : Suivi de la Chambre d'Agriculture des teneurs en nitrates des différentes sources du secteur d'Autichamp.	p : 30
Figure 2-6 : Faciès des eaux des forages	p : 31
Figure 2-7 : Suivi de la Chambre d'Agriculture des teneurs en nitrates des différentes sources du secteur d'Autichamp.	p : 30
Figure 2-7 : Carte des points de prélèvements des sources et des forages (pointillés noirs limite du secteur d'étude)	p : 32
Figure 2-8 : Carte du bassin versant topographique de la source Chaffoix (limite rouge) et limite du bassin versant délimité par la Chambre d'Agriculture (trait bleu)	p : 34
Figure 2-9 : Coupe géologique interprétative du captage de Chaffoix.	p : 35
Figure 2-10 : Suivi des teneurs en nitrates de la source de Chaffoix depuis 1980 (données DDASS)	p : 36
Figure 2-11 : Evolution des bâtiments d'élevages sur la commune d'Autichamp. (Données mairie)	p : 37
Figure 2-12 : Carte piézométrique du secteur d'Autichamp réalisée en Avril-Mai 2006	p : 40
Figure 2-13 : Evolution du débit des sources du secteur Autichamp entre Avril et Fin Juillet 2006 (1, 2, 3 entités hydrogéologiques)	p : 41
Figure 2-14 : Suivi des débits de la source Chaffoix (données Mr Eymard)	p : 41
Figure 2-15 : Coupe géologique et hydrogéologique interprétative de l'entité (1)	p : 42
Figure 2-16 : Carte du bassin versant de Chaffoix et ses sources (Fond de carte IGN)	p : 43
Figure 2-17 : Carte des Bassins versants sur la commune d'Autichamp	p : 44
Figure 2-18 : Faciès des eaux de sources	p : 48
Figure 2-19 : Evolution des teneurs en Mg en fonction des teneurs en Ca des sources	p : 49
Figure 2-20 : Relation entre concentration en nitrates dans les puits et leurs distances par rapport aux bâtiments d'élevages (trait pointillé rouge limite de potabilité de 50 mg/l).	p : 51

Figure 2-21 : Schéma de pollution des puits dans le quartier Les Vialots.	p : 52
Figure 2-22 : Figure du fractionnement de l'azote dans les fumiers d'élevages. (Données Chambre Agriculture « Just'Azote »)	p : 56
Figure 2-23 : Evolution des reliquats d'azote sur les 6 parcelles.	p : 57
Figure 2-24 : Evolution des quantités de fumiers sur Autichamp.	p : 61
Figure 2-25 : Diagramme somme des pesticides en fonction des teneurs en nitrates (pointillé = limite de potabilité).	p : 64
Figure 2-26 : Faciès des eaux des eaux profondes et des eaux superficielles. (Diagramme de Piper)	p : 65
Figure 2-27 : Coupe interprétative du fonctionnement hydrogéologique du secteur Autichamp.	
Figure 2-28 : Carte des teneurs en nitrate Avril 2006 sur le secteur d'Autichamp (pointillés noir limites communale)	p : 67
Figure 2-29 : Carte de la distribution des teneurs en nitrates sur Autichamp Juillet 2006 (pointillée limites communales)	p : 69
Figure 2-30 : Différentes pollutions produites par ha sur le bassin versant de Chaffoix.	p : 71
Figure 2-41 : Schéma de la pollution engendrée par les élevages	p : 72
Figure 2-52 : Part des pollutions de chaque surface	p : 73
Figure 2-33 : Simulation de différentes pollutions engendrées par le lessivage des parcelles sur le bassin versants de Chaffoix.	p : 74

### **Tables des tableaux**

Tableau 1-1 : Nombre d'analyse dépassant le seuil analytique de 0,02 µg/l par substance analysée (46 points échantillonnées).	p : 19
Tableau 2-1 : Hauteurs moyennes des précipitations entre 1921-1970 à la station météorologique de Crest. (Données météo-France).	p : 26
Tableau 2-2 : Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des forages	p : 31
Tableau 2-3 : Paramètres physico-chimiques moyens de la source Chaffoix (mg/l)	p : 36
Tableau 2-4 : Débit des sources As 115 et As 129	p : 45
Tableau 2-5 : Paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain des puits (Avril 2006)	p : 46
Tableau 2-6 : Paramètres physico-chimiques mesurées sur le terrain des sources (Avril 2006).	
Tableau 2-7 : Paramètres physico-chimiques mesurées sur le terrain des forages (Avril 2006).	
Tableau 2-8 : Résultats des paramètres Physico-chimiques des 9 sources sur Autichamp.	p : 48
Tableau 2-9 : Concentrations en nitrates des points prélevées lors de la campagne d'Avril 2006 (mg/l).	p : 50
Tableau 2-10 : Concentrations en nitrates des points prélevées lors de la campagne de Juillet 2006 (mg/l).	p : 50
Tableau 2-11 : Résultats des puits et leurs environnements.	p : 51

Tableau 2-12 : Résultats campagnes pesticides du 28 juin 2006 sur Autichamp (molécules pesticides exprimées en µg/l et nitrates en mg/l). p : 53

Tableau 2-13 : Rendement de blé d'un agriculteur de la commune d'Autichamp. (Données Chambre d'Agriculture). p : 57

Tableau 2-14 : Reliquats sur 6 parcelles du bassin versant de Chaffoix à Autichamp (valeur exprimée en unité (Kg) par hectare) (Données Chambre d'Agriculture). p : 57

Tableau 2-15 : Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles (Document de travail du CORPEN 4/07/1996) (Azote Produit en g/animal). p : 60

Tableau 2-16 : Bilan des concentrations en nitrates des eaux infiltrées à la surface des parcours. p : 62

### **Tables des photos**

Photo 2-1 : Photos d'affleurements de l'Oligocène p : 25

Photo 2-2 : Photo de la source AEP De Chaffoix p : 33

