



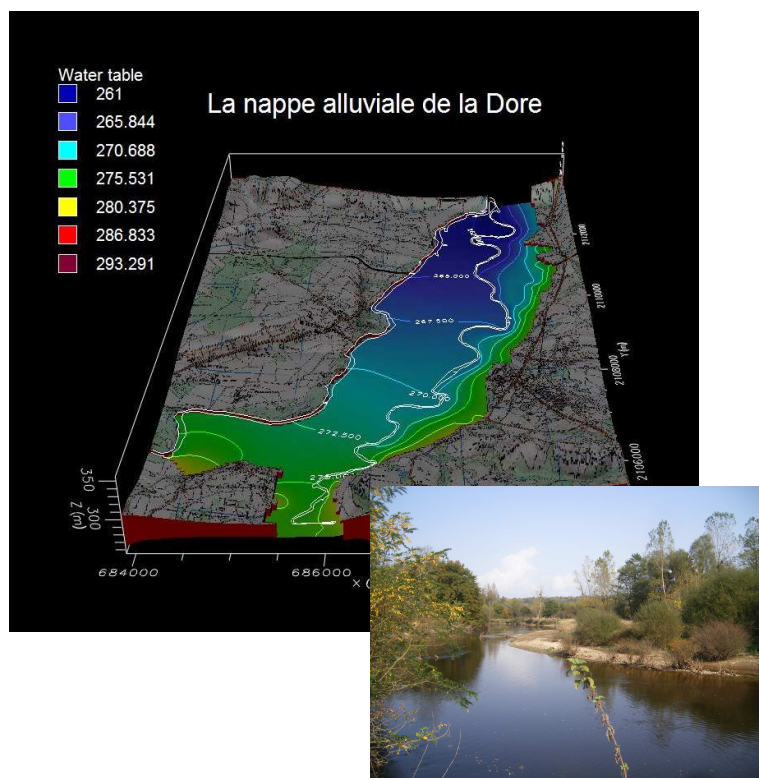
ARMINES – ÉCOLE DES MINES
DE SAINT-ÉTIENNE



Rapport BRGM
RP-57417-FR

Connaissance et préservation des ressources en eau de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore

Rapport Final
Septembre 2009



Commanditaire :

Avec le soutien financier :



Propriétaire du rapport : Parc Naturel Régional Livradois Forez

Coordonnées complètes : Maison du Parc 63880 - Saint Gervais-sous-Meymont

Interlocuteur : Melle Emmanuelle Faure

Contrat n° :

Date : 8 Septembre 2009

Titre : ***Connaissance et préservation des ressources en eau de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore***

Statut : Rapport provisoire ☐ Rapport intermédiaire ☐ Rapport final ☒

Auteur(s) :

C. BERTIN – BRGM

12, avenue des Landais – 63170 AUBIERE

D.MIMOUN – D.GRAILLOT

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne – 158 cours Fauriel 42000 SAINT-ETIENNE - ARMINES – 60, bd St Michel – 75006 PARIS

Nombre d'exemplaires édités : 12

Diffusion :

-nombre de volume(s) : 2

-nombre de pages du rapport hors annexes : 118

-nombre de figures(s) : 26

-nombre d'annexe(s) : 9

Mots clés : ressources en eau, hydrogéologie, simulation, flux hydrauliques

Sommaire

I. Rappel du contexte.....	9
II. Objet du Programme de recherche	11
III. Résultats obtenus.....	13
IV Description du site	17
IV.1 Contexte physique général du bassin versant de la Dore.....	17
IV.2 La basse plaine de la Dore	20
IV.3 Occupation du sol.....	30
IV.4 Climatologie.....	30
V. Données hydrogéologiques	43
V.1 Description des sources de données	43
V.2 Construction du modèle numérique de données.....	46
VI. Fonctionnement du système aquifère.....	51
V.1 Piézométrie moyennes eaux (sans influence des pompages)	51
VII. Caractéristiques de la nappe alluviale.....	55
VII.1 Epaisseur mouillée de la nappe alluviale.....	55
VII.2 Perméabilité de la nappe alluviale	56
VII.3 Transmissivité de la nappe alluviale.....	61
VIII. Modélisation de la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore	63
VIII.1 Description du modèle mathématique	63
VIII.2 Calage du modèle en régime permanent	72
VIII.3 Restitution de la piézométrie par le modèle	73
IX Détermination des zones aquifères à fort potentiel et des vulnérabilités associées	77
IX. 1 Cartographie des zones potentielles aquifères	78
IX. 2 Détermination de la vulnérabilité de la ressource en eau.....	86
IX. 3 Qualité des eaux souterraines et sources de pollution potentielles	95
X Scénarii d’exploitation de la ressource en eau	103
X.1 Rappel des débits prélevés	104
X.2 Rappel des objectifs de débit du SDAGE sur la Dore.....	104
X.3 Franchissement des débits d’objectifs du SDAGE.....	105
X.4 Simulations	107
XI Conclusions et recommandations.....	115
XII Résumé / Synthèse de l’étude	116

- Liste des figures –

<i>Figure 1 : localisation des ouvrages pouvant faire l'objet d'une mesure piézométrique (d'après la BSS du BRGM et les visites de terrain en août 2008).</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2 : Présentation du secteur d'étude. Les traits pointillés de couleur rouge délimitent la plaine alluviale de la basse vallée de la Dore. Ils figurent la zone d'étude (fond de carte : Université Jean Monnet)</i>	<i>19</i>
<i>Figure 3a : carte géologique simplifiée de la plaine alluviale de la Dore –secteur amont. Le substratum imperméable est constitué par des formations sédimentaires d'âge oligocène (C et RCgS : sable argileux, g3M : calcaire argileux, marne). Les traits rouges indiquent la position des coupes hydrogéologiques réalisées (P2, P3, P4)......</i>	<i>22</i>
<i>Figure 4 : coupe géologique et géomorphologique interprétative de la plaine alluviale de la Dore.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 5 : altitude moyenne du toit des formations alluviales de la vallée de la Dore (d'après la notice de la carte géologique au 1/50 000 Thiers). Les coupes géologiques orientées Est-Ouest sont replacées sur le graphique.</i>	<i>29</i>
<i>Figure 6 : diagramme ombrothermique (station climatologique de Puy-Guillaume.</i>	<i>31</i>
<i>Figure 7 : mesure D-GPS à l'aide de 2stations d'acquisition. La base D-GPS a été positionnée sur une borne géodésique IGN distante à 5 km à vol d'oiseau du site d'étude. Les valeurs sont acquises par le GPS mobile. Le traitement des données sur le code –position des satellites) et sur la base permet d'avoir une précision d'ordre centimétrique en x, y et z. Dans les zones à couvert végétal dense, l'acquisition des données est difficile (satellites masqués) ce qui oblige à dégrader la précision des données.</i>	<i>34</i>
<i>Figure 8 : profil en long de la Dore entre Courpière et la confluence avec l'Allier (situation basses eaux).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 9 : Répartition mensuelle des débits de la Dore à la station de Dorat (année 2005)..</i>	<i>35</i>
<i>Figure 10 : courbe de tarage (station de Dorat)</i>	<i>36</i>
<i>Figure 11 : diagramme de répartition des débits prélevés pour l'AEP (bassin versant de la Dore).</i>	<i>38</i>
<i>Figure 12 : localisation des captages d'AEP sur le bassin versant aval de la Dore (source DDASS). Le trait noir correspond à la limite du bassin versant de la Dore, les traits en pointillés orange délimitent la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore.</i>	<i>39</i>
<i>Figure 13 : localisation des points de prélèvement d'eau pour l'AEP et les activités industrielles au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore....</i>	<i>40</i>

<i>Figure 14 : représentation des données brutes utilisées pour l'élaboration de la cartographie du substratum. On observe parfois une grande disparité des valeurs entre les sources de données.</i>	48
<i>Figure 15 : construction du Modèle Numérique d'Élévation du toit du substratum pour la zone comprise entre Pont Astier et la confluence avec l'Allier</i>	49
<i>Figure 16 : réalimentation de la nappe alluviale par le Riau-des-Noyès, ancien canal reliant la Dore à l'Allier.</i>	52
<i>Figure 17 : carte d'implantation des points d'eau et esquisse piézométrique (27/05/99). Source étude de vulnérabilité des captages du Felet – ville de Thiers – Horizon.</i>	59
<i>Figure 18, 18a, 18b, 18c : carte de localisation des trois modèles hydrodynamiques construits pour la plaine alluviale de la Dore. La taille des mailles des modèles est fixée à 50m. Les zones modélisées sont représentées en couleur jaune (alluvions récentes de la Dore)</i>	65
<i>Figure 19 : carte des perméabilités</i>	70
<i>Figure 20 : visualisation des flux à proximité d'une rivière colmatée en liaison hydraulique avec la partie superficielle d'un aquifère et représentation dans le modèle hydrodynamique.</i>	72
<i>Figure 21a, 21b, 21c : piézométrie calculée en régime permanent (situation moyennes eaux)</i>	74
<i>Figure 22 : localisation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, des anciens sites industriels et activités de service, des sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) implantés au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore.</i>	96
<i>Figure 23 : localisation des stations d'épuration implantées au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore</i>	97
<i>Figure 24 : localisation des principales voies de communication de la basse vallée de la Dore.</i>	98
<i>Figure 25 : Localisation des deux champs de captage. Les 6 puits marqués par des points de couleur rouge sont représentés par A, B, C pour le champ de captage de Noahlat et D, E, F pour le champ de captage de Dorat. Les traits de couleur bleue représentent la piézométrie basses eaux ; les traits de couleur noire représentent la piézométrie avec les champs de captage en activité.</i>	110
<i>Figure 26 : Nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE pour la période 1991-2008 pour le cas d'un prélèvement supplémentaire de 50 l/s. Le graphique du haut indique les variations de débits journaliers de la Dore au point nodal. L'échelle des débits est volontairement recentrée sur les faibles débits. Les traits de couleur verte, jaune et rouge représentent respectivement le DOE, le DSA et le DCR. Le graphique du bas représente le nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs. Les flèches noires indiquent les nouvelles situations.</i>	112

- Liste des cartes (hors texte)

Carte 1 : Carte du toit du substratum de la basse vallée alluviale de la Dore.

Carte 2 : Carte d'inventaire des points d'eau (code national BRGM).

Carte 3 : Carte piézométrique établie en moyennes eaux (sans influence des pompages)

Carte 4 : Localisation des pompages (d'après Etude CETE 63)

Carte 5 : Carte des épaisseurs mouillées de la nappe alluviale en moyennes eaux (sans influence des pompages)

Carte 6 : Carte des perméabilités

Carte 7 : Carte des transmissivités de la nappe alluviale

Carte 8 : Carte des zones à fort potentiel aquifère

Carte 9 : Carte de vulnérabilité de la nappe alluviale

I. Rappel du contexte

La Dore s'écoule sur environ 140 km et constitue l'un des principaux affluents en rive droite de l'Allier. Son bassin versant, d'une superficie de 1707 km², s'étend sur trois départements : le Puy-de-Dôme, la Haute-Loire et la Loire. La nappe alluviale de la Dore, dans sa partie aval notamment (de Courpière à la confluence avec l'Allier), représente une ressource importante mais peu connue du bassin de la Dore. Celle-ci, exploitée pour l'alimentation en eau potable de certaines collectivités, pour les usages industriels et pour l'irrigation des terres agricoles, subit des contraintes d'ordre quantitatif et qualitatif.

Conformément à sa charte, le Parc naturel régional Livradois Forez a pour mission d'élaborer le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Dore. Dans ce cadre, le Parc naturel régional Livradois Forez souhaite, dans le cadre de ce projet de recherche, connaître le fonctionnement hydrodynamique de la nappe alluviale et les potentialités de cet aquifère afin de gérer au mieux la ressource en eau et ses différents usages.

Cette proposition d'étude est présentée conjointement par le Centre Sciences, Information et Technologies pour l'Environnement de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et le Service Géologique Régional Auvergne du BRGM.

Dans le domaine de l'Eau, et en tant que Service Géologique Français, le BRGM est le conseiller technique des Ministères intervenant dans ce domaine – Ecologie et Développement Durable, Santé, Industrie, Agriculture et leurs représentations régionales – et des Agences de l'Eau. Il intervient également auprès des collectivités locales, des villes et agglomérations, des syndicats..., ainsi que pour d'autres acteurs dans le domaine de l'eau.

Le BRGM possède un savoir faire en matière de qualité des eaux acquis dans le cadre de ses activités de recherche, de service public et de ses actions à l'International.

Dans le domaine de la « recherche », les actions du BRGM portent plutôt sur la compréhension des mécanismes de la dégradation de la qualité des eaux souterraines. Elles concernent, en particulier, l'étude de leurs caractéristiques chimiques naturelles (fond géochimique) ou induites par l'homme (pollutions diffuses, pollutions industrielles, impact minier) et leurs traitements correspondants.

Avec le centre Sciences, Information et Technologies pour l'Environnement (SITE) de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (ENSME-SE), spécialisé dans l'étude des processus dynamiques naturels liés aux eaux souterraines et de surface, l'Association pour la Recherche et le Développement des Méthodes et Processus Industriels (ARMINES) dispose de personnel compétent, des moyens et un savoir faire adapté à cette thématique.

En conséquence, le Service Géologique Régional Auvergne du BRGM et l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne se sont associés afin d'optimiser leurs expériences et leurs compétence dans ce domaine de la gestion de la ressource en eau.

II. Objet du Programme de recherche

Le projet s'intéresse à la nappe alluviale de la Dore et aux ressources en interdépendance hydraulique (nappe, cours d'eau, étangs, etc.) de la Dore entre la sortie des gorges (commune de Courpière) et la confluence avec l'Allier (commune de Ris).

Le projet est découpé en trois phases distinctes qui se succèdent chronologiquement dans le temps :

- Phase A : Diagnostic du fonctionnement de la nappe alluviale de la Dore,
- Phase B : Elaboration de la modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et la confluence Dore – Allier,
- Phase C : Simulation hydrodynamique du fonctionnement de la nappe

Il s'agit d'utiliser le modèle de nappe pour simuler l'impact hydraulique attendu des prélèvements sur la nappe alluviale et sur les débits de la rivière pour différents scénarii d'exploitation envisagés et différentes conditions : tendance au rabattement de nappe, modification locale des directions d'écoulement en nappe, variation du débit et baisse du niveau d'eau dans la rivière. On identifiera d'une part les secteurs présentant le meilleur potentiel d'exploitation de la nappe en proposant des seuils à ne pas dépasser et des débits sécuritaires et on identifiera d'autre part les secteurs sensibles aux perturbations des écoulements souterrains en lien avec les études sur la dynamique fluviale de la Dore¹.

¹ Fonctionnement et dynamique d'un système fluvial de moyenne montagne cristalline : le bassin de la Dore, H. CUBIZOLLES, 1994

La Dore et sa vallée : approche géo-historique des relations homme- milieu fluvial, H. CUBIZOLLES, 1997.
Etude CEPA – CRENAM 2008

III. Résultats obtenus

- Phase A : Diagnostic du fonctionnement de la nappe alluviale de la Dore

Le diagnostic s'est essentiellement appuyé sur l'étude réalisée en 1989² par le BRGM et le CETE. Ces travaux portent en effet sur la totalité de la nappe d'accompagnement de la rivière Dore.

Afin de mettre à jour les connaissances sur la nappe alluviale et ses relations avec la rivière dans le secteur Courpière/ bec de Dore, d'autres sources de données ont été consultées :

- les avis disponibles des hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique
- un dossier de demande d'autorisation d'exploitation de carrière sur la commune d'Orléat
- les banques de données des organismes de recherche (Banque du sous sol BSS- du BRGM), les services de l'état (DDASS, DDAF), la DIREN Auvergne, DRIRE, CETE ainsi que la chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme, le Conseil Général du Puy-de-Dôme, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

L'ensemble des ouvrages de prélèvements tous usages confondus (AEP, industrie, agriculture) ont fait l'objet d'un inventaire exhaustif et ont été reportés sur un extrait de carte IGN au 1/25000.

L'ensemble des données collectées a permis de confectionner les différentes cartes notamment la carte piézométrique de la basse vallée alluviale de la Dore.

- Phase B : Elaboration de la modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et la confluence Dore-Allier

L'exploitation des données acquises et recensées dans la phase A a permis d'élaborer une carte piézométrique « moyennes eaux » détaillée identifiant les écoulements souterrains au droit du site : direction d'écoulement, vitesse, gradient hydraulique.

Plusieurs cartes thématiques ont été créées sous SIG :

- les principales formations alluviales,
- le toit du substratum imperméable,
- l'épaisseur de l'aquifère alluvial,

² Répartition des ressources en eau et en granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore.

- les charges piézométriques,
- les transmissivités et la porosité des alluvions,
- le profil en long de la Dore et de l'Allier.

Ces cartes ont été intégrées sous forme d'un atlas local cartographique accompagné d'un texte explicatif. Elles constituent un préalable indispensable à l'étape de modélisation hydrodynamique par différences finies de la nappe alluviale.

Dans le cadre de cette étude, une modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale pour la plaine alluviale de la Dore a été réalisée. Il s'agit de trois modèles déterministes à mailles carrées de 50 m fonctionnant en régime permanent.

Les modèles ont été calés sur les données piézométriques fournies par l'étude CETE correspondant à l'étiage 1976. Il prend en compte les débits de pompage prélevés dans les différents champs de captage.

Ils ont été vérifiés et recalés sur les mesures piézométriques réalisées par le BRGM en août 2008.

Préalablement aux mesures de terrain, une extraction de la base de données sur le sol et le sous-sol (BSS) du BRGM a été réalisée afin de localiser les points d'eau (puits forages, piézomètres) pouvant faire l'objet d'une mesure de niveau d'eau.

Un total de 110 ouvrages implantées dans la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore ont été identifiés (fig. 1). Soixante-quatre ouvrages ont été recherchés mais seuls 21 ont pu être mesurés. Certains ouvrages n'ont en effet, pas pu être retrouvés et pour certains la mesure n'a pas pu être réalisée essentiellement à cause de problèmes d'accessibilité. De nouveaux puits, non référencés en BSS ont été repérés.

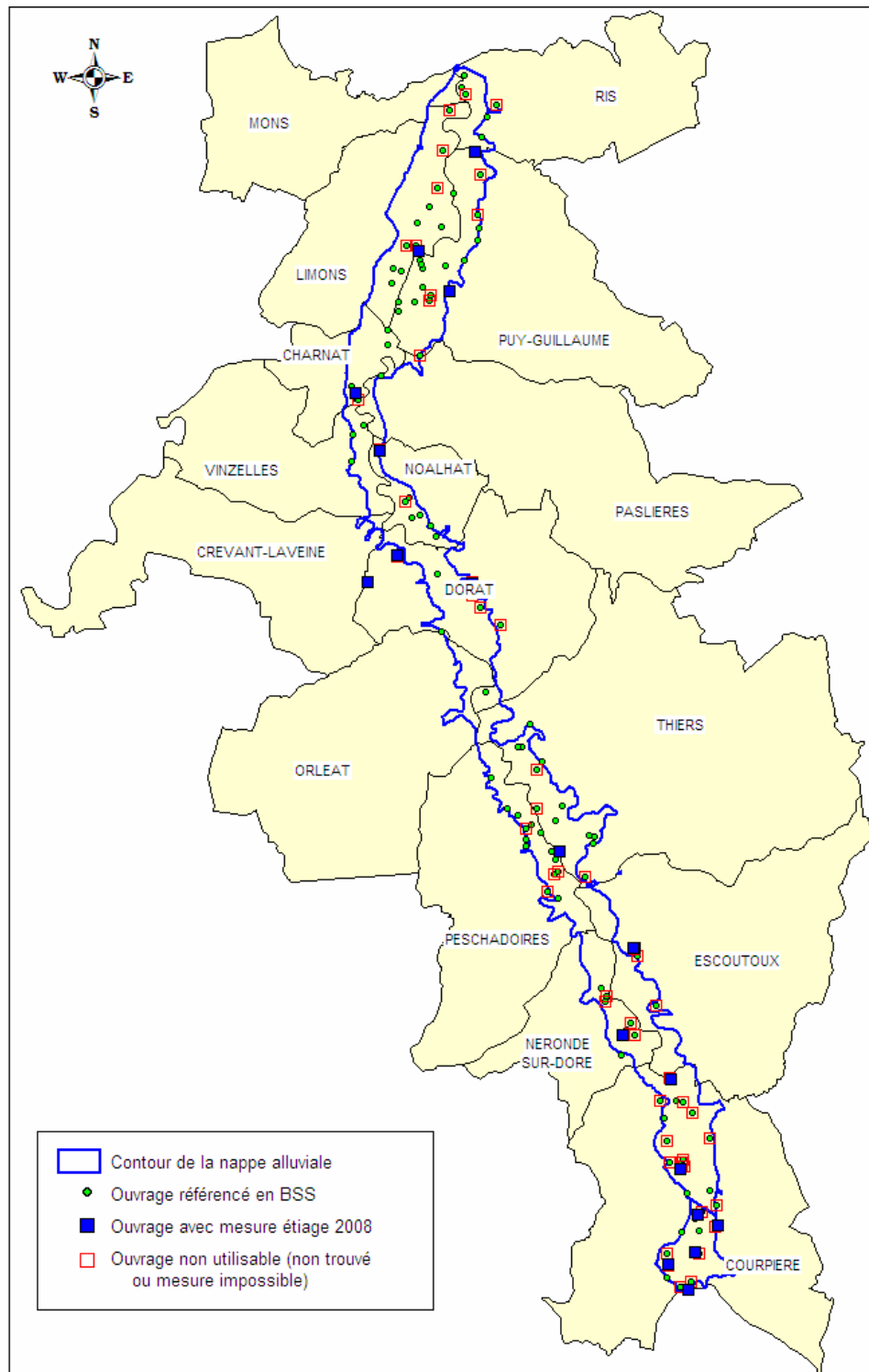


Figure 1 : localisation des ouvrages pouvant faire l'objet d'une mesure piézométrique (d'après la BSS du BRGM et les visites de terrain en août 2008).

Phase C : simulation hydrodynamique du fonctionnement de la nappe

La cartographie des zones potentielles aquifère de la plaine alluviale de la Dore ainsi que la cartographie des zones de vulnérabilité ont été réalisées.

Les scénarii possibles de gestion de la ressource en eau de la nappe alluviale de la Dore ont été définis lors de la réunion de présentation du bilan intermédiaire de l'étude. Ils s'appuient d'une part sur les études prospectives de l'INSEE (évolution de la population et des besoins en eau) et d'autre part intégrera les contraintes environnementales (occupation des sols dans la plaine alluviale de la Dore, zones à dynamique fluviale modérée).

Deux scénarii jugés prioritaires par les acteurs de l'eau ont été retenus. Ils concernent l'évaluation de l'impact sur la ressource en eau d'une augmentation des prélèvements au niveau des champs de captage existants et de l'implantation d'un nouveau champ de captage dans les zones identifiées à fort potentiel aquifère. Pour ce dernier cas, les débits de prélèvements des captages en nappe ont été optimisés.

IV Description du site

IV.1 Contexte physique général du bassin versant de la Dore

Le bassin versant de la Dore est localisé dans la moyenne montagne granitique du Massif Central oriental (fig. 2). De forme très allongée, il s'étire sur 88 km du sud au nord alors que sa largeur varie de 18 à 30 km. Sa superficie est de 1707 km².

D'un point de vue topographique, deux grands ensembles peuvent être distingués :

- **un secteur montagneux** tout d'abord qui occupe les 5/6 de l'espace et dont les plus hauts sommets culminent à plus de 1500 m sur les hautes terres des Monts du Forez. Ce secteur comprend les massifs du Livradois et du Forez ainsi que la partie nord des plateaux de la Chaise-Dieu et le versant ouest des Bois Noirs.
- **la basse vallée de la Dore** qui constitue le prolongement oriental de la Grande Limagne clermontoise qui s'étend plus à l'ouest. Les altitudes s'abaissent ici à moins de 500 m et jusqu'à 263 m aux confins septentrionaux du bassin.

Du point de vue de la structure géologique, le bassin de la Dore se décompose en deux domaines distincts :

- **le domaine granitique** qui correspond à la montagne ; c'est un massif ancien d'âge primaire (de -540 MA à -245 MA) constitué de roches magmatiques (granites) et de roches métamorphiques (anatexites), les gneiss et les migmatites. Seul le fossé tectonique d'Ambert se différencie avec son remplissage de sédiments sableux à sablo-argileux tertiaires dont les plus anciens sont âgés de 34 MA. La trame tectonique est très dense. Elle comprend trois directions de failles : N-S, NO-SE et NE-SO. Beaucoup de ces failles existent depuis l'époque primaire mais la plupart ont rejoué au Tertiaire (-65 millions d'années, -2.8 millions d'années), notamment en liaison avec l'orogénèse alpine.
- **le fossé tectonique de la Limagne** est l'autre grande entité géologique. C'est un prolongement vers l'est de la grande Limagne clermontoise. Ce bassin, qui s'est individualisé à l'Oligocène, soit entre -34 et -24 millions d'années, est comblé par de puissants dépôts lacustres ou saumâtres. Ces formations géologiques sont constituées de

sables et d'argiles d'âge stampien avec localement des faciès détritiques sous forme d'arkoses et de grès feldspathiques. D'un point de vue hydrogéologique ces formations Oligocènes correspondent au substratum imperméable.

Le contact entre les deux domaines géologiques présente trois aspects différents :

- A l'est il s'agit d'un escarpement de ligne de faille puissant dont le commandement peut dépasser les 300m,
- Au sud le passage à la montagne se fait plus progressivement mais la retombée du massif du Livradois sur la Limagne reste bien visible dans le paysage,
- Au nord et au nord-ouest, l'interfluve qui sépare les eaux de la Dore de celles de l'Allier est matérialisé par de vastes lambeaux de vieilles terrasses fluviales ; la grande Limagne clermontoise prend alors le relais de la Limagne orientale avec des paysages topographiquement moins variés et beaucoup plus plans.

La Dore est un cours d'eau de la moyenne montagne granitique du Massif Central oriental. Elle est le plus important des affluents de la rive droite de l'Allier. Elle prend sa source dans le massif du Livradois à l'altitude de + 1065 m (commune de St Bonnet le Bourg dans le Puy de Dôme). Après un parcours de 138 km, elle se jette dans l'Allier au niveau du pont de Ris.

Dans son haut parcours, la rivière s'écoule dans des gorges essentiellement granitiques séparées par le petit bassin tertiaire d'Ambert. La pente du lit de la rivière est forte. Le profil en long du cours d'eau est marqué par une succession de mouilles et de petits rapides.

A Courpière, la Dore sort du horst granitique d'Olliergues pour entrer dans le bassin de Courpière. La rivière devient alors méandriforme et s'écoule dans une plaine alluviale, dont la largeur passe d'environ 1 km à Courpière à près de 4 km au niveau de la confluence.

Le secteur faisant l'objet de cette étude correspond à la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore, à l'entrée de Courpière (altitude + 315 m) jusqu'à la confluence avec l'Allier (altitude + 263 m), ce qui correspond sensiblement à 40 km.
--

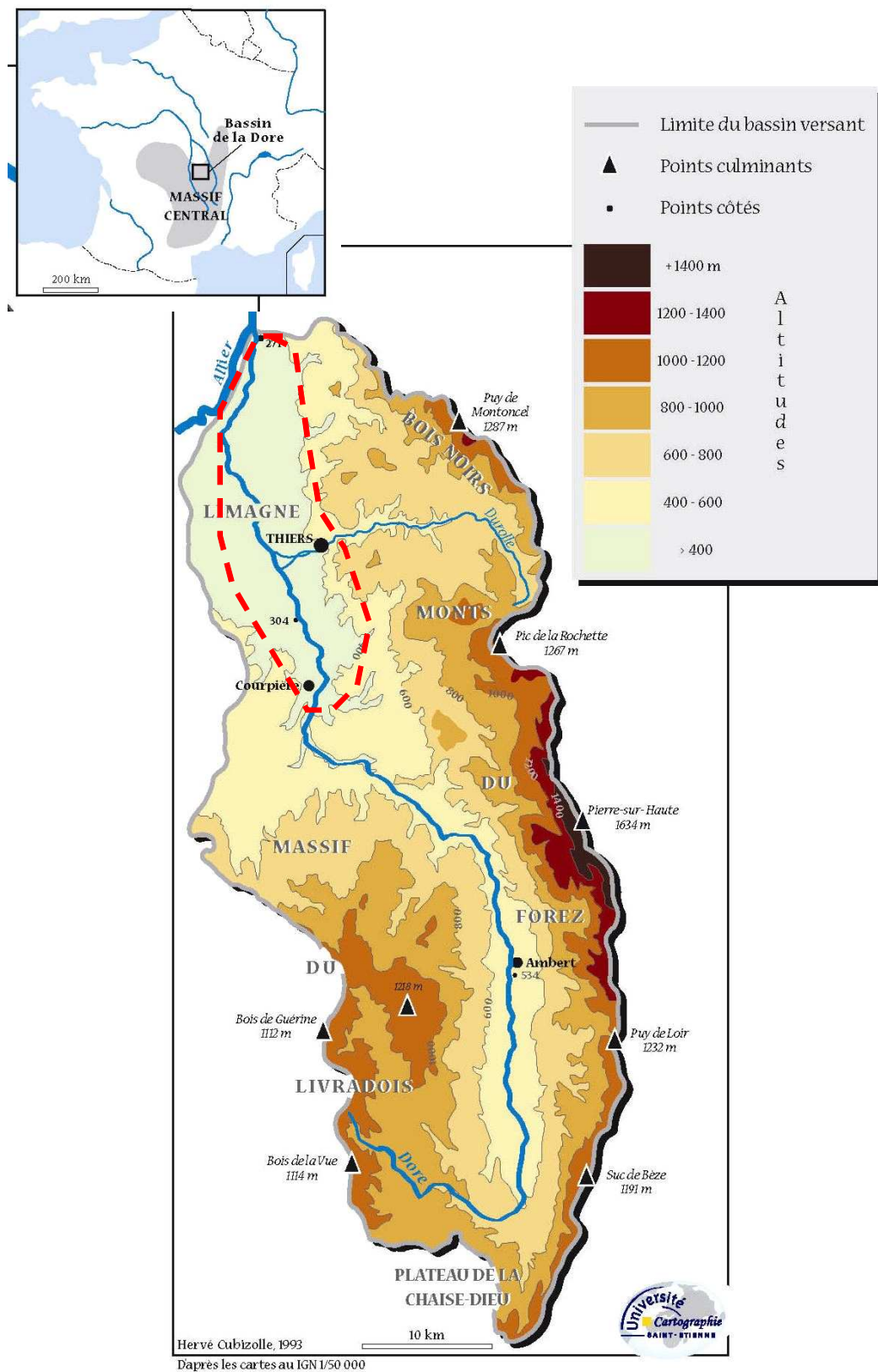


Figure 2 : Présentation du secteur d'étude. Les traits pointillés de couleur rouge délimitent la plaine alluviale de la basse vallée de la Dore. Ils figurent la zone d'étude (fond de carte : Université Jean Monnet)

IV.2 La basse plaine de la Dore

La basse plaine de la Dore correspond au prolongement vers l'est de la plaine de Limagne. Elle s'apparente davantage à un piémont qu'à une véritable plaine car les surfaces véritablement planes occupent des superficies modestes. Les affluents de la Dore s'encaissent parfois assez fortement dans les terrains tertiaires et sur les terrasses alluviales de la Dore. Les altitudes quant à elles excèdent rarement 400 m. On peut toutefois opposer la rive droite, plus montueuse, à la rive gauche, à la topographie plus plane.

En rive droite, se développe une sorte de piémont dégagé dans les formations sédimentaires tertiaires. Il raccorde la plaine alluviale à l'escarpement forézien. Les cours d'eau s'encaissent parfois de plusieurs dizaines de mètres et la pente moyenne de leur vallée varie de 1 ‰ à 3 ‰. L'irrégularité de la topographie est accentuée par la présence de nombreux lambeaux de terrasses alluviales largement disséquées et de cônes de déjection construits au débouché des ruisseaux dans la plaine de la Dore (Cubizolle et al. 2001).

En rive gauche on distingue trois secteurs :

- Au nord les formations alluviales actuelles et anciennes donnent une topographie plane et les limites entre les bassins de l'Allier et de la Dore sont difficiles à définir ;
- Dans la partie médiane les anciennes surfaces alluviales sont disséquées par un réseau hydrographique relativement dense qui laissent ainsi affleurer les terrains sédimentaires tertiaires. Quoique modestes, les pentes sont donc un peu plus significatives.
- Au sud, enfin, les altitudes se relèvent en direction du massif du Livradois pour atteindre rapidement, puis dépasser, les 500 m ; les cours d'eau s'encaissent nettement.

L'entrée de la rivière Dore dans sa basse vallée à Courpière est marquée par la rupture du profil en long ; la pente diminuant brutalement au sortir des gorges. La Dore traverse sa basse vallée en suivant une direction globalement subméridienne. Le tracé du cours d'eau est sinueux, localement méandrique, mais il comporte aussi quelques tronçons subrectilignes

La plaine alluviale est encore étroite à l'amont, 500-700 m, mais elle s'élargit rapidement pour atteindre 1 km au niveau de Pont-de-Dore puis 1,3 km vers Noalhat et enfin 2,4 km à la latitude des Grands Bardins trois kilomètres au nord de Puy-Guillaume.

D'un point de vue géomorphologique, la basse vallée de la Dore comporte un certain nombre de lambeaux de terrasses constitués de sables et de galets. Il est cependant difficile de repérer sur le terrain les différents niveaux qui formaient ces terrasses car la topographie est peu marquée et les dénivelés sont relativement faibles. En outre, chaque terrasse qui correspond à un cycle sédimentaire bien individualisé comportant une phase négative de creusement et une phase positive de remblaiement a été formée aux dépens des terrasses plus anciennes, et a été plus ou moins démantelée par la suite au profit de terrasses plus récentes.

Les cartes géologiques 1/50 000 Feuille de THIERS et de MARINGES ont permis de proposer une carte géologique simplifiée des formations alluviales de la basse vallée de la Dore (fig 3a et 3b).

Quatre coupes géologiques et géomorphologiques orientées Est-Ouest et réparties le long du cours d'eau permettent de préciser la nature des contacts entre les formations (fig 3a et 3b). Ces coupes s'appuient sur les 4 profils tirés de l'interprétation des sondages électriques de la moyenne vallée de la Dore réalisés dans le cadre de l'étude CETE 63 (fig 4, profil P4, P3, P2, P1 et P0).

Ces **alluvions reposent sur des formations sableuses argileuses d'âge oligocène** notées C, RCgS et g3M sur la carte géologique. Ces formations constituent le substratum imperméable.

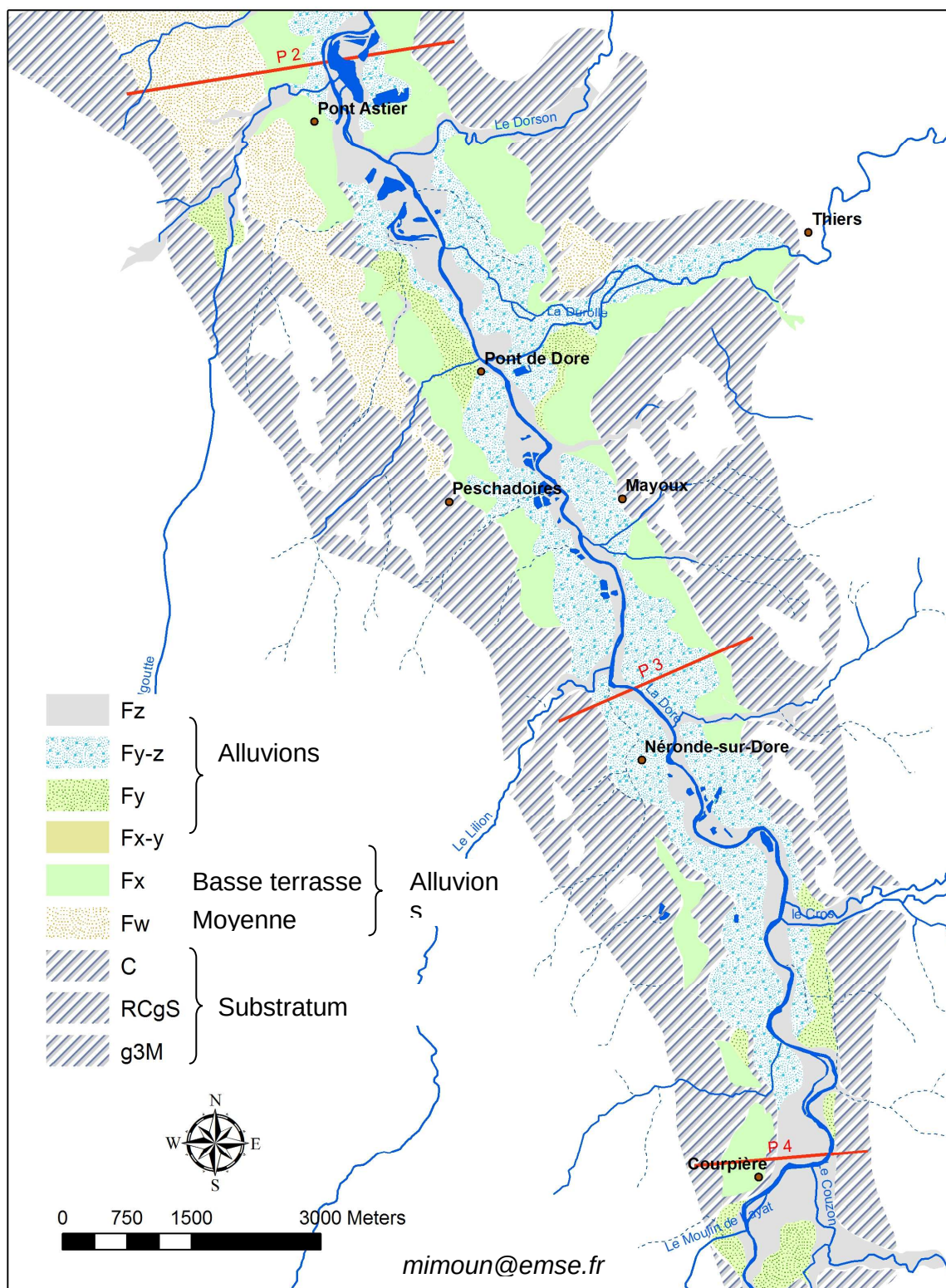


Figure 3a : carte géologique simplifiée de la plaine alluviale de la Dore –secteur amont. Le substratum imperméable est constitué par des formations sédimentaires d’âge oligocène (C et RCgS : sable argileux, g3M : calcaire argileux, marne). Les traits rouges indiquent la position des coupes hydrogéologiques réalisées (P2, P3, P4).

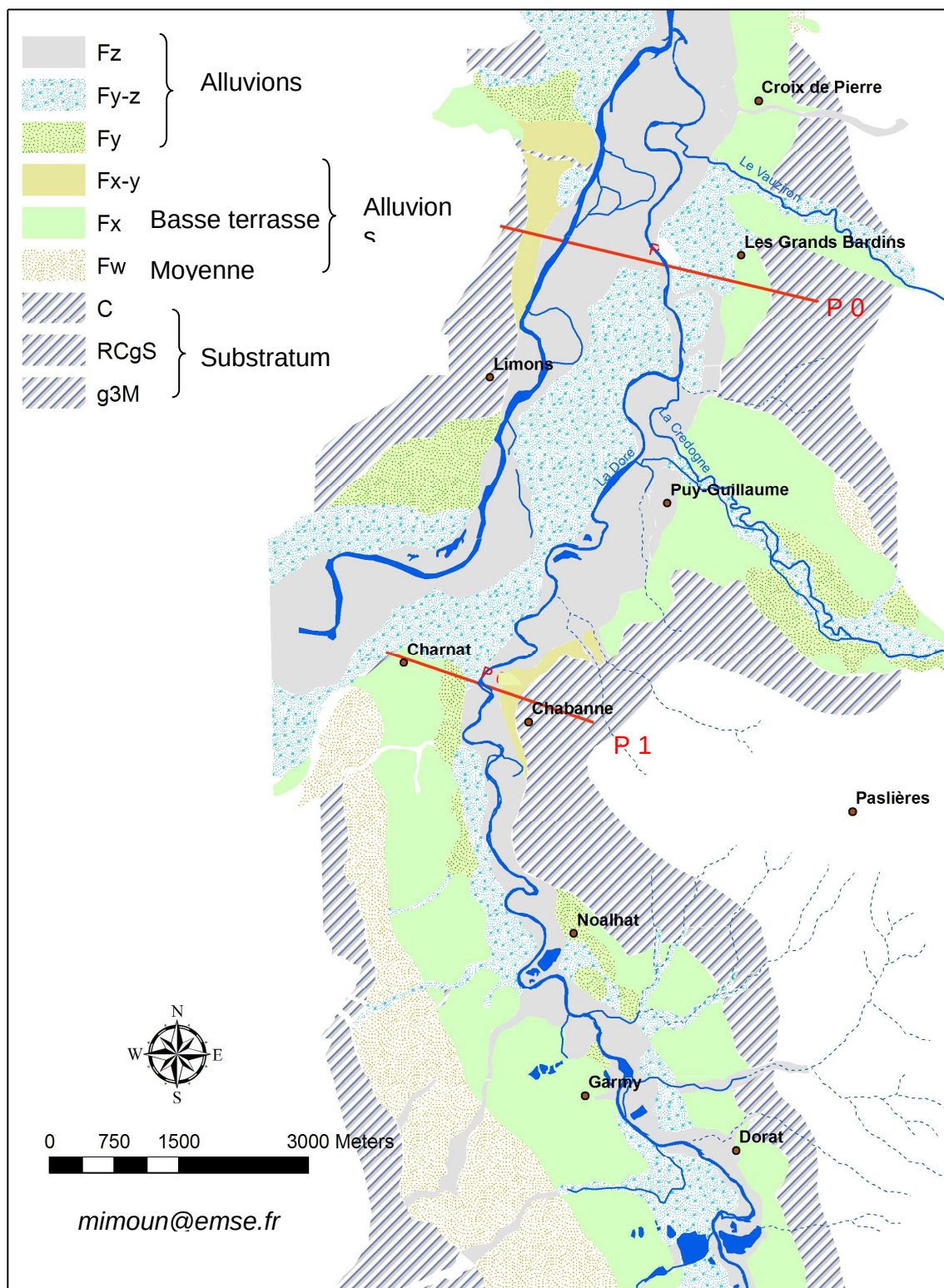


Figure 3b : carte géologique simplifiée de la plaine alluviale de la Dore –secteur amont. Le substratum imperméable est constitué par des formations sédimentaires d'âge oligocène (C et RCgS : sable argileux, g3M : calcaire argileux, marne). Les traits rouges indiquent la position des coupes hydrogéologiques réalisées (P0 et P1).

IV.2.1 Le substratum

La carte du toit du substratum ([carte 1](#)) montre une topographie monotone et irrégulière. Il affleure en rive droite et gauche de la Dore. Le toit du substratum passe d'une altitude de 320 m au niveau de Courpière pour s'abaisser à 260 m au niveau de la confluence avec la Dore.

Dans la partie amont de la basse vallée de la Dore entre Courpière et Noalhat, le toit du substratum est relativement horizontal le long de l'axe de la rivière sur une largeur d'environ 1 km puis remonte brutalement en direction des versants. Entre Peschadoires et Charnat les pentes sont toutefois plus modestes en rive gauche.

Dans la partie aval comprise entre Charnat et la confluence, le toit du substratum est relativement plat.

Utilité par le modèle de nappe alluviale

- connaissance de l'épaisseur de l'aquifère
- influence de l'inclinaison du substratum et des zones sur creusées sur les isopièzes
- limite inférieure du modèle de nappe

IV.2.2 Les terrasses de la Dore dans sa basse plaine

Six niveaux de terrasses ont été identifiés :

- les **alluvions actuelles et sub-actuelles** notées Fz, Fy-z et Fy sur la carte géologique constituées de sables hétérométriques, de graviers et de galets. Ces alluvions sont uniquement constituées de granites, de gneiss ou de schistes métamorphiques. Ils se distinguent très nettement des alluvions de l'Allier en raison de l'absence quasi-totale d'éléments volcaniques, en dehors d'une très faible proportion venue par voie éolienne au moment des éruptions tardives de la chaîne des Puys.

L'épaisseur des alluvions Fz et Fy-z est relativement constante : 3 à 4 m en amont de Néronde-sur-Dore, 4 m en aval de Pont de Dore. L'épaisseur des alluvions est plus importante au niveau des confluences : 6m au droit de la confluence avec la rivière Durolle, 9 m dans la vallée du Dorson au niveau de Pont Astier.

Les alluvions Fy caractérisées par une fraction plus sableuse ne sont présentes qu'au niveau de Courpière et vers Pont de Dore. Leur épaisseur peut atteindre 18 m. Par rapport au lit actuel de la Dore, ces alluvions sont perchées à environ +12 m.

- les **alluvions anciennes formant la basse et la moyenne terrasse** notées Fx-y, Fx et Fw sur la carte géologique.

Les alluvions Fx réduites à quelques lambeaux en amont de la basse vallée de la Dore (entre Courpière et Néronde) s'étendent à partir de Pont d'Astier. L'épaisseur est d'environ 10 m et leur altitude par rapport au lit actuel est de +15 m.

Les alluvions Fw n'ont été conservées qu'à partir de Peschadoires et prennent un développement important en rive gauche de la Dore en aval de Pont Astier. Leur altitude par rapport au lit actuel est de + 40 m. Leur épaisseur varie entre 30 et 35 m.

Les coupes géologiques réalisées montrent l'étagement des terrasses anciennes et récentes en 7 niveaux pour la basse plaine de la Dore ([fig 5](#)).

L'épaisseur moyenne de la couche des alluvions récentes est de 5 à 6 m en moyenne vers Courpière, de 4 à 5 m au niveau de Pont-de-Dore et de 6 à 8 m au droit de Puy Guillaume.

Utilité par le modèle de nappe alluviale

- connaissance de l'épaisseur de l'aquifère et par déduction des transmissivités
- identification des formations les plus aquifères qui sont les plus perméables

PROFIL P 4

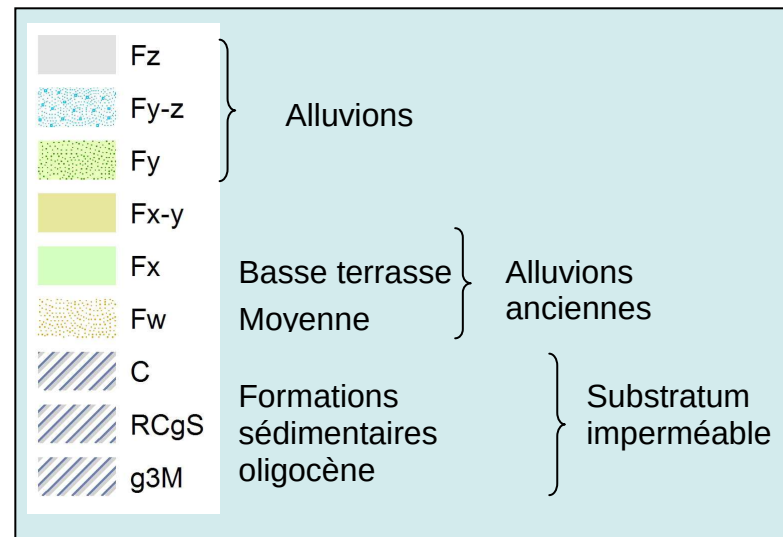
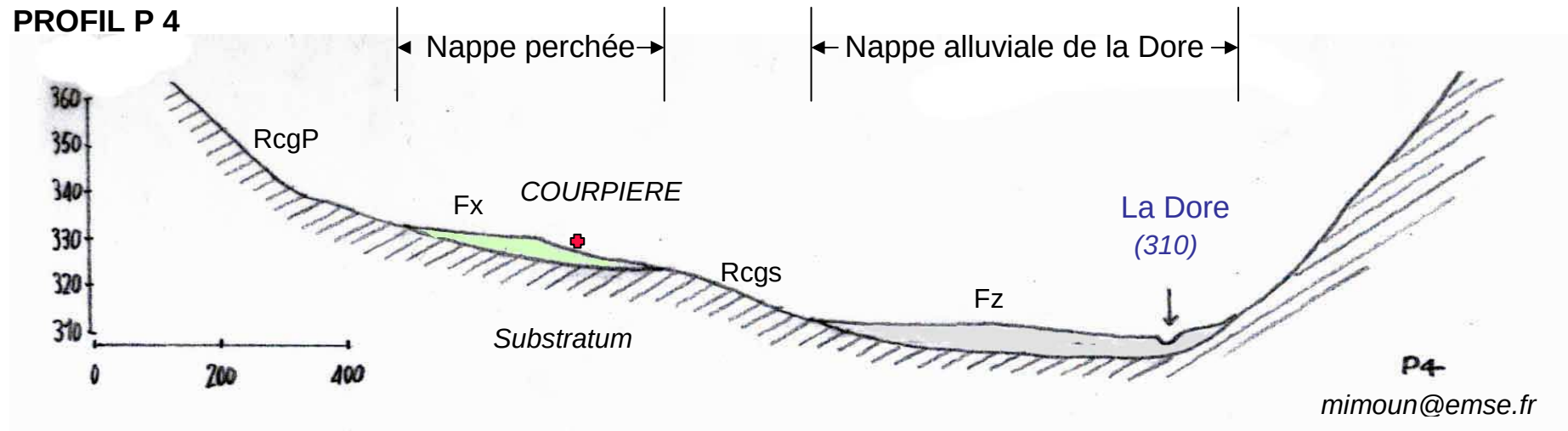


Figure 4 : coupe géologique et géomorphologique interprétative de la plaine alluviale de la Dore

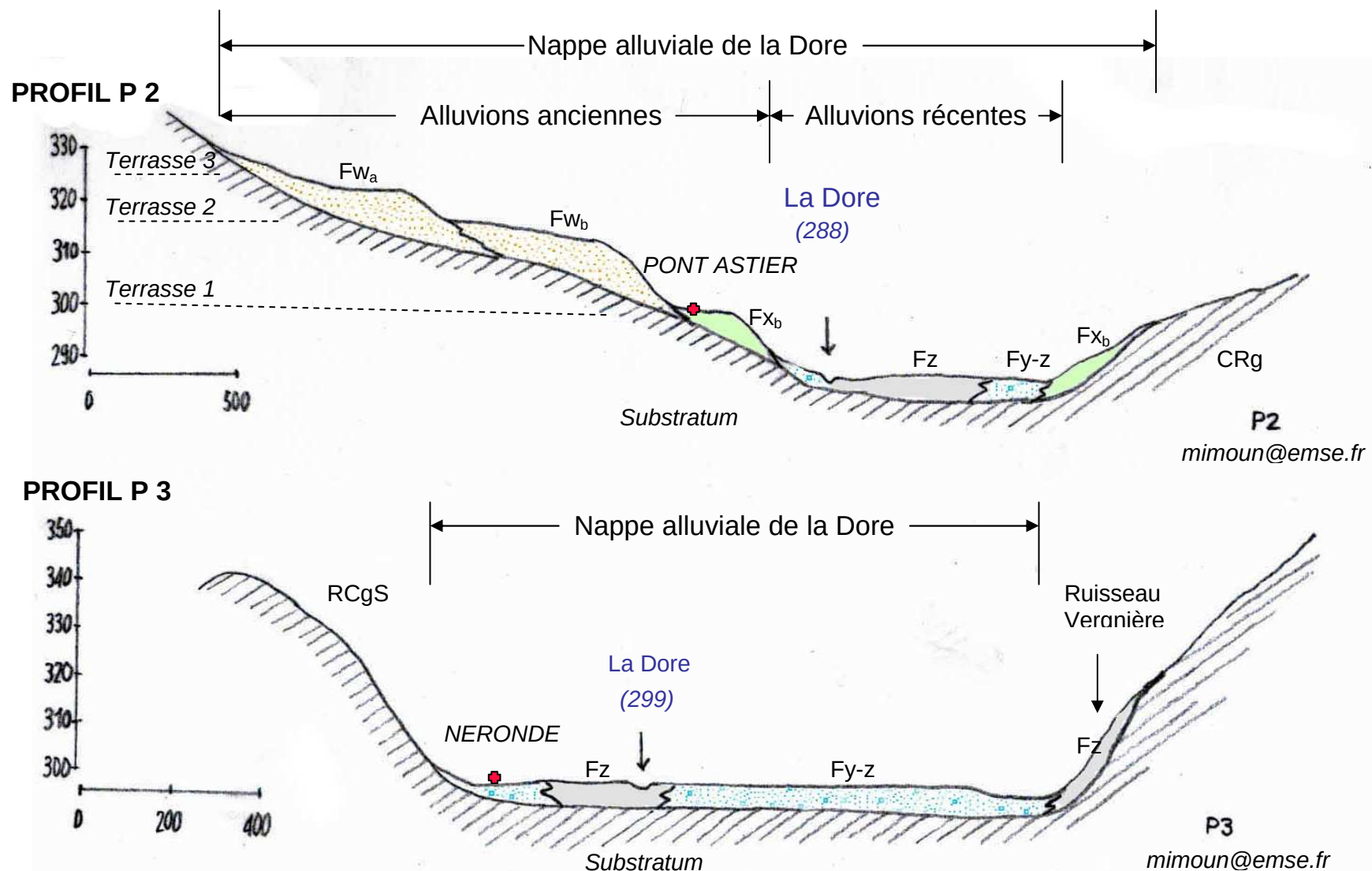
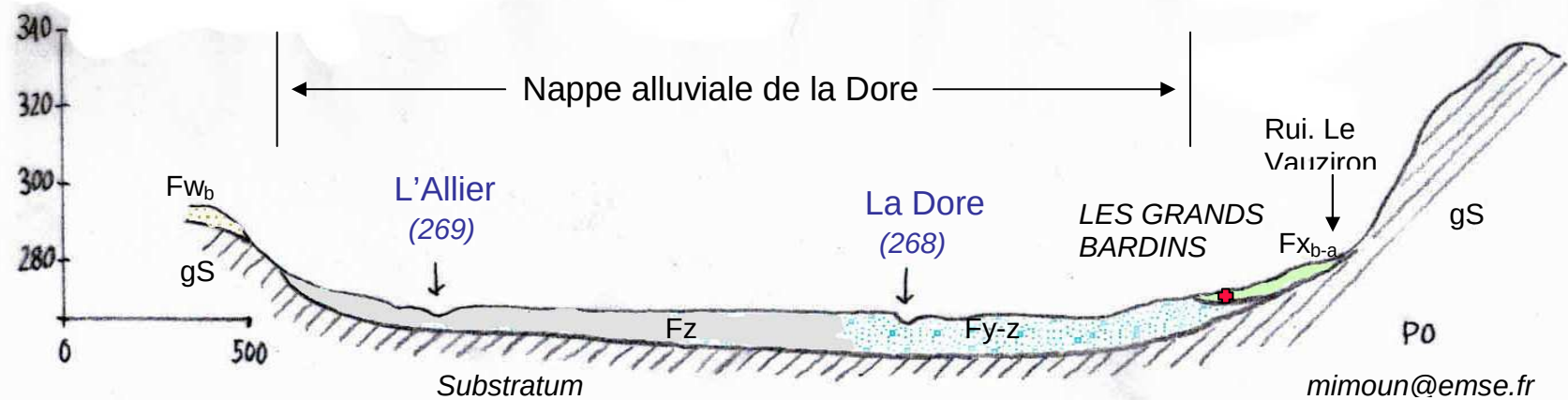


Figure 4 : coupe géologique et géomorphologique interprétative de la plaine alluviale de la Dore

PROFIL P 0



PROFIL P 1

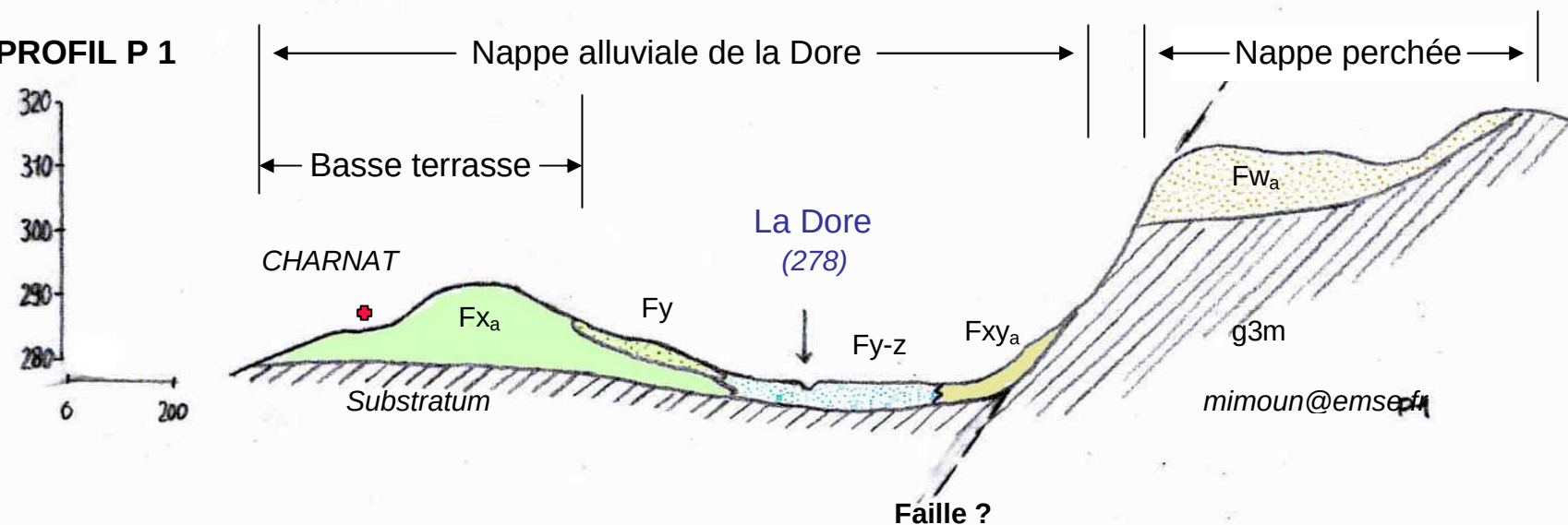


Figure 4 : coupe géologique et géomorphologique interprétative de la plaine alluviale de la Dore

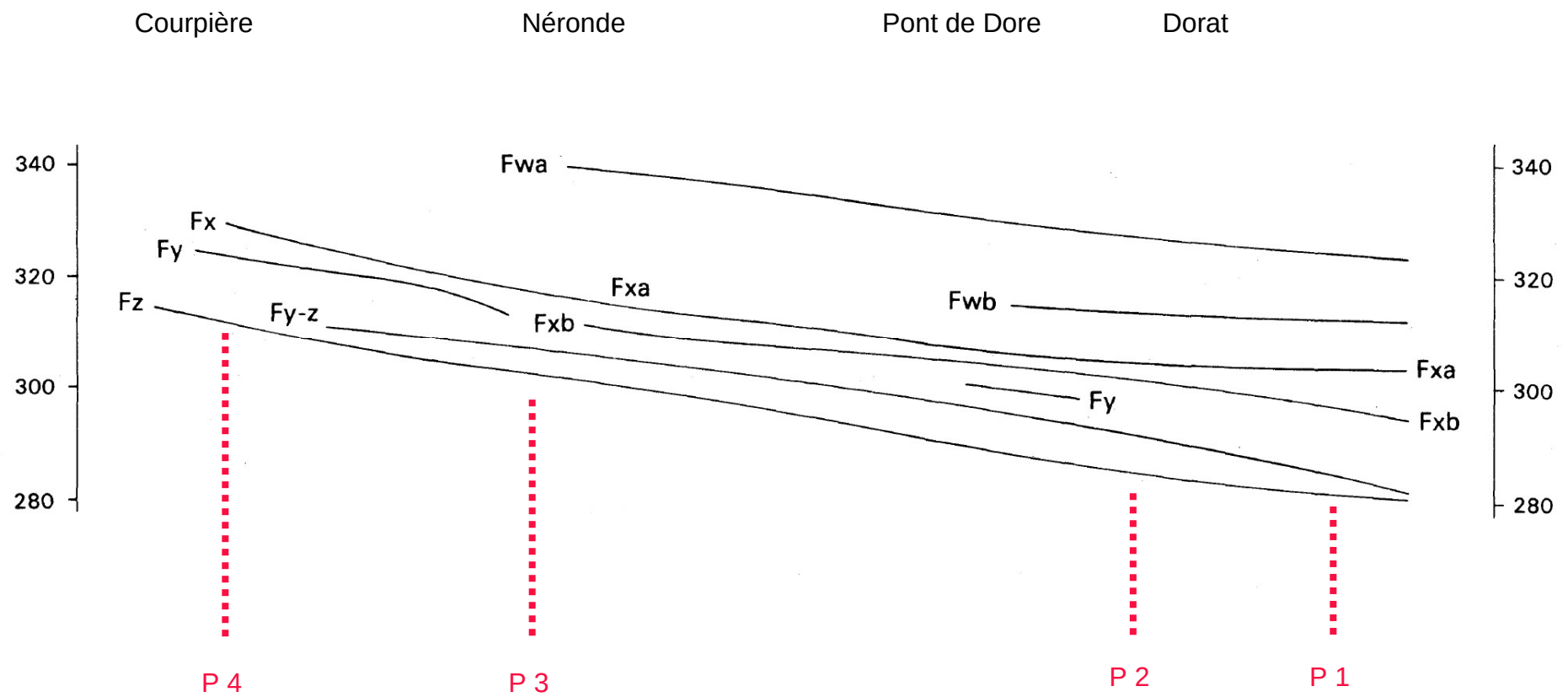


Figure 5 : altitude moyenne du toit des formations alluviales de la vallée de la Dore (d'après la notice de la carte géologique au 1/50 000 Thiers). Les coupes géologiques orientées Est-Ouest sont replacées sur le graphique.

IV.3 Occupation du sol

La carte d'occupation du sol a été réalisée à partir de la base de données géographiques CORINE Land Cover. 5 types d'occupation du sol sont distingués : territoires artificialisés, territoires agricoles, forêts et milieux semi-naturels, zones humides et surfaces en eau.

Sur le périmètre du SAGE Dore, l'occupation du sol se répartit comme indiqué dans le tableau suivant :

Type d'occupation des sols	Surface (km2)	Surface (%)
Territoires artificialisés	29	1,69%
zones urbanisées	22	1,28%
zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication	6	0,32%
mines décharges et chantiers	1	0,04%
espaces verts artificialisés non agricoles	1	0,04%
Territoires agricoles	752	44,06%
terres arables	6	0,37%
cultures permanentes	0	0,01%
prairies	395	23,11%
zones agricoles hétérogènes	351	20,57%
Forêts et milieux semi-naturels	925	54,19%
forêts	895	52,42%
milieu à végétation arbustive et ou herbacée	30	1,73%
espace ouvert sans ou avec peu de végétation	1	0,04%
zones humides intérieures	0	0,02%
eaux continentales	1	0,04%
Total Bassin versant de la Dore	1708	100,00%

Répartition de l'occupation des sols sur le bassin versant de la Dore (d'après Corine Land Cover, 2000, calculs issus du SIG PNRLF)

IV.4 Climatologie

IV.1.1 Les précipitations

Les précipitations moyennes annuelles pour le bassin versant de la Dore sont de 780 mm à Puy-Guillaume, 875 à Ambert et augmentent avec l'altitude (1 161 mm à Valcivières). Ce phénomène est dû au relief régional et à l'orientation des vents porteurs d'humidité.

Le bassin versant de la Dore est sous une influence océanique dégradée. Les maximums de précipitations mensuelles sont généralement atteints au mois de novembre. On note cependant une pluviosité importante en avril-mai et en août (orages estivaux).

IV.1.2 La nivrosité

Sur les Monts du Livradois et surtout du Forez, le manteau neigeux peut se maintenir plus de 3 mois par an. Les altitudes modestes de ces montagnes ne permettent pas la présence de neige abondante.

IV.1.3 Les températures

Les températures caractérisent un climat de moyenne montagne relativement frais, pour lequel décembre et janvier sont les mois les plus froids, juillet et août les plus chauds.

Le diagramme ombrothermique est fourni en figure suivante. Les relevés de température et de précipitations proviennent de la station climatologique de Puy Guillaume pour la période considérée de 10 années (1965-1974)

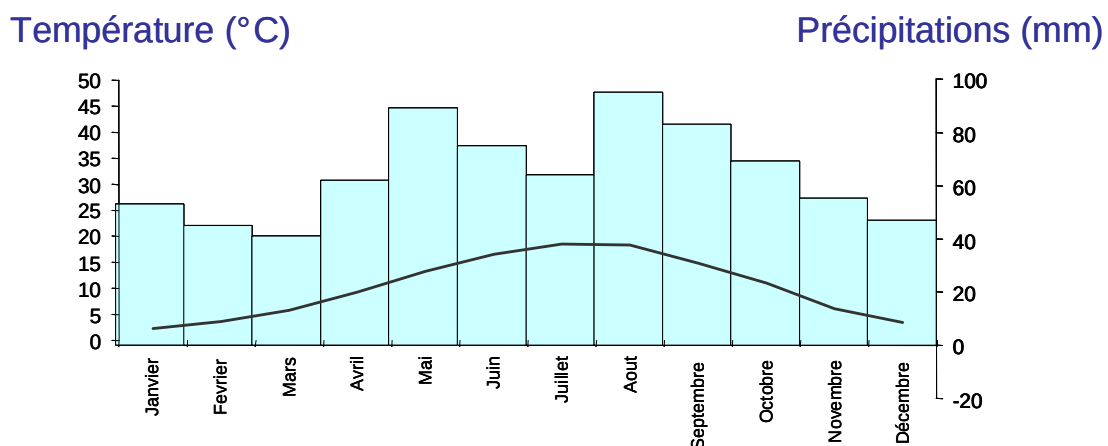


Figure 6 : diagramme ombrothermique (station climatologique de Puy-Guillaume).

Le bassin versant de la Dore présente donc un climat complexe comprenant des influences océaniques, continentales et de moyenne montagne. Ce contexte climatique conditionne fortement le régime hydrologique du bassin.

Utilité par le modèle de nappe alluviale

- pas de variabilité spatiale de la pluie, ETP à l'échelle du secteur qui sera modélisé
- Pluie, ETP : valeur moyenne appliquée aux mailles du modèle

IV.1.4. Evapotranspiration réelle moyenne théorique

L'évapotranspiration réelle moyenne annuelle, assimilée au déficit d'écoulement, est estimée à 490 mm/an en prenant $P=780$ mm/an et $T = 10.2$ °C.

La pluviométrie efficace moyenne est donc d'environ 300 mm/an. Pour les 83 km² que représente l'impluvium des alluvions récentes et subactuelles de la basse vallée de la Dore entre Courpière et le confluent, et en négligeant le ruissellement, le volume d'eau participant à la recharge de la nappe est d'environ 24 900 000 m³/an.

L'évapotranspiration réelle (ETR) est la quantité d'eau retirée d'une surface (par le sol et par les plantes) en raison du processus d'évaporation et de transpiration quand l'eau vient à manquer. Les plantes étant à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec $L=0,05T^3 + 25T + 300$, P : Précipitations annuelles en mm et T : Température en °C

Cette formule est utilisée lorsque les valeurs décadaires ou mensuelles de la température et des précipitations ne sont pas disponibles.

L'évapotranspiration réelle (ETR) n'est égale à l'ETP que lorsque l'alimentation en eau n'est pas limitante ; la différence entre ETR et ETP constitue une mesure du déficit hydrique auquel est soumise la couverture végétale.

IV.5 Hydrologie de la Dore

D'une façon générale, la Dore inscrit son cours à partir de Courpière parallèlement à la grande faille Est de Limagne. L'encaissement de la rivière dans le plancher alluvial est généralement de 1 à 2 m mais il peut atteindre 3 à 4 m. La pente de la ligne d'eau est en moyenne de 1,2 ‰ en moyenne entre Courpière et Dorat, puis s'abaisse à 0,8 ‰ ensuite. On note cependant des variations fréquentes surtout à l'aval de Noalhat, la pente pouvant remonter à 1 ‰ ou au contraire s'abaisser à 0,4 ‰.

De nombreux affluents drainent le socle proche. Les principaux d'entre eux sont les suivants :

En rive droite :

- le Couzon à Courpière,
- le Cros à Rif-Buisson,
- la Durolle à Pont-de-Dore qui représente le principal affluent pour la zone d'étude
- le Dorson à Dorson,
- la Credogne à Puy-Guillaume,
- le Vauziron au lieu-dit « les Aillards » commune de Ris.

En rive gauche :

- le ruisseau du Moulin à Courpière,
- le ruisseau du Lilion en aval de Néronde-sur-Dore,
- le ruisseau de Pont-Astier, commune d'Orléat.

IV.5.1 Profil en long

La pente de la ligne d'eau de la Dore a été déterminée en 1960 par les Ponts et Chaussées. Elle était alors de 1,2 ‰ en moyenne entre Courpière et Dorat, puis s'abaissait à 0,8 ‰ ensuite. Il n'existe pas de nouveau profil en long complet depuis cette date.

Compte tenu des interventions importantes qui se sont déroulées dans le lit mineur du cours d'eau telles que les extractions de granulats alluvionnaires et les rectifications de tracé, ce profil en long devra être complété.

Sur la partie amont de la basse vallée de la Dore, il existe un profil en long plus détaillé couvrant les communes de Sauviat, Courpière et Néronde.

Dans le cadre de l'étude, un nouveau profil en long pour la période de basses eaux est proposé. Il a été réalisé à partir :

- des profils en long existants notamment pour la partie amont
- du fichier DDAF 63 recensant les principaux seuils entravant la circulation des poissons migrateurs dans le lit mineur du cours d'eau en 2006
- des relevés altimétriques par GPS Différentiel réalisés en Mai 2008 pour la partie aval de la Dore compris en Puy-Guillaume et la confluence avec l'Allier.

Le profil en long est donné en figure suivante. Un profil en long plus détaillé est fourni en annexe.



Figure 7 : mesure D-GPS à l'aide de 2 stations d'acquisition. La base D-GPS a été positionnée sur une borne géodésique IGN distante à 5 km à vol d'oiseau du site d'étude. Les valeurs sont acquises par le GPS mobile. Le traitement des données sur le code –position des satellites) et sur la base permet d'avoir une précision d'ordre centimétrique en x, y et z. Dans les zones à couvert végétal dense, l'acquisition des données est difficile (satellites masqués) ce qui oblige à dégrader la précision des données.

Dans le cadre d'une première cartographie des écoulements souterrains de la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore, ce profil en long est à priori suffisant. Il devra néanmoins être complété entre Pont Astier et Puy Guillaume en raison du faible nombre de points de mesure.

Un profil en long de l'Allier couvrant la zone d'étude a également été réalisé à partir des mesures D-GPS.

Utilité du profil en long pour la modélisation :

- conditions de drains au niveau de la Dore et de l'Allier

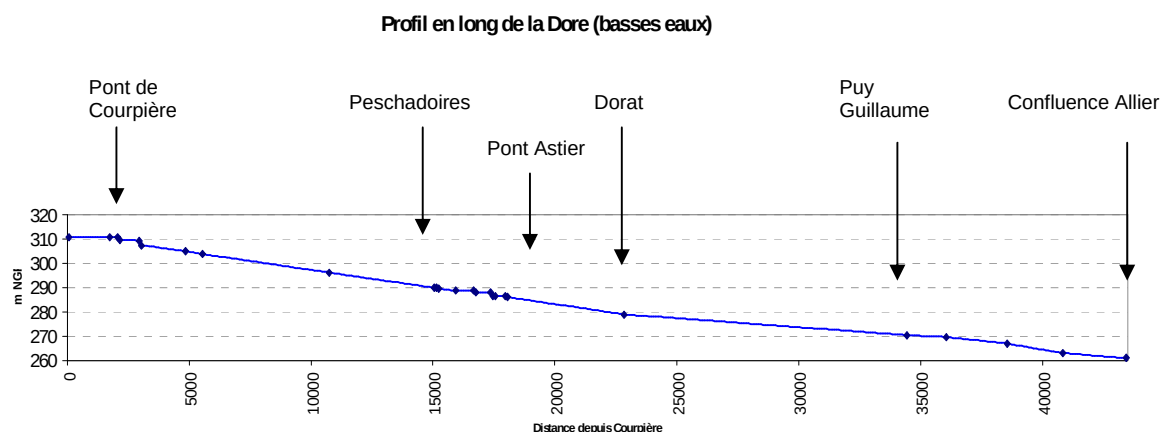


Figure 8 : profil en long de la Dore entre Courpière et la confluence avec l'Allier (situation basses eaux)

IV.5.2 Les débits moyens annuels

Pour la basse vallée de la Dore, une seule station hydrométrique située à Dorat en aval de Thiers fournit des données disponibles sur le site internet de la Banque Nationale de Données pour l'Hydrométrie et l'Hydrologie du ministère de l'aménagement du territoire et de l'Environnement.

Le débit moyen interannuel de la Dore à Dorat est de $20,2 \text{ m}^3/\text{s}$ soit un débit spécifique de $13,3 \text{ l/s/km}^2$ (source : DIREN Centre).

Le débit moyen annuel est estimé à $22,07 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $12,9 \text{ l/s/km}^2$ au niveau de la confluence avec l'Allier.

Le graphique suivant montre que le régime hydrologique de la Dore à Dorat est de type tempéré pluvial océanique avec une nette distinction entre une saison de basses eaux et une saison de hautes eaux.

Durant la période de hautes eaux comprise entre janvier et mai le cours d'eau est alimenté par les précipitations et la fonte des neiges au début de printemps. Le débit moyen est de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

La période d'étiage s'étend de Juin à Décembre. Le débit moyen est d'environ $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Répartition mensuelle des débits de la Dore à la station de Dorat (année 2005)

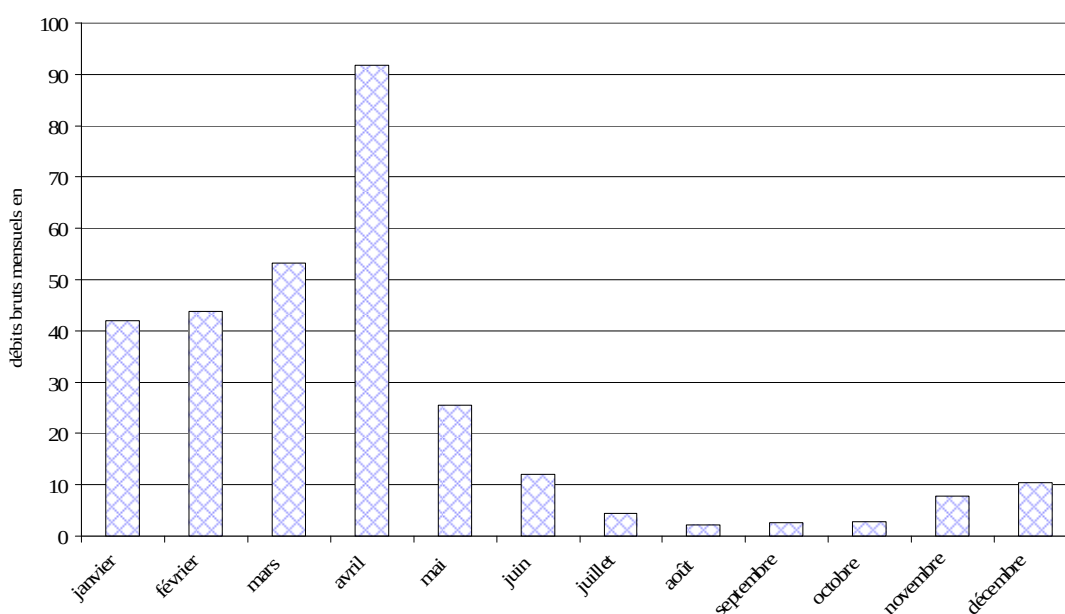


Figure 9 : Répartition mensuelle des débits de la Dore à la station de Dorat (année 2005)

IV.5.3 Les variations de hauteurs d'eau

La courbe de tarage représentant la relation débit / hauteur d'eau réalisée sur la Dore au niveau de la station hydrométrique de Dorat montre les variations de hauteurs d'eau dans la rivière atteignent 0.8 m entre la période de basses et hautes eaux. Pour la crue trentennale (124 m³/s), la hauteur d'eau est de +2 m par rapport à la cote à l'étiage au niveau de la station de Dorat.

Utilité pour le modèle :

- hauteurs assignées le long des mailles rivières

Courbe de tarage- Station de Dorat

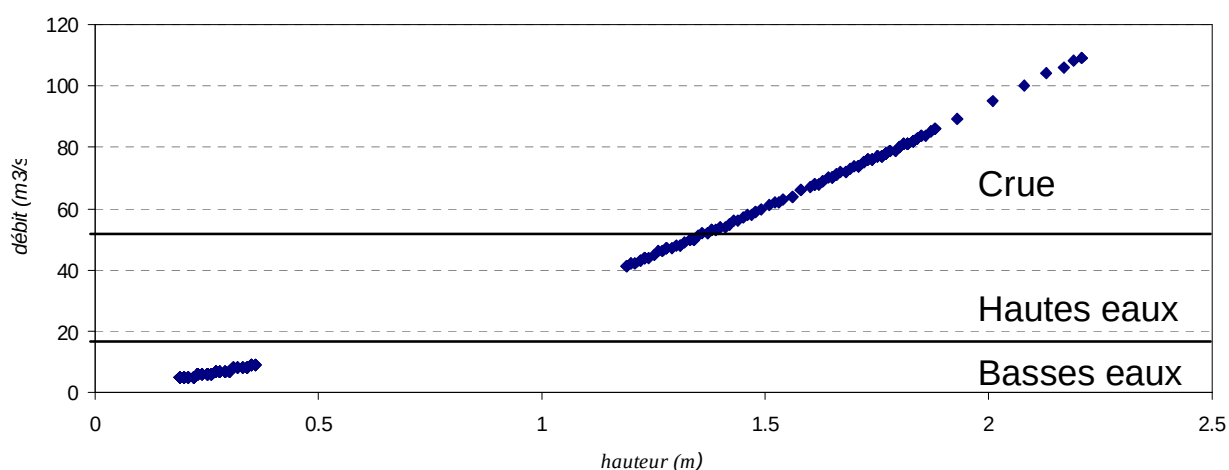


Figure 10 : courbe de tarage (station de Dorat)

IV.5.4 Les débits moyens annuels des affluents

Les débits moyens annuels bruts et spécifiques sur les affluents de la Dore sont fournis dans le tableau suivant (source : H. Cubizolle, Fonctionnement hydrologique et géomorphologique de la Dore dans sa traversée de la Limagne Orientale)

Cours d'eau et station	Superficie du b v. en km ²	Débits bruts en m ³ /s	Débits spécifiques en l/s/km ²
La Credogne, Puy Guillaume	78.8	1.10	13.9
Dolore, Moulin Neuf	70	1,17	16,8
Faye, Giroux	72	1,67	23,2
Couzon, le Salet	74,5	1,32	17,7
Durolle, Membrun	146	3	20,6

Les suivis effectués sur les 4 principaux affluents permettent d'évaluer leur contribution respective aux débits de la Dore ; la Faye étant le plus gros contributeur (module de 1,68 m³/s) suivi du Couzon (1,34 m³/s), de la Dolore (1,18 m³/s) et enfin de la Credogne (1,10 m³/s). La Durolle se place aussi parmi les principaux affluents mais ne fait pas l'objet de suivi régulier.

Les affluents présentent des débits spécifiques bien supérieurs à celui de la Dore (23,3 l/s/km² contre 13,3 l/s/km² pour la Dore) qui s'expliquent par un contexte montagneux plus prononcé. Les affluents se caractérisent également par disparité de leurs débits spécifiques selon qu'ils prennent leur source dans le Livradois ou dans les Monts du Forez. Ce phénomène s'explique par la répartition des précipitations : Les versants Est du Livradois sont plus abrités des flux océaniques que les versants Ouest des Monts du Forez qui sont beaucoup plus arrosés. Les altitudes élevées des Monts du Forez augmentent encore l'abondance des précipitations, ce qui entraîne des débits spécifiques généralement plus forts pour les affluents dévalant les pentes des Monts du Forez que pour ceux venus du Livradois.

IV.5.5 Les crues de la Dore

Les cours d'eau du bassin de la Dore connaissent différentes typologies de crues. La Dore en aval de Courpière peut connaître des crues dites de plaine alors que le restant du bassin versant se caractérise par des crues torrentielles. Le caractère torrentiel de la Dore et de ses affluents s'explique par la faible capacité de stockage des sols, les fortes pentes et la faible superficie des zones d'expansion des crues dans les nombreux secteurs de gorges.

Date	Débit journalier maximum	Débit instantané
25/10/1943	252,5 m ³ /s	307,1 l/s/km ²
02/11/2008	209,0 m³/s	254,3 1 l/s/km²
19/03/1988	193,0 m ³ /s	241,25 l/s/km ²
27/04/1983	160,0 m ³ /s	200 l/s/km ²
03/12/2003	160,0 m ³ /s	200 l/s/km ²
26/12/1968	143,0 m ³ /s	174 l/s/km ²
18/05/1983	136,0 m ³ /s	170 l/s/km ²

Classement des douze crues de la Dore les plus puissantes enregistrées à la station de Giroux-Dore depuis 1919 (source : PNR Livradois Forez/EmF Etat des lieux du SAGE Dore)

Utilité pour le modèle :

- influence sur les variations de hauteurs d'eau de la nappe alluviale

IV.6 Les prélèvements en eau

Les communes de la basse vallée de la Dore sont regroupées en syndicats pour leur alimentation en eau potable.

Les données fournies par la DDASS ont permis de quantifier et cartographier les débits prélevés dans le bassin versant de la Dore :

- 575 captages pour l'AEP
- 14,3 Millions de m³/an

Répartition des débits prélevés pour l'AEP (BV de la Dore)

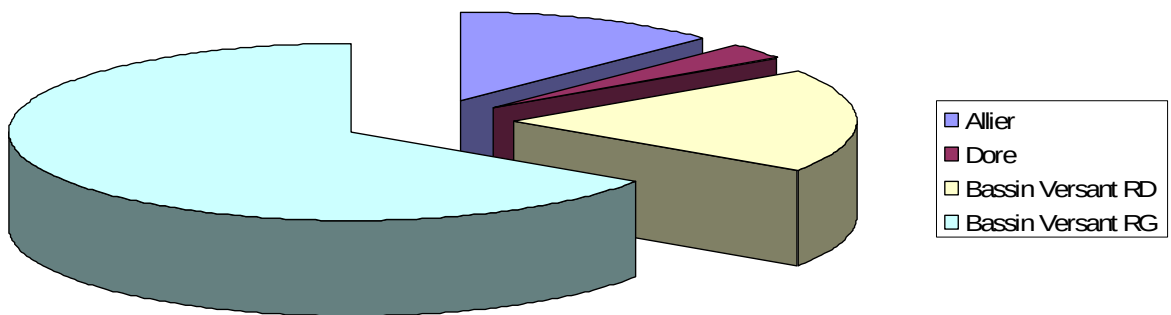


Figure 11 : diagramme de répartition des débits prélevés pour l'AEP (bassin versant de la Dore).

Le diagramme de répartition des débits prélevés pour l'AEP sur le bassin versant de la Dore montre que la majorité des prélèvements ont lieu actuellement en tête de bassin versant en rive gauche de la Dore dans le massif du Livradois.

La nappe alluviale de la basse vallée de la Dore est aujourd'hui relativement peu mobilisée.

La [figure 12](#) montre la localisation des captages de sources liées à des écoulements souterrains peu profonds (limites anciennes terrasses/basses terrasses et arènes granitiques) AEP dans le bassin versant de la Dore.

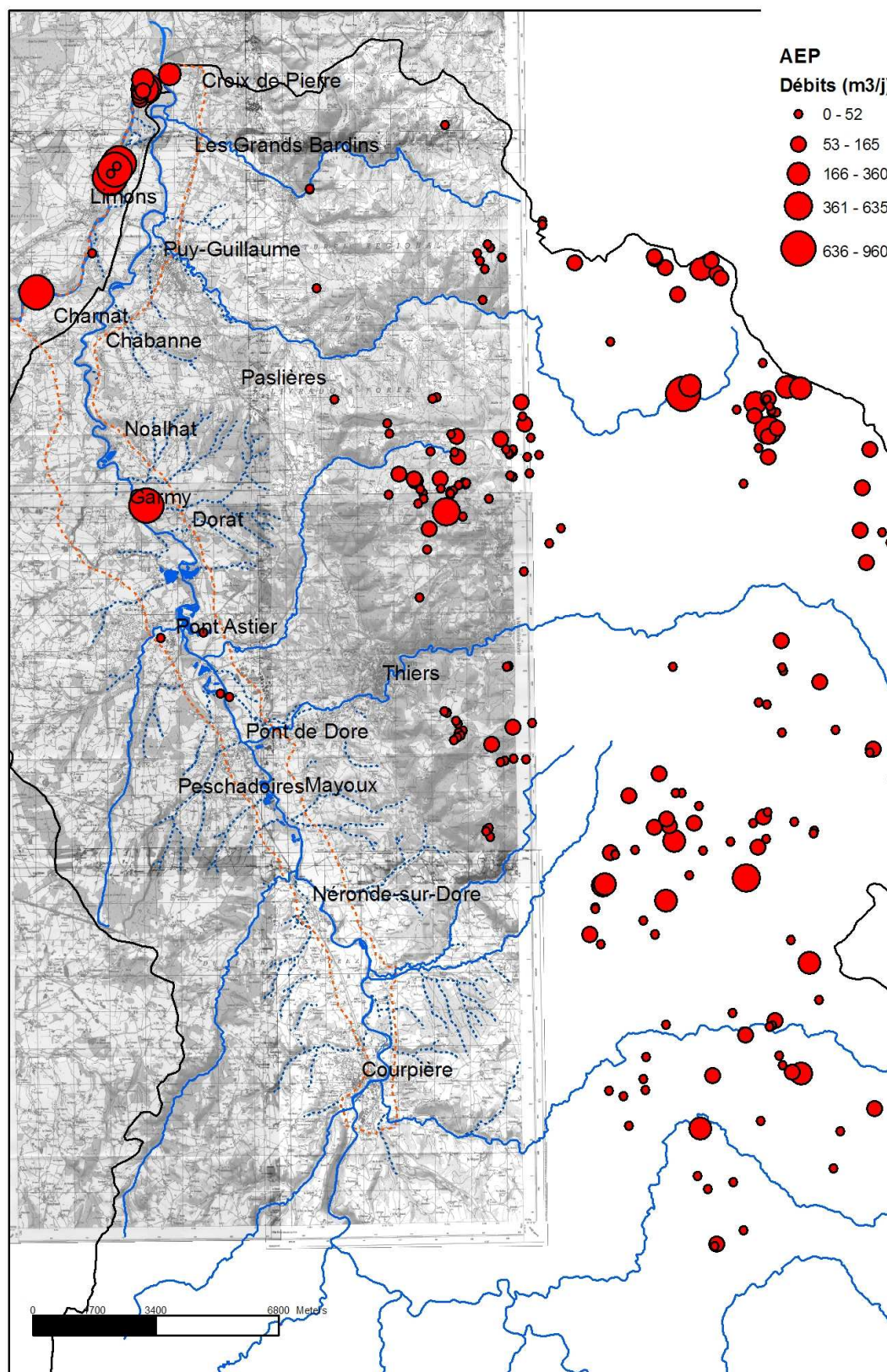


Figure 12 : localisation des captages d'AEP sur le bassin versant aval de la Dore (source DDASS). Le trait noir correspond à la limite du bassin versant de la Dore, les traits en pointillés orange délimitent la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore.

Les prélèvements d'eau dans la nappe alluviale de la Dore sensu stricto entre Courpière et le bec de Dore se font essentiellement pour deux usages : l'Alimentation en Eau Potable (AEP) et les prélèvements industriels. Des prélèvements domestiques sont également effectués pour principalement l'arrosage de potagers grâce à de nombreux puits traditionnels. La part relative de ces prélèvements est cependant minime vis-à-vis des volumes prélevés pour les deux usages cités précédemment.

Les sites de prélèvements d'eau dans la nappe alluviale de la Dore pour l'AEP et les activités industrielles sont reportés sur la [figure 13](#).

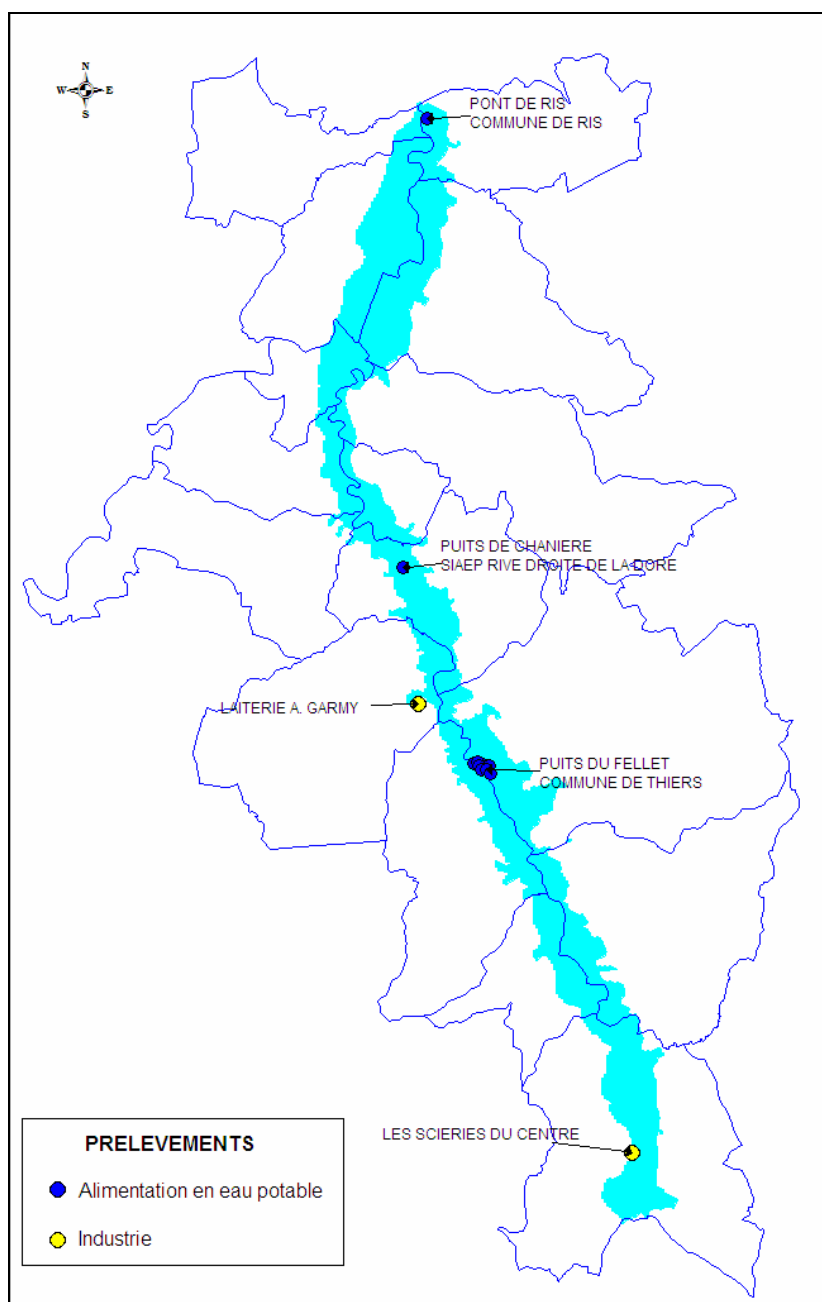


Figure 13 : localisation des points de prélèvement d'eau pour l'AEP et les activités industrielles au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore.

Le tableau suivant présente les volumes prélevés en 2008.

Puits du Felet Commune de Thiers	Puits de Chanière SIAEP rive droite de la Dore	Puits de Pont de Ris Commune de Ris
302 130 m ³	12 778 m ³	108 000 m ³

Le champ captant du Felet implanté sur les deux rives de la Dore, au niveau de la ville de Thiers, est le premier secteur de prélèvement pour l'AEP en terme de volumes soutirés à la nappe. Originellement constitué de 9 puits, il ne compte plus actuellement que 6 puits en service.

Le deuxième site est implanté à proximité de la confluence de l'Allier et de la Dore. Il s'agit du puits Pont de Ris exploité par la commune de Ris. Il alimente les communes de Ris et Mariol.

Le troisième point de prélèvement est situé sur la commune de Dorat et il est utilisé par le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP) de la rive droite de la Dore.

Les prélèvements pour l'industrie se font dans deux secteurs : à Pont Astier sur la commune d'Orléat pour une laiterie et, sur la commune de Courpière pour une scierie. Les volumes prélevés par la Laiterie ne nous ont pas été communiqué pour l'année 2008. Pour la scierie, les prélèvements ont été estimés par l'industriel à 15 000 m³ pour l'année 2008.

Les prélèvements agricoles sur la zone d'étude sont considérés comme négligeable.

V. Données hydrogéologiques

Les données utilisées pour la construction des différentes couches d'information monothématiques ayant servies à la construction des modèles hydrodynamiques de la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore sont issues des études bibliographiques suivantes :

V.1 Description des sources de données

V.1.1 Données géographiques

1. La base de données géo référencées SAGE Dore fournie par le Parc Naturel Régional du Livradois Forez a permis d'extraire les thèmes suivants :

- réseau hydrographique
- limite du bassin versant
- limites administratives

2. Cartes IGN 1/25 000 formats numériques Feuilles de Thiers

3. Modèle Numérique d'altitude résolution 50 m avec une précision en altitude de 1 m.

V.1.2 Géométrie de l'aquifère

Plusieurs sources de données ont été utilisées afin de produire d'une part une représentation physique du réservoir et d'autre part de représenter les écoulements souterrains au sein de la nappe alluviale. Les principales sources de données utilisées sont :

4. Cartes géologiques BRGM au 1/50 000 Feuilles de Thiers et Maringues

- limite des formations alluviales et tertiaires
- 41 sondages donnant la profondeur du toit du substratum par rapport à la cote du terrain naturel avec une précision de 0.1 m ont été recensés pour la zone d'étude

5. Banque du sous sol (BSS) du BRGM.

432 points de mesures représentants des puits, des sondages et des carrières ont été recensés sur la zone d'étude. Chaque point a été renseigné par :

- son indice de classement national
- ses coordonnées Lambert
- sa nature (Puit / sondage / carrière)

- l'existence d'une coupe géologique
- l'existence d'un log
- la profondeur atteinte par l'ouvrage en m

L'inventaire des points d'eau avec le code national BRGM est donné en [carte 4](#).

6. Etude Répartition des ressources en eau et en granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore (Etude CETE 63)

Dans le cadre de cette étude, une prospection géophysique (comportant quelques sondages électriques répartis sur 4 profils transversaux Est-Ouest sur l'ensemble de la basse vallée de la Dore) a permis de distinguer 3 horizons géologiques :

- une couverture argilo-limoneuse
- les alluvions sablo-graveleuses dont l'épaisseur est comprise entre 5 et 6 m
- le substratum tertiaire

Une carte géologique simplifiée des alluvions et de leur encaissant à l'échelle 1/25 000 a été réalisée. Les formations alluviales ont été regroupées en deux classes A et B avec :

- A alluvions récentes et les basses terrasses notées Fz, Fy et Fyz sur la carte géologique
- B alluvions anciennes des Hautes et moyennes terrasses notées Fx, Fv, Fw, CF, F et RF sur la carte géologique.

Les formations encaissantes regroupent les terrains tertiaires indifférenciés (g, gs) du socle éruptif ou cristallophyllien et les colluvions de socle

Une carte des épaisseurs des alluvions de la nappe alluviale est fournie :

- les épaisseurs des alluvions sont discrétisées en 4 classes : 0– 2,5m, 2,5 -5m, 5- 7.5m et > 7,5 m et sont représentées sous forme de polygones.
- 87 mesures ponctuelles d'épaisseur d'alluvions dans des puits et/ou piézomètres sont fournies avec une précision de 0.1m

7. Etude Allier –bec de Dore (secteur Puy-Guillaume) (Val d'Allier, synthèse des ressources en eau et en granulats dans les départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier, mars 1975, CETE PD-AL 73/389 et BRGM 75 SGN 073 MCE

Cette étude propose une carte des isohyètes du toit du substratum. L'équidistance des courbes de 2.5 m.

V.1.3 Les écoulements souterrains

8. Répartition des ressources en eau et en granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore (Etude CETE 63)

Une carte des courbes d'iso-épaisseur de la nappe alluviale en moyennes eaux (échelle 1/25000) a été réalisée :

- les tranches d'eau sont discrétisées en 3 classes : 0– 5m, 5 -6m et > 6 m et sont représentées sous forme de polygones.
- l'influence des champs de captage n'est pas prise en compte

Parallèlement une campagne piézométrique moyennes eaux a été réalisée en 1976. 289 puits couvrant l'ensemble de la zone ont fait l'objet d'une mesure de hauteur d'eau. Les données sont consignées dans un tableau qui renseigne pour chaque puits :

- son indice de classement national
- ses coordonnées Lambert
- la cote NGF du sol
- la cote NGF du toit du substratum
- l'existence d'une coupe géologique
- la profondeur atteinte par l'ouvrage en m

Aucune carte piézométrique moyennes eaux n'est cependant proposée malgré le nombre de points de mesure à priori suffisant.

Au vu des différentes cartes construites et des tableaux de données dans le cadre de l'étude CETE 63, il apparaît très clairement que le nivellement NGF des différents ouvrages n'a pas été réalisé correctement. Cette lacune explique le fait qu'il n'a pas été possible de proposer une carte piézométrique à partir des mesures réalisées. Afin de dresser une carte piézométrique, nous avons corrigé l'altitude NGF des ouvrages à l'aide du MNT 50 m qui a une précision en altitude de 1 m.

V.2 Construction du modèle numérique de données

V.2.1 Les besoins en hydrogéologie

La démarche de l'hydrogéologue est très souvent basée sur la construction de scénarios d'analyse qui permettent de représenter des situations types dans lequel se trouve le système : basses eaux, hautes eaux, crues ; une simulation complète en régime transitoire (sans discrétisation du temps) étant très coûteuse en temps et en données.

Les scénarios d'analyse des écoulements superficiels et souterrains demandent, au début de chaque simulation, des changements fréquents et importants dans le maillage porteur des données par adaptation de la densité locale du maillage ou des transformations locales de la morphologie du domaine liées à des aménagements comme l'installation d'une nouvelle gravière ou la création d'un nouveau champ de captage.

Un retour aux jeux de données initiales est nécessaire ce qui impose de les conserver intégralement et d'y avoir accès facilement en permanence afin de les transférer efficacement vers le maillage du modèle. Le modèle numérique de données doit donc mettre l'accent sur les données de base plutôt que sur l'aspect transformé nécessairement dégradé après leur report sur le maillage.

L'intégrité des données doit être conservée dans le sens où deux campagnes de mesures différentes doivent être stockées dans des jeux de données séparés. Par exemple, la topographie provenant de cartes IGN à l'échelle 1:25000 numérisées sera séparément enregistrée des points de mesure issus d'analyses photogrammétriques. Cette approche doit permettre de revenir sur les données, les valider, les corriger éventuellement et de pouvoir substituer un jeu de données par un autre.

L'homogénéité du support de l'information au regard des nombreuses données collectées est essentielle afin de permettre la combinaison des différentes couches d'information. Il s'agit de pouvoir organiser efficacement les données spatiales de base comme les points de mesures ponctuelles, la forme géométrique des objets dans le SIG, compatible avec la méthode de discrétisation du modèle hydrodynamique.

V.2.1 Elaboration du modèle numérique de données

Le modèle numérique de données créé permet un accès facile et un transfert efficace des données pour les simulations tout en conservant l'intégrité des données originales.

Dans un premier temps, l'utilisation du SIG (ArcMAP – ESRI France) a permis d'accomplir toutes les étapes d'intégration des données brutes pour la conception des différentes cartes thématiques, puis dans un second temps la mise en œuvre et le pilotage de simulations hydrodynamiques avec un logiciel utilisant le principe des différences finies.

Rappelons que ce travail de recherche intègre une comparaison avec d'autres méthodes de simulations hydrodynamiques utilisant des codes développés en interne à l'EMSE sous MATLAB (méthodes par éléments analytiques) qui permettront d'optimiser les scénarios de prélèvements en captage retenus.

La méthode d'intégration des données brutes s'est déroulée en 4 étapes successives :

1. Importation des jeux de données dans la base de données

Cette étape concerne la numérisation de fond de cartes papier et/ou le reformatage de fichiers numérisés. A cette étape du processus, aucune correction n'a été apportée aux données.

2. Construction et assemblage des modèles numériques d'élévation

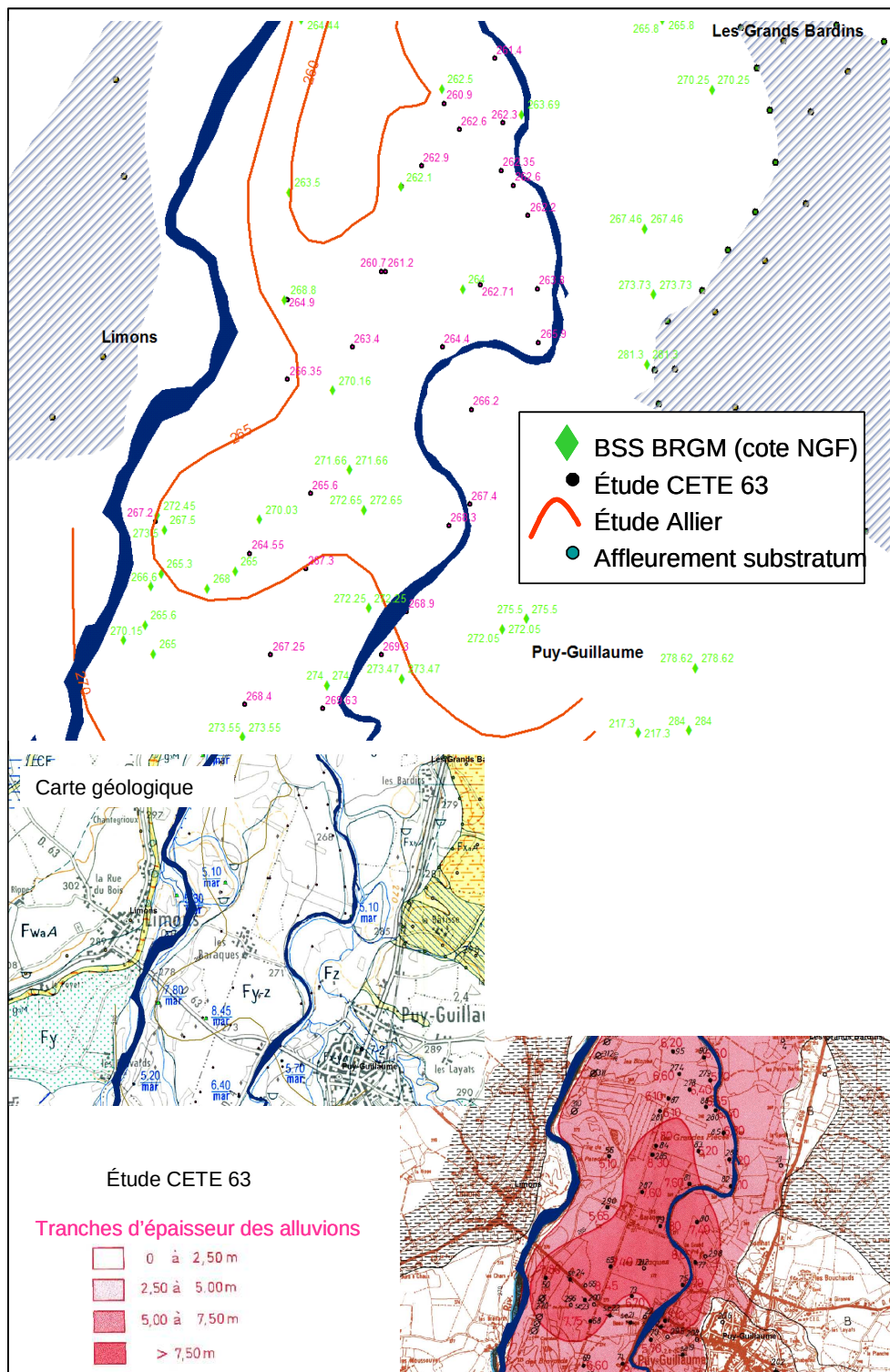
Cette étape consiste pour chaque thème relatif aux variables hydrogéologiques à associer les jeux de données qui décrivent chaque thème (transmissivité, perméabilité, épaisseur de l'aquifère, charge piézométrique). Sur la zone d'étude, les sources de données se superposent dans le plan cartographique. Il s'agit alors de choisir la source de données à inclure dans le modèle ; le choix étant fait en fonction de la distribution spatiale et de la précision des données.

A ce stade, plusieurs corrections doivent être apportées aux sources de données en raison de leur grande disparité. Par exemple, si l'on s'intéresse à la construction du modèle numérique d'altitude du toit du substratum, 7 sources de données différentes peuvent être mobilisées. Il s'agit soit de données ponctuelles exprimées en cote NGF ou relative, soit de données sous forme de polygones (tranches d'égale épaisseur d'alluvions), soit encore de données sous forme d'isovaleurs. Toutes ces données présentent des précisions différentes : les plus précises étant les données ponctuelles NGF.

Un important travail de croisement de sources de données afin de vérifier leur cohérence entre elles a été effectué. Les données en valeur relative (profondeur des ouvrages) ont été

transformées en cote NGF à l'aide du MNT 50 m qui a une précision métrique. Le filtrage opéré a ensuite permis de retenir seulement les données les plus « plausibles » et d'exclure les autres (fiabilité des sources de données).

La [figure 14](#) illustre la démarche employée.



Le modèle numérique d'altitude intègre alors toutes les données valides et exécute les instructions pour les transformer localement. Le MNE constitue ainsi une entité-modèle.

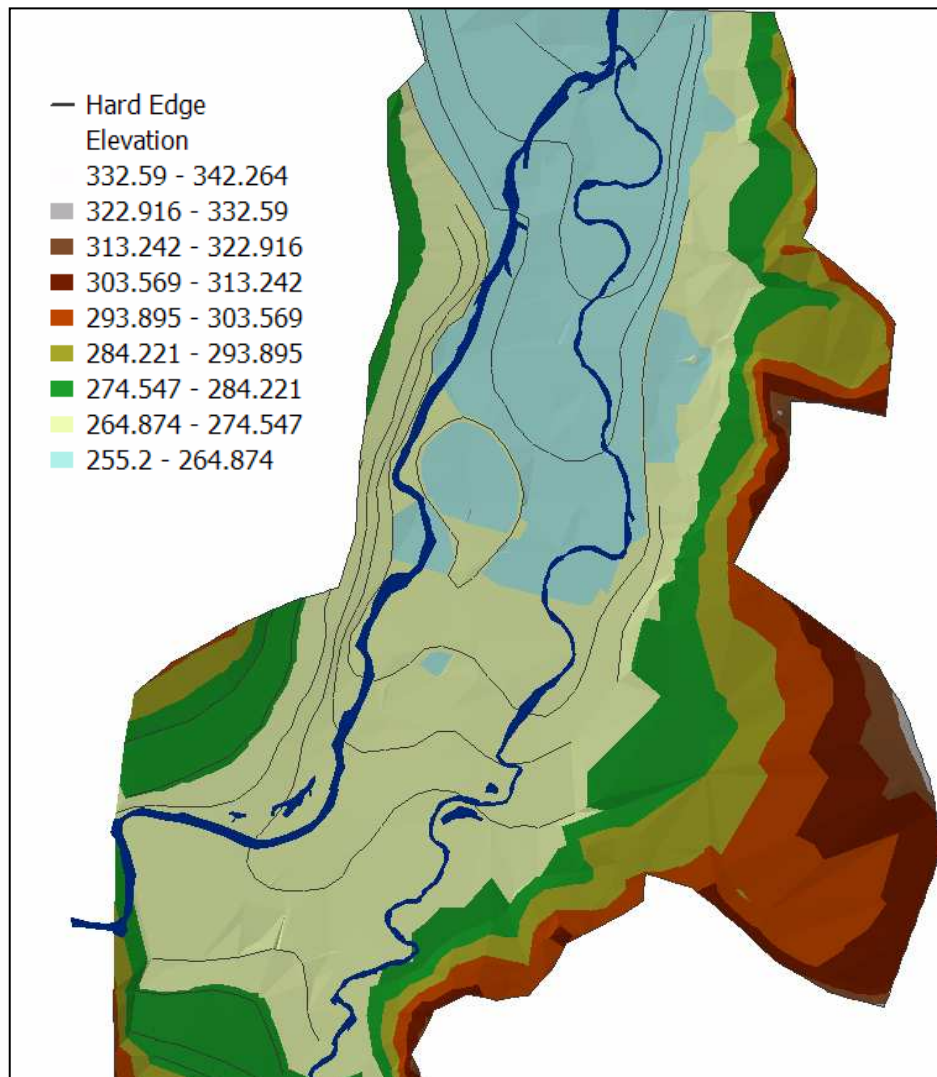


Figure 15 : construction du Modèle Numérique d'Élévation du toit du substratum pour la zone comprise entre Pont Astier et la confluence avec l'Allier

3. Construction du maillage d'analyse adapté à la représentation des données

Il s'agit de concevoir un maillage d'analyse ou de représentation de la zone géographique couverte par l'ensemble des cartes thématiques dans le modèle hydrodynamique de nappe construit à partir du logiciel MODFLOW.

Ce maillage est adapté à la tâche de simulation hydrodynamique du site. Sa construction s'est appuyée sur une schématisation de la structure géologique et sur une conceptualisation du fonctionnement hydrogéologique de la nappe alluviale de la Dore.

La résolution du modèle a été fixée à 50 m ; ce qui constitue un bon compromis entre le temps de calcul/préparation des données et la résolution. Ce maillage permet de supporter les scénarios hydrologiques et/ou d'aménagement que l'on souhaite modéliser.

Ce maillage est présenté plus en détail dans la partie modélisation hydrogéologique du présent rapport.

4. Transfert des données vers le maillage d'analyse

Les différentes couvertures thématiques produites ont été transférées par interpolation vers le maillage d'analyse.

Cette tâche s'est décomposée en trois étapes principales :

- (a)** Transformation des différentes couches initialement au format TIN (Triangular Irregular Network) au format GRID ;
- (b)** Reconstruction du maillage d'analyse du modèle hydrodynamique dans le logiciel ArcMap en format vecteur à l'aide des coordonnées x, y des centres des mailles fournies en sortie par le fichier de données MODFLOW.
- (c)** La procédure proprement dite de transfert des données sur le maillage d'analyse débute alors.

Une fois le transfert par interpolation et assemblage des données des différentes couvertures sur le maillage d'analyse réalisé, les tâches de simulations hydrodynamiques des scénarios hydrologiques (basses eaux, hautes eaux) et/ou d'aménagement peuvent être mises en œuvre. Dans le cas où les données de base doivent être modifiées (par exemple création d'une nouvelle gravière nécessitent de modifier les données liées à la topographie et à la transmissivité), seule l'étape (1) est à refaire ; les tâches (2) et (4) sont automatisées et la tâche (3) très coûteuse en temps est fixée.

La qualité des résultats fournis par les modèles dépend de la taille du maillage d'analyse mais aussi de la qualité des données de base par nature hétérogènes.

Ces informations ont permis de construire les couches d'information monothématiques qui ont été intégrées dans la base de données.

VI. Fonctionnement du système aquifère

La connaissance du fonctionnement du système aquifère va permettre :

- de construire le modèle conceptuel de nappe,
- de vérifier et caler le modèle hydrodynamique.

Elle est cependant insuffisante pour faire des simulations de pompage qui imposent de mettre en œuvre le modèle de nappe.

Les alluvions récentes de la basse vallée de la Dore sont le siège d'une nappe alluviale importante en relation dynamique avec le cours d'eau. Il existe une relation permanente entre la nappe alluviale contenue dans les alluvions de la Dore et la rivière Dore ; relation qui se traduit par un équilibre dynamique constant.

En période de hautes eaux et de crue, la rivière participe à la réalimentation de l'aquifère. Inversement, en période d'étiage, la nappe alluviale tend à soutenir le débit de la Dore.

La basse vallée de la Dore est limitée à l'Ouest et à l'Est par les talus de la basses et moyenne terrasse. La nappe alluviale de la Dore est alimentée par les nappes d'eau contenues dans la basse et moyenne terrasse. Ces réservoirs se déversent parfois par l'intermédiaire de lignes de sources qui jalonnent la rupture de pente.

L'étude conjointe CETE/BRGM, relative à la « répartition des ressources en eau et granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore » indique que les alluvions anciennes formant la basse et moyenne terrasse se comportent comme un réservoir de faible perméabilité alimenté par les précipitations et parfois par des apports de bordure. Ces nappes alluviales se déversent dans la nappe des alluvions récentes soit par écoulement souterrain soit par des niveaux de source.

V.1 Piézométrie moyennes eaux (sans influence des pompages)

La carte piézométrique établie en moyennes eaux de la nappe alluviale de la Dore sans influence des pompages ([carte 3](#)) montre une direction générale d'écoulement du versant vers la rivière.

Entre Courpière et Charnat :

Le gradient hydraulique moyen est d'environ de 2,5 ‰.

Dans l'axe de la rivière le gradient latéral apparaît très faible par endroits, voire nul, ce qui favorise les zones de stagnation d'eau de mauvaise qualité. La forte densité de carrières en eau (déjà exploitées ou en cours d'extraction) de grande superficie à proximité immédiate de la rivière entre Pont Astier et Dorat amplifie ce phénomène de stagnation d'eau (à cause de possibles phénomènes de colmatage).

Entre Charnat et la confluence avec l'Allier :

- le sens d'écoulement de la nappe alluviale est peu ou prou parallèle au sens d'écoulement général de l'Allier
- le gradient hydraulique de la nappe alluviale est conforme à la pente de la Dore dans ce secteur qui est de l'ordre de 0.7 ‰ ;
- la carte piézométrique montre une légère dorsale qui matérialiserait les nappes d'accompagnement de la Dore et de l'Allier. Cette dorsale apparaît d'ailleurs sur la carte des côtes de la nappe alluviale en hautes et moyennes eaux de l'atlas « Val d'Allier » (Etude Val d'Allier, synthèse des ressources en eau et en granulats dans les départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier, mars 1975, CETE PD-AL 73/389 et BRGM 75 SGN 073 MCE)
- dans la zone de confluence la piézométrie est sans doute influencée d'une part par la remontée du toit du substratum à la cote 260 m NGF et d'autre part par la réalimentation par le Riau-des-Noyès, ancien canal creusé à l'initiative de Guillaume Nevrezé pour relier la Dore à l'Allier et permettre la navigation.

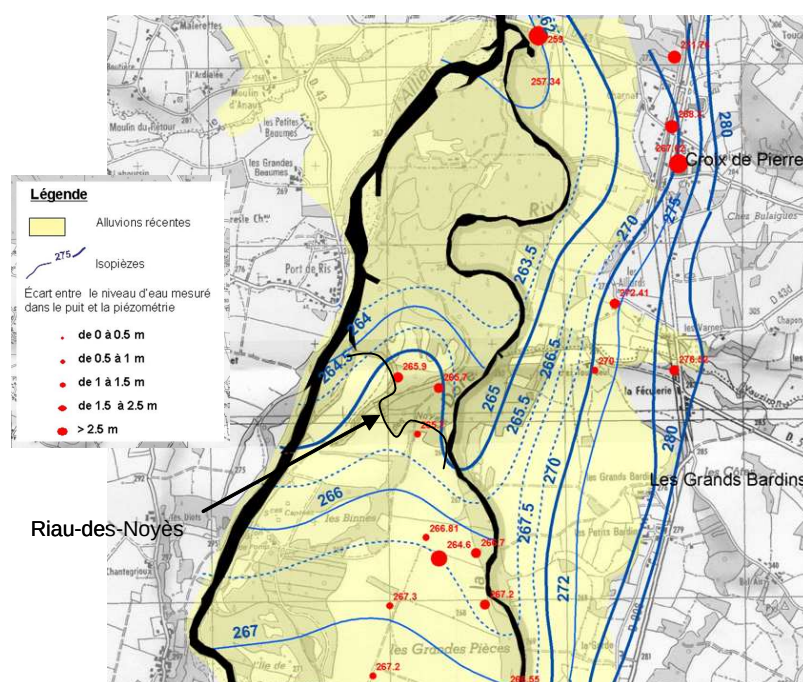


Figure 16 : réalimentation de la nappe alluviale par le Riau-des-Noyès, ancien canal reliant la Dore à l'Allier.

V.2 Fluctuations piézométriques

Les données bibliographiques disponibles (Etude D'Arcy, 1976) permettent d'indiquer que les fluctuations saisonnières de la nappe alluviale varient selon les secteurs de 0,87 m à 1,82 m (6 points de mesure) ([carte 4](#))

Ces fluctuations sont liées aux variations de hauteurs d'eau dans la rivière.

Plusieurs campagnes de mesures mensuelles des niveaux d'eau dans les puits et/ou piézomètres devront être faites, à l'étiage en hautes eaux et en crue, afin de pouvoir établir une carte de battement de la nappe alluviale.

Les résultats de l'étude géologique, hydrogéologique et hydrologique F2E réalisée dans le cadre d'un projet d'ouverture d'une carrière alluvionnaire à sec sur le territoire de la commune d'Orléat permettront d'avoir quelques données ponctuelles sur le battement interannuel de la nappe alluviale de la basse terrasse qui alimente la nappe alluviale de la Dore.

V.3 Recharge de la nappe alluviale

V.3.1 par les précipitations

Les alluvions récentes de la basse vallée de la Dore représente un impluvium important.

La moyenne interannuelle de la pluviométrie pour le secteur d'étude est de 780 mm. Pour une évapotranspiration réelle de 480 mm, il reste une hauteur moyenne de 300 mm pour l'infiltration et le ruissellement, ce qui représente pour l'alimentation des eaux souterraines, un apport très moyen de 9 l/s/km²

A titre de comparaison, la carte des débits moyens des nappes d'eau souterraine de la France (période 1958-1967), dressée par le BRGM, donne pour ces aquifères un module d'écoulement souterrain interannuel inférieur à 5 l/s/km² avec une marge d'erreur pouvant atteindre 20 %.

V.3.2 Par la basse et moyenne terrasse

La recharge latérale peut être estimée par l'équation générale des écoulements souterrains dans le cadre d'une nappe libre qui combine l'équation de conservation de la masse à la vitesse de Darcy :

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}$$

$$q = 0,5 * 10^{-3} \frac{10^2 - 5^2}{2 * 250} = 0.075 \text{ l/s}$$

q représente le débit unitaire, h_1 et h_2 correspondent aux tranches d'eau enregistrée en 2 points distant d'une longueur L dans la nappe de la basse terrasse de la Dore, K est la perméabilité de la formation alluviale ($0.5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$).

Le débit de recharge serait donc de **75 l/s/km**. A titre de comparaison, la recharge de la nappe alluviale de la Loire dans la plaine du Forez par les formations argilo-sableuses du versant est estimée à 150 l/s/km.

V.3.3 Par les sources

Les sources prennent naissance au niveau du talus séparant la haute terrasse de la moyenne terrasse, ou encore le niveau supérieur de la moyenne terrasse (F_{xa}) et le niveau inférieur de la moyenne terrasse (F_{xb}).

Le débit de ces sources pérennes a été estimé entre 2 et 6 m³/h pour chaque source sur le secteur d'Orléat en rive gauche de la Dore.

V.3.4 Par les étangs

Il existe un certain nombre de petits étangs colinéaires situés dans la moyenne terrasse. Ces étangs sont alimentés par les eaux de ruissellement et de petits ruisseaux. La surverse d'eau alimente la nappe alluviale par infiltration directe d'eau ou par l'intermédiaire de ruisseaux.

La présence d'étangs dans les fonds de thalwegs indique une forte présence locale d'argiles associées aux sables fins dans les formations alluviales de la basse terrasse.

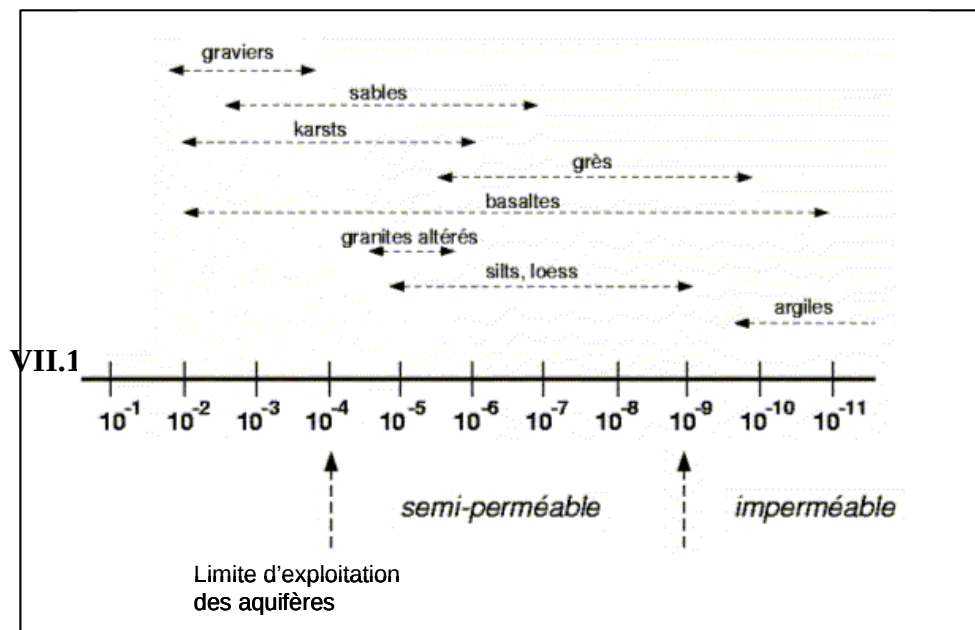
V.3.5 Par les affluents

Les affluents qui drainent les eaux de ruissellements des formations tertiaires affleurantes en rive gauche et droite de la Dore contribuent, en période de hautes eaux et de crues à l'alimentation de la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore.

VII. Caractéristiques de la nappe alluviale

La seule véritable ressource en eau souterraine de la basse vallée de la Dore entre Courpière et la confluence avec l'Allier correspond à la nappe alluviale de la Dore sise dans les formations quaternaires récentes.

En hydrogéologie quantitative, la **perméabilité** (m/s) qui représente la résistance des alluvions (milieu solide poreux) à la pénétration et à la traversée de l'eau et le **coefficient d'emmagasinement** qui représente la capacité de l'aquifère à libérer l'eau qu'il contient sont les paramètres qui régissent les écoulements souterrains dans les nappes alluviales.



Quelques valeurs de perméabilité (source G. de Marsily Hydrogéologie quantitative)

VII.1 Épaisseur mouillée de la nappe alluviale

La [carte 5](#) des épaisseurs mouillées de la nappe alluviale en moyennes eaux (sans influence des pompages) montre :

- de Courpière à l'aval de Néronde sur Dore la nappe alluviale présente une épaisseur mouillée de 2 à 4 m, ce qui est faible. La vallée est peu touchée par les extractions de granulats.
- de l'aval de Néronde-sur-Dore jusqu'à Pont de Dore, l'épaisseur mouillée est très faible (environ 2 m en moyenne)

- de Pont de Dore jusqu'à Pont Astier, l'épaisseur mouillée est de 4 à 6 m.

Cependant la zone est très exploitée dans le secteur de Felet et sur les 2 rives de la Dore. Les 9 puits de la ville de Thiers en action permanente durant l'année entière, ont vu leur rendement diminué progressivement par :

- colmatage progressif des puits simples à barbacanes ;
- surexploitation de la nappe, peu alimentée par la rivière au moment des longs étiages. Aujourd'hui, les débits unitaires pompés ne sont plus que de 40 m³/h au maximum.
- de Pont Astier à Noalhat , l'épaisseur de la tranche d'eau est voisine de 2 m. La vallée est très fortement touchée par les exploitations de granulats
- de Noalhat à Charnat, l'épaisseur de la tranche d'eau est comprise entre 4 et 6 m. Le fort pourcentage de fines (silts plus ou moins argileux) des sédiments (2 à 4%) provoque le colmatage rapide des ouvrages de captage et ce, en dépit d'une transmissivité favorable ($2 \cdot 10^{-2}$ m²/s). Il s'agit également de secteurs marécageux caractérisés par des gradients hydrauliques faibles.
- de l'amont de Charnat jusqu'à la confluence Dore-Allier, l'épaisseur de la tranche d'eau atteint 4 à 6 m. La fluctuation piézométrique ([carte 4](#)) montre une amplitude moyenne de 0,80 à 1,80 m.

A noter l'existence d'une zone de faible épaisseur de la tranche d'eau (inférieur à 2 m) en amont de Puy-Guillaume qui s'expliquerait par la présence du toit du substratum (270 m NGF) très près de la surface du terrain. Cette zone demande des investigations supplémentaires.

VII.2 Perméabilité de la nappe alluviale

Les valeurs de perméabilités et d'emménagement de l'aquifère de la basse plaine de la Dore ne sont connues qu'en quelques points principalement au niveau des champs captants ([carte 6](#)).

Nous présentons ici les principaux résultats des avis des hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique.

1. Puits de Charnières – SIAEP rive droite de la Dore

Titre du rapport : Avis sur les mesures de protection par Mr Livet, Juillet 1993

Objet : Prescriptions à mettre en œuvre sur les périmètres de protection

Localisation du puits : puits d'essai ainsi que 7 piézomètres implantés à Chanières dans les alluvions récentes constituée de sables et de galets. L'épaisseur de la nappe alluviale est de 6,5 m et le niveau hydrostatique s'établit autour de 2,8 m.

Cartographie : Carte du sens d'écoulement de la nappe au droit du puits (pas de repère NGF) L'interprétation de l'essai de pompage à différents paliers de débits (30, 55 et 45 m³/h) a été réalisée par la méthode d'approximation logarithmique de Jacob.

- Les valeurs de perméabilité obtenues sont comprises entre 1,5 et 2,5 * 10⁻³ m/s
- Les coefficients d'emménagement sont estimés entre 2 et 26 % (les valeurs les plus faibles correspondent aux zones les plus colmatées).

La nappe alluviale s'écoule vers la rivière. La direction d'écoulement fait globalement un angle à 45° par rapport à l'axe de la rivière.

2. Puits du champ captant du Felet (9)– Rive gauche et droite de la Dore

Titre du rapport : Avis sur les mesures de protection du champ captant du Felet par M. Frémion (2002)

Objet : détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et modélisation des isochrones à 10 et 50 jours afin d'apprécier la vulnérabilité des 9 puits aux pollutions

Localisation des puits : 2 champs captant réparti de part et d'autre de la Dore avec :

- rive droite, 3 puits sur le territoire de la commune de Thiers
- rive gauche, 6 puits sur le territoire de la commune de Peschadoires

Les alluvions récentes sont des graves (mélanges hétérométriques de sables et de galets : sables fins ou grossiers alternant avec des graviers ou des galets de nature variée) issues du démantèlement de la basse et moyenne terrasse.

Les valeurs de perméabilité sont comprises entre 10⁻³ et 1,5 10⁻³ m/s.

Les auteurs insistent particulièrement sur l'importance des anciens chenaux correspondant aux anciens cours de la Dore sur les conditions d'alimentation des puits. Les phénomènes de chenalisation de l'aquifère avec mise en évidence d'axes plus transmissifs influent sur la piézométrie

Cartographie : plusieurs cartes sont produites par le bureau d'étude HORIZON dans le cadre de l'étude de vulnérabilité des captages du Felet.

- carte d'implantation des sondages et de la cote du mur des alluvions
- Carte d'implantation des points d'eau et esquisse piezométrique (27/05/1999) (HORIZONS)
- évolution du tracé en plan de la Dore depuis 1825

Conclusion sur le fonctionnement hydrodynamique du site du Felet :

- la nappe est drainée par la Dore et l'ancienne Dore (ancien méandre),
- le champ de captage est influencé par le seuil disposé en travers de la rivière d'une hauteur de 1,4 m qui provoque une légère réalimentation des puits en amont, puis un fort drainage en aval,
- le bras Sud de la Durolle draine sa nappe d'accompagnement. A l'inverse, le bras Nord semble perché et propose une forte réalimentation dans sa partie amont,
- les gravières sont globalement colmatées (drainance de la nappe en partie amont et mise en charge dans la partie aval)
- les fluctuations de niveaux d'eau de la nappe alluviale en rive droite de la Dore sont liées aux fluctuations de cote de la Durolle inhérentes au fonctionnement par éclusée du barrage EDF.

La carte piézométrique du 25/05/99 (situation en hautes eaux) proposée dans ce rapport confirme que la Dore constitue le niveau de base de la nappe. Les courbes isopièzes sont subparallèles au versant et indiquent donc une alimentation par le versant.

Ville de Thiers

Etude de vulnérabilité des captages du FELET

CARTE IMPLANTATION DES POINTS D'EAU ET
ESQUISSE PIEZOMETRIQUE (27/05/1999)

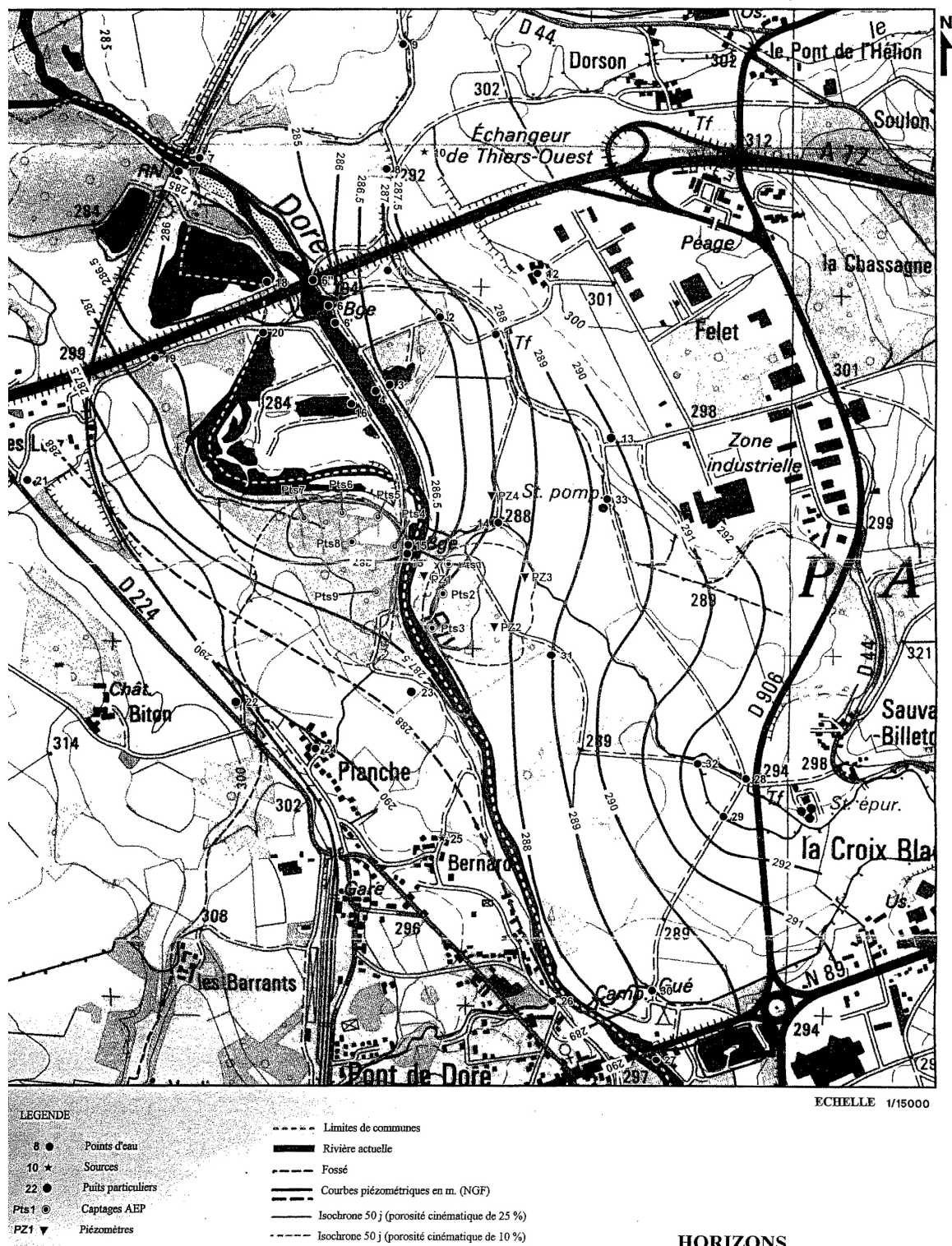


Figure 17 : carte d'implantation des points d'eau et esquisse piézométrique (27/05/99).
Source étude de vulnérabilité des captages du Felet – ville de Thiers – Horizon.

3. Puits du champ captant de Port de Ris (6)– Rive droite de l’Allier

Titre du rapport : Avis préalable – Mise en conformité du champ captant de Port-de-Ris – SIAEP « Plaine de Riom » Communes de Mons et Limons par Monique Frémion, Décembre 2002

Objet : Détermination des caractéristiques hydrodynamiques du site

Localisation du puits : 6 puits localisés en rive droite de l’Allier dans les alluvions récentes. L’épaisseur de la nappe alluviale est comprise entre 4,5 m et 8,5 m.

Cartographie : plusieurs cartes sont présentées :

- Cartes d’évolution morphodynamique de l’Allier et de la Dore(d’après Etude du « lit moyen » de l’Allier dans le Puy de Dôme – LRPC de Clermont-Fd, 1985)
- Plan de situation des 15 sondages à la tarière pour lesquels sont renseignées l’épaisseur d’alluvions, le niveau piézométrique par rapport au terrain naturel et la hauteur d’eau (déduite)

Les valeurs de perméabilité obtenues pour les puits sont comprises entre 1,2 et $6 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Les variations de perméabilité s’expliquent par la variation locale de la nature des alluvions et la présence de chenaux privilégiés d’écoulement (anciens cours de l’Allier) qui se traduisent par des zones de perméabilité plus élevés

Les coefficients d’emménagement sont estimés à 12 %.

Les valeurs de perméabilité recensées dans les rapports ont permis de dresser une première carte des perméabilités pour l’ensemble du secteur d’étude ([carte 6](#)).

Sept classes de perméabilité ont été définies d’après la nature des formations alluviales. A chaque formation alluviale (Fz, Fy-z, Fy, Fx-y) a été associée une valeur de perméabilité issue de l’interprétation des essais de pompage des puits des 3 champs captant identifiés. Les anciens chenaux de la rivière ont été affectés d’une forte perméabilité.

Les perméabilités les plus fortes (supérieur à $3 \cdot 10^{-3}$ m/s) sont situées de part et d’autre du cours d’eau de la Dore et de l’Allier. Les alluvions déposées par les affluents de la Dore possèdent également une perméabilité forte.

Les perméabilités les plus faibles (inférieur à $0,5 \cdot 10^{-3}$ m/s) concernent les basses et moyennes terrasses de la Dore.

VII.3 Transmissivité de la nappe alluviale

Le croisement de la carte des épaisseurs mouillées de la nappe alluviale ([carte 5](#)) avec la carte des perméabilités ([carte 6](#)) a permis de dresser la carte des transmissivités de l'aquifère. Cinq classes ont été définies. Les zones favorables (fortes transmissivités) concernent les zones où l'épaisseur mouillée est importante et la perméabilité forte. A l'inverse, les zones défavorables sont caractérisées par des tranches d'eau faibles et des perméabilités faibles.

Les zones les plus favorables en termes de quantité d'eau disponible pour les usages sont représentées en couleur bleue sur la [carte 7](#). Ces zones sont situées de part et d'autre du cours d'eau de la Dore.

Rappelons qu'il s'agit d'une cartographie globale de la nappe alluviale qui ne prend pas totalement en compte d'une part l'hétérogénéité existante à l'intérieur d'une même formation alluviale (stratification entrecroisée, présence de lentilles argileuses) et d'autre part les particularités hydrologiques (existante d'un seuil sur le cours d'eau influençant la piézométrie, impact des éclusées....)

L'étude hydrogéologique a montré que la nappe alluviale est alimentée par les aquifères contenues dans les basses et moyennes terrasses de la Dore et les précipitations. La Dore constitue le niveau de base de la nappe alluviale. Les directions d'écoulement sont subparallèles au versant. Le gradient hydraulique moyen est de 2 ‰ pour la partie amont et de 0,7 ‰ pour la partie aval.

A une échelle locale, le tracé des courbes isopièzes est influencé par la présence de gravières dont les berges sont fortement colmatées, par l'existence d'anciens chenaux et par le régime hydrologique particulier des affluents.

VIII. Modélisation de la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore

La modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de la Dore vise à répondre à deux objectifs :

- validation du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère précédemment présenté
- simulation des scénarios de gestion de la ressource en eau

VIII.1 Description du modèle mathématique

VIII.1.1 Présentation du logiciel de modélisation

La compréhension du fonctionnement hydrogéologique de la basse vallée de la Dore a permis de construire un schéma conceptuel sur lequel s'est appuyé le choix d'un modèle hydrodynamique adapté.

L'outil de modélisation hydrodynamique utilisée pour le secteur d'étude est le logiciel Visual MODFLOW Premium développé par Waterloo Hydrogeologic Incorporated.

Le fonctionnement de MODFLOW est basé sur :

- une discrétisation du secteur d'étude en mailles carrées avec maillage de type gigogne (3 tailles de mailles possibles),
- une conception déterministe qui résulte de l'application des lois fondamentales de la mécanique des fluides à l'écoulement de l'eau souterraine : loi de Darcy (pertes de charge proportionnelles aux débits) et aux hypothèses de Dupuit (écoulements quasi horizontaux). Le milieu souterrain est considéré comme un milieu poreux saturé,
- une méthode numérique aux différences finies,
- un choix de solveurs itératifs de type direct avec sur ou sous relaxation permettant de résoudre l'équation des écoulements souterrains.

Pour répondre à la spécificité de l'étude d'autres caractéristiques du logiciel ont été utilisées :

- modélisation des aquifères à surface libre
- modélisation des écoulements d'eau souterraine en relation avec les eaux de surface : condition de type drain permettant d'avoir une liaison dynamique avec les rivières tenant compte de l'interface de colmatage et de la position relative de la ligne d'eau par rapport au niveau piézométrique de la nappe
- prise en compte des débits d'eau prélevés dans les champs de captage

- calcul de bilans hydriques détaillés en entrée/sortie sur l'ensemble des éléments du modèle (par mailles ou groupe de mailles)

Les modules suivants de traitement des résultats de calculs utilisés dans l'étude ont été utilisés :

- cartographie des piézométries en coordonnées géographiques (Lambert II étendue)
- cartographie de différence d'états piézométriques : pompage/sans pompage, basses et hautes eaux.

VIII.1.2 Extension et maillage des modèles

-Principe de modélisation

Compte tenu de la géométrie et du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère, la modélisation hydrodynamique repose sur la construction de trois modèles monocouches distincts :

- un maillage amont englobant la zone comprise entre Courpière et Pont de Dore
- un maillage englobant la zone comprise entre Pont de Dore et Charnat
- un maillage aval couvrant la zone entre Charnat et la confluence avec l'Allier.

Pour chaque modèle la taille de la maille est fixée au départ à 50 m.

- Zone modélisée

L'emprise des modèles hydrodynamique de la basse vallée de la Dore comprise entre Courpière et la confluence avec la Dore est donnée en [figure 18](#). Les 3 secteurs sont discrétisés en mailles de 50 m ([figure 18a, 18b et 18c](#)).

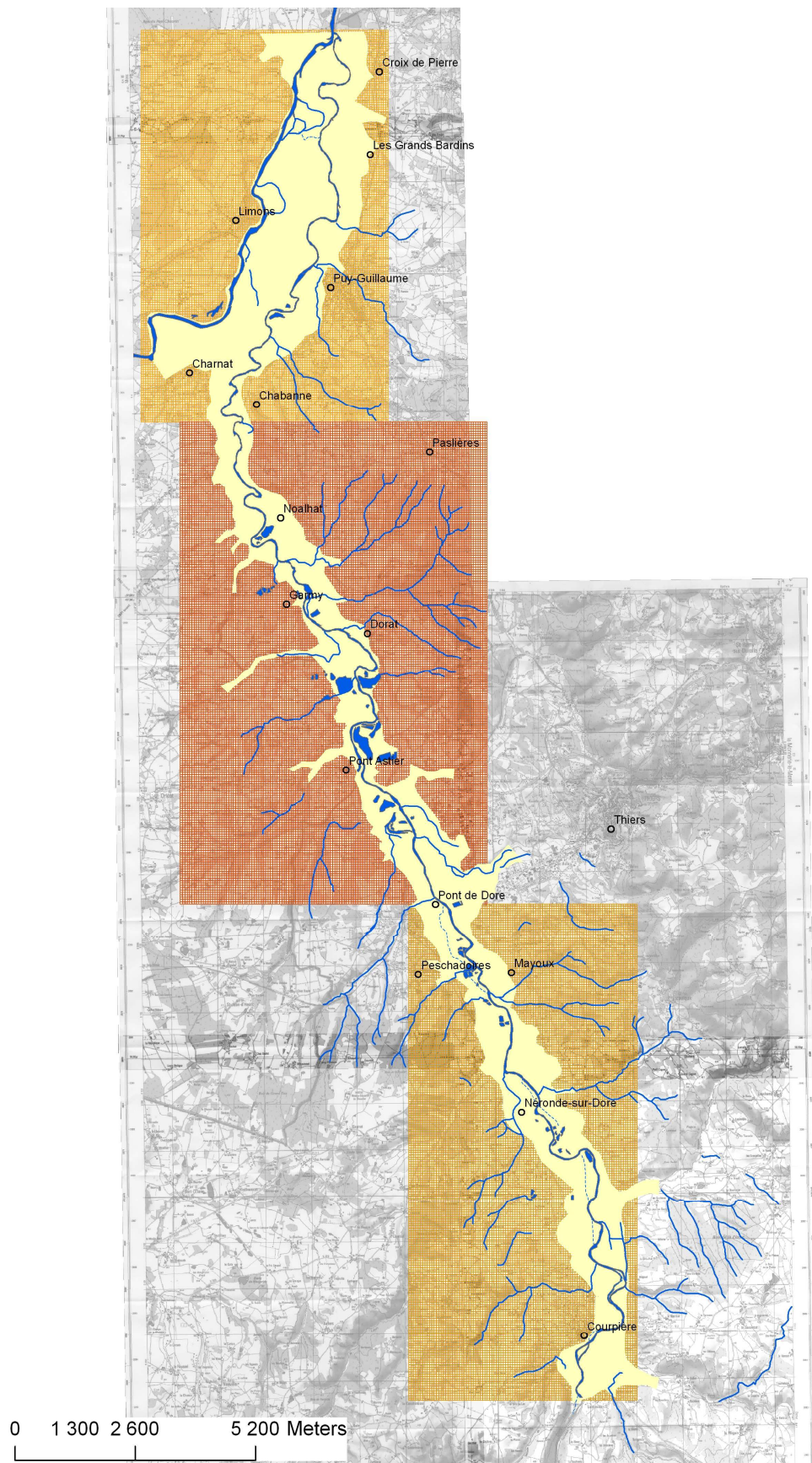


Figure 18 : carte de localisation des trois modèles hydrodynamiques construits pour la plaine alluviale de la Dore. La taille des mailles des modèles est fixée à 50m. Les zones modélisées sont représentées en couleur jaune (alluvions récentes de la Dore)

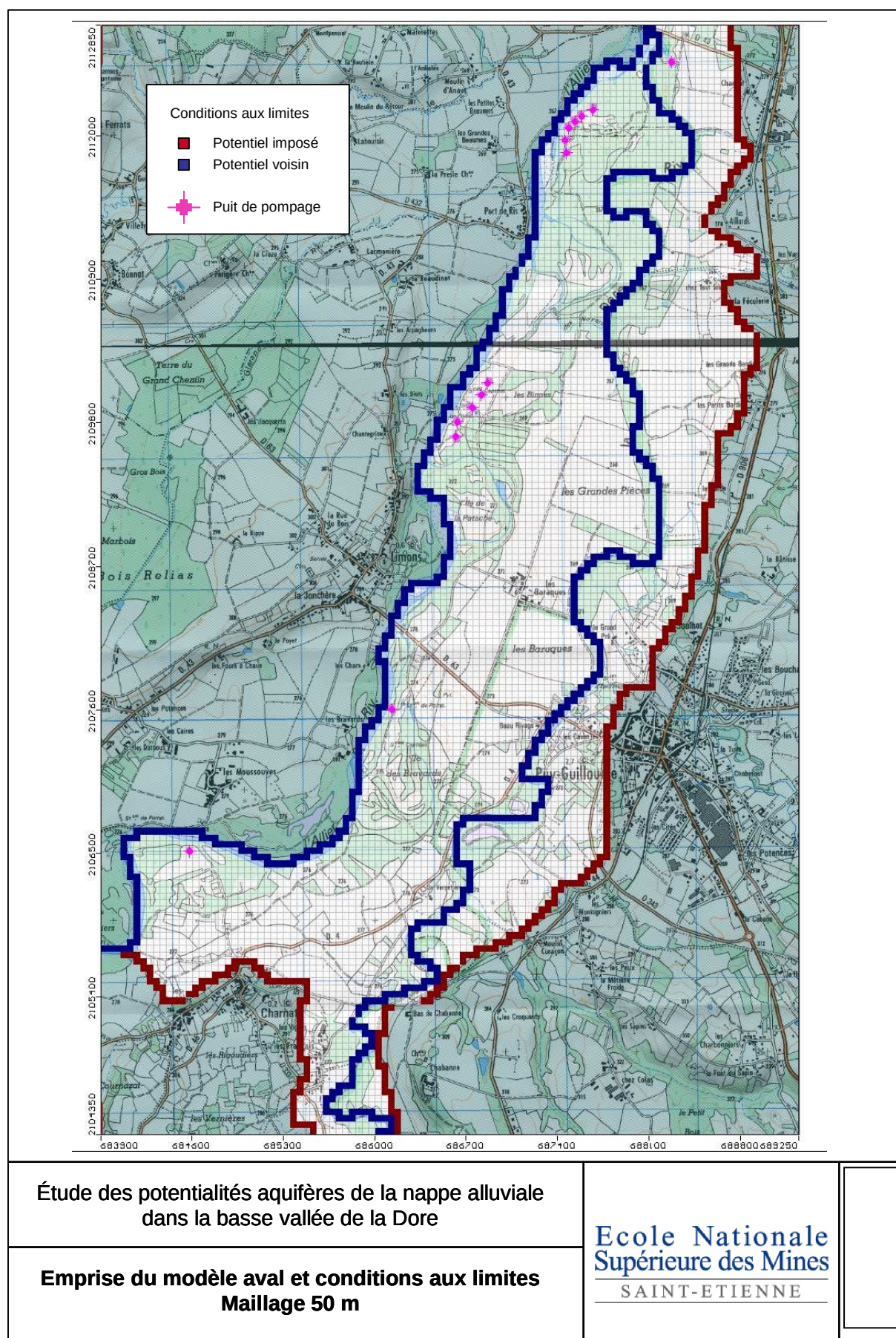
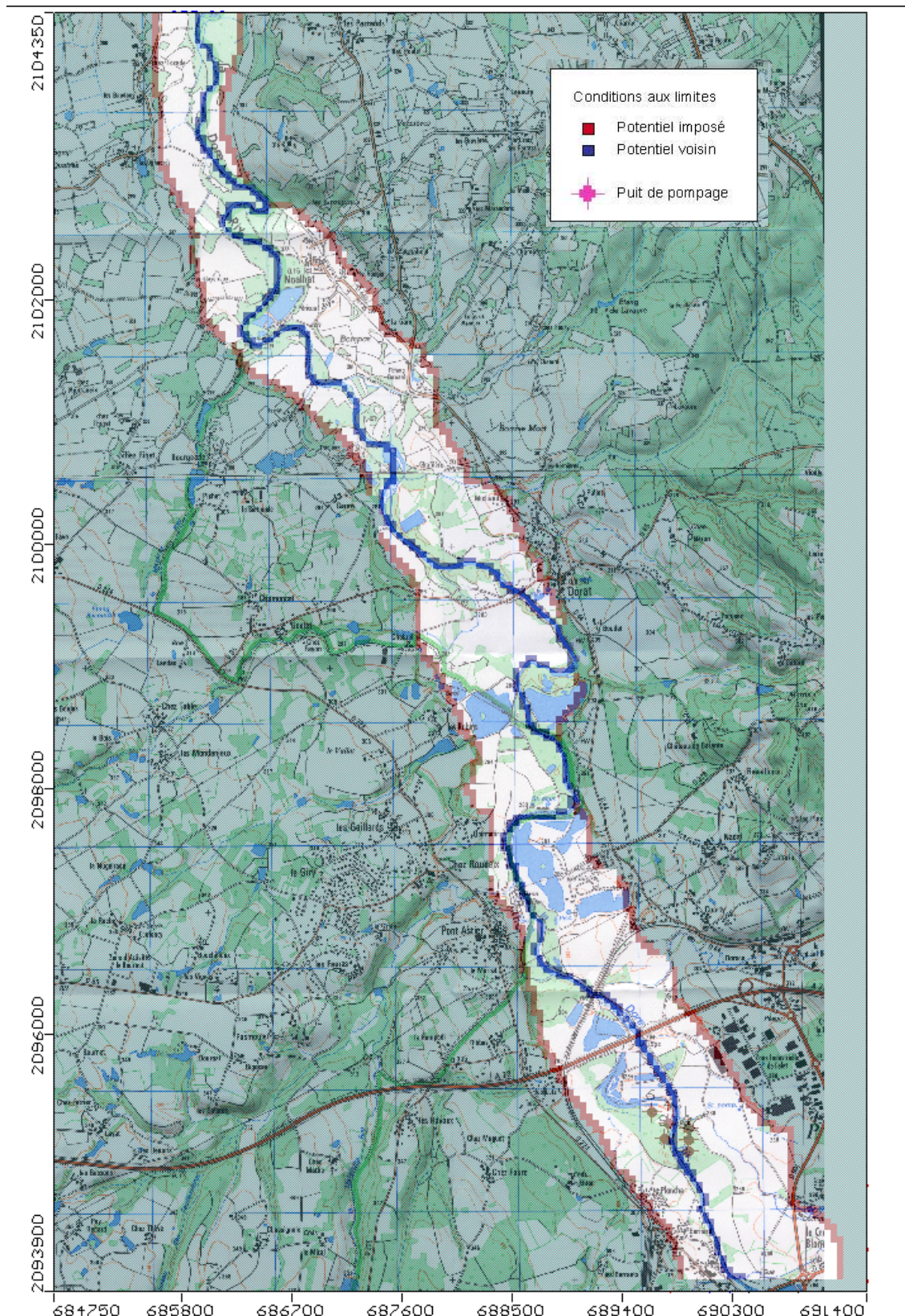
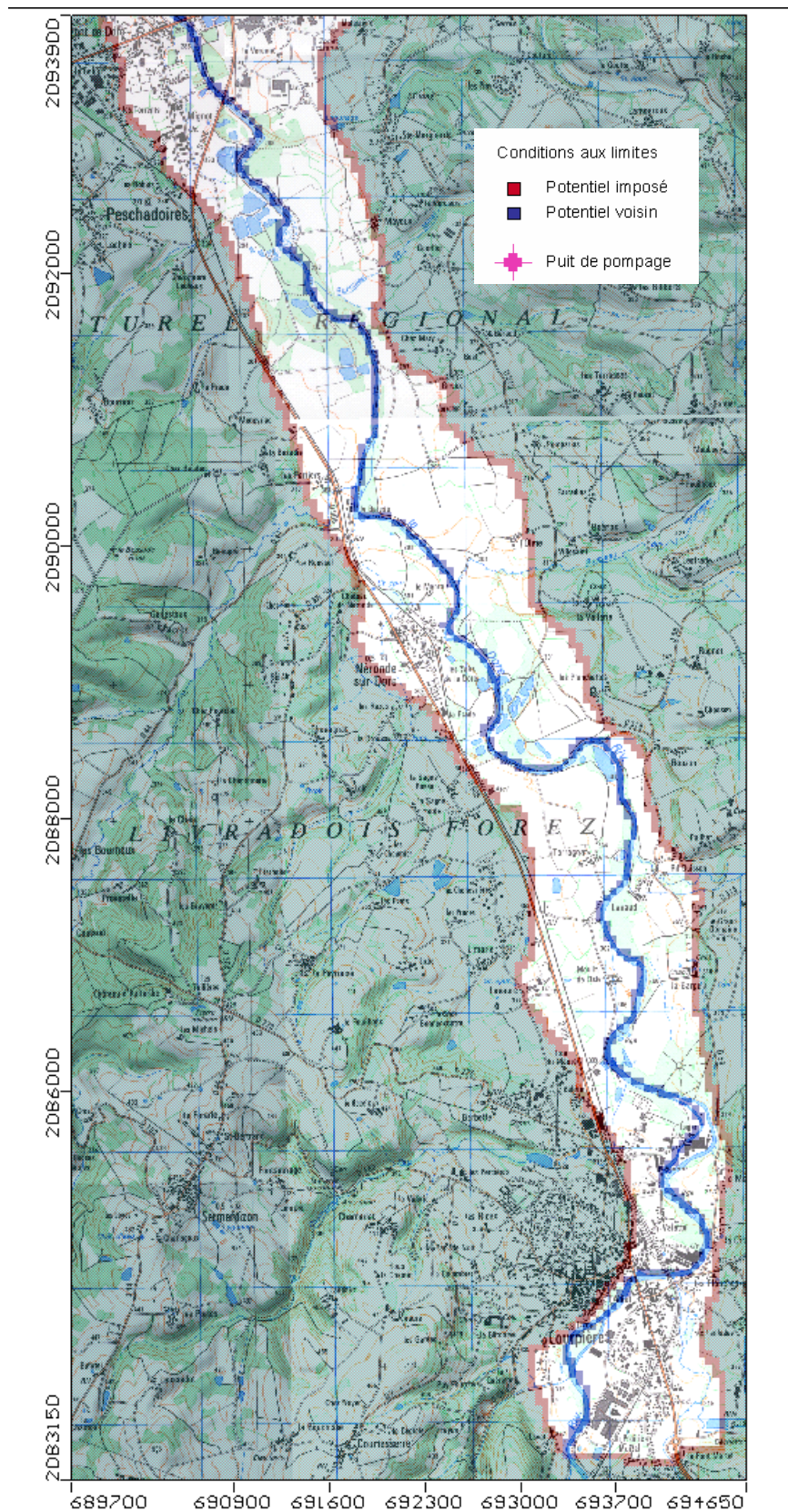


Figure 18a



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	École Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Figure 18b
Emprise du modèle Pont de Dore – Charnat et conditions aux limites. Maillage 50 m		



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Figure 18c
Emprise du modèle Courpière - Pont de Dore et conditions aux limites. Maillage 50 m		

VIII.1.3 Données de base des modèles

- Principales caractéristiques hydrogéologiques

Les trois modèles sont construits sur le principe d'un aquifère à surface libre.

La base des modèles est construite sur des zones homogènes en terme de perméabilité, avec de bas en haut :

1. un substratum imperméable constitué par des formations tertiaires indifférenciées
2. des alluvions récentes sablo graveleuses dans l'axe de la Dore
Granulométrie : grossière
Perméabilité : de 10^{-3} m/s à $8 \cdot 10^{-3}$ m/s
3. des alluvions anciennes formant les basses et moyennes terrasses constituées de lits sablo-graveleux et argileux
Granulométrie : fine
Perméabilité : de $0.006 \cdot 10^{-3}$ m/s à $0.5 \cdot 10^{-3}$ m/s

Dans le modèle de nappe, la perméabilité est isotrope : il n'y a pas de perméabilité directionnelle.

Pour l'ensemble de la zone d'étude, il n'existe que 11 valeurs de perméabilités déterminées par essai de pompage dans les champs de captage ([carte 6](#)). Toutes ces valeurs de perméabilité concernent les alluvions récentes. Les autres valeurs de perméabilité proposées sont issues de travaux bibliographiques.

La carte donnée en [figure 19](#) présente la répartition spatiale des zones de perméabilité pour l'aquifère libre pour le modèle aval. Les valeurs de perméabilités, affectées selon le type de formations alluviales, sont discrétisés en maille et ont nécessité de fixer des limites de classe situées entre les valeurs citées plus haut.

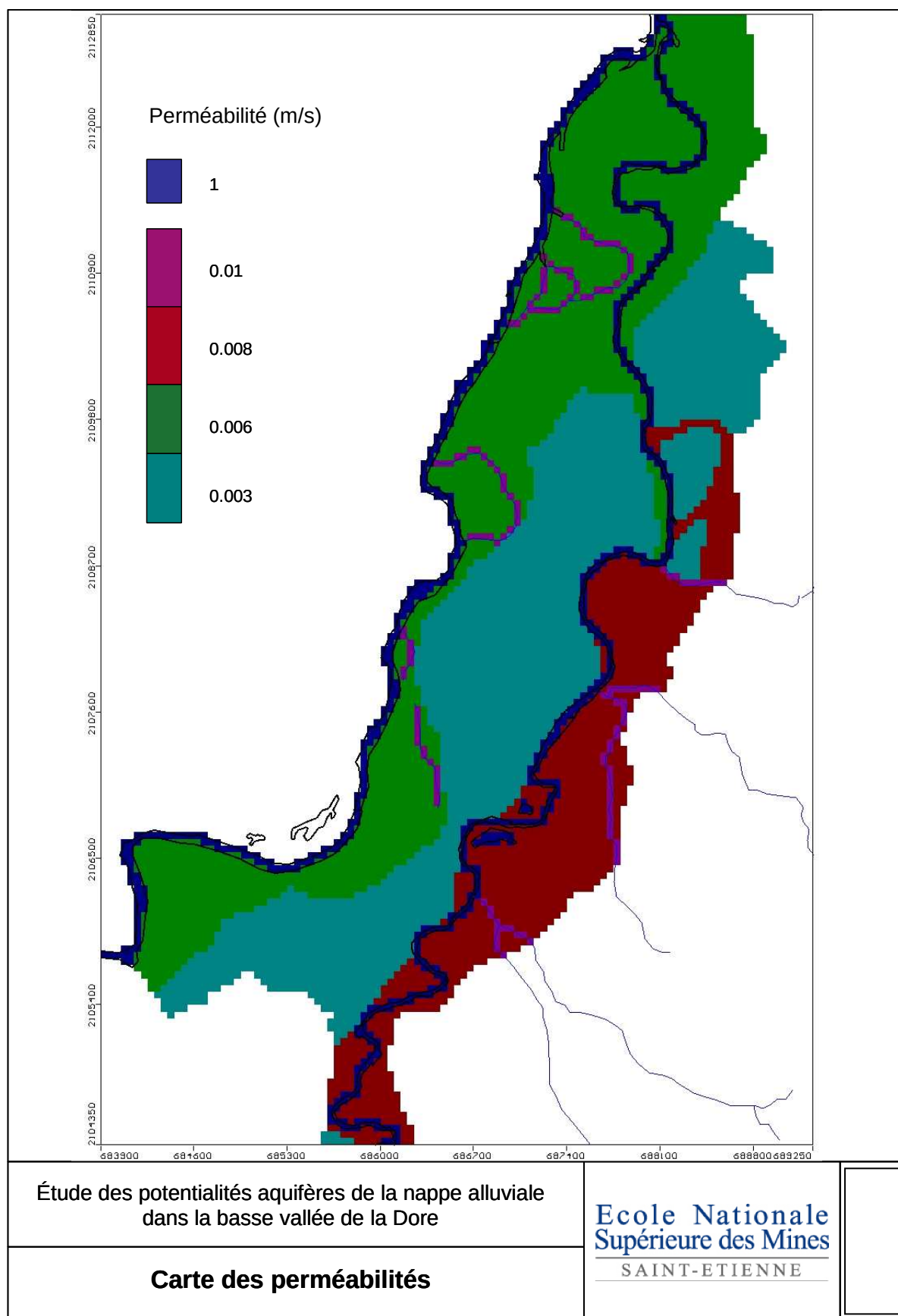


Figure 19 : carte des perméabilités

-Puissance des terrains aquifères

Sur la zone d'étude, l'épaisseur de l'aquifère varie de moins de 5 m à Courpière (partie Sud de la zone modélisée) à 10 m au niveau de la confluence avec l'Allier.

L'épaisseur modélisée de l'aquifère libre est en moyenne de 7 m.

VIII.1.4 Conditions aux limites hydrogéologiques

Les différents types de conditions aux limites du modèle, dictés par la géologie locale, sont présentés pour le modèle aval. Elles concernent :

- le potentiel imposé dans les zones d'entrée liées aux apports du versant Est de la Dore et du versant Ouest.
- le potentiel voisin (rivière) pour l'Allier et la Dore

VIII.1.5 Echanges nappe-rivière

Les rivières peuvent alternativement jouer un rôle d'alimentation ou de drainage de la nappe en fonction de la cote relative du niveau d'eau de la rivière par rapport au niveau piézométrique. Elles ont un rôle prépondérant dans le fonctionnement hydrogéologique de la zone d'étude.

Elles sont modélisées au moyen de conditions de type « drain » : ce terme désigne une cote de ligne d'eau imposée dans un compartiment superficiel. Une condition de type drain est définie par 3 paramètres (figure 20) :

- une cote de drainage H_D (m) qui représente la hauteur d'eau dans la rivière dans la maille
- un coefficient de drainage C_D dont la valeur dépend du colmatage de l'interface aquifère rivière et des pertes de charges liées à la structure tridimensionnelle de l'écoulement au voisinage de la rivière.

Le débit échangé entre l'aquifère et la rivière est donné par l'expression :

$$Q_{CD} = C_D (H_C - H_D), \text{ pour } H_D \text{ donné } (C_D \text{ en m}^2/\text{s})$$

Cette expression fait dépendre le débit qui traverse l'interface aquifère – rivière d'une différence entre deux charges hydrauliques sur une même verticale H_C et H_D . Le sens des échanges est traduit par le signe de Q_{CD} : positif dans le cas d'une recharge de l'aquifère et négatif pour une alimentation de la rivière.

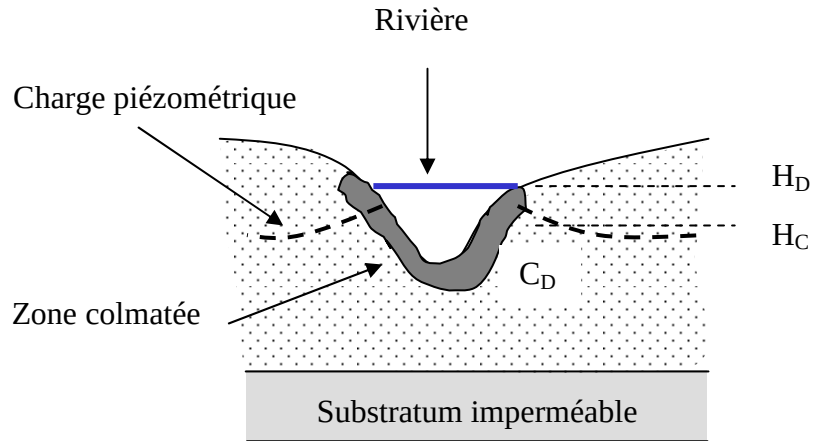


Figure 20 : visualisation des flux à proximité d'une rivière colmatée en liaison hydraulique avec la partie superficielle d'un aquifère et représentation dans le modèle hydrodynamique.

Les eaux de surface qui ont été modélisées sont la Dore et l'Allier avec un coefficient d'échange relativement fort (fond des rivières peu colmaté)

VIII.2 Calage du modèle en régime permanent

-Choix de la piézométrie de référence

Le calage du modèle a été fait sur la base de référence mesuré en 1976 (Etude CETE 63) et sur la carte piézométrique moyennes eaux réalisée. Cet état correspond à une situation moyennes eaux de la Dore.

Les points de mesure piézométrique initiaux utilisés pour le calage du niveau de la nappe comprennent 20 puits et/ou piézomètres.

Préalablement, au calage, une étude de validation des données piézométriques disponibles a été menée. Elle a conduit à éliminer un certain nombre de points de mesure jugés non fiables pour 2 raisons essentielles : nivellement NGF après correction par MNT 50 non fiable, doute sur les niveaux d'eau relevés.

Dans un premier temps, les prélèvements en nappe (AEP, Industriels et Agricoles) n'ont pas été pris en compte lors du calage.

- Paramètres de calage

Le processus de calage du modèle en régime permanent a consisté à réaliser :

- une série de simulations en régime permanent dans lesquelles la répartition des perméabilités a été modifiée par tâtonnements en vue d'aboutir à la reproduction des hauteurs d'eau observées dans les puits et les piézomètres.
- lorsque le résultat a été jugé satisfaisant, un calcul d'évaluation de la précision obtenue a été réalisé.

La simulation en régime permanent en situation hautes eaux permettra alors de vérifier la validité du champ de perméabilité calculée pour l'ensemble du domaine. Une recharge représentant l'infiltration des eaux de pluie sera appliquée à l'ensemble de la zone.

Au cours du calage, il est ressorti l'influence prépondérante des échanges nappe-rivière sur la piézométrie.

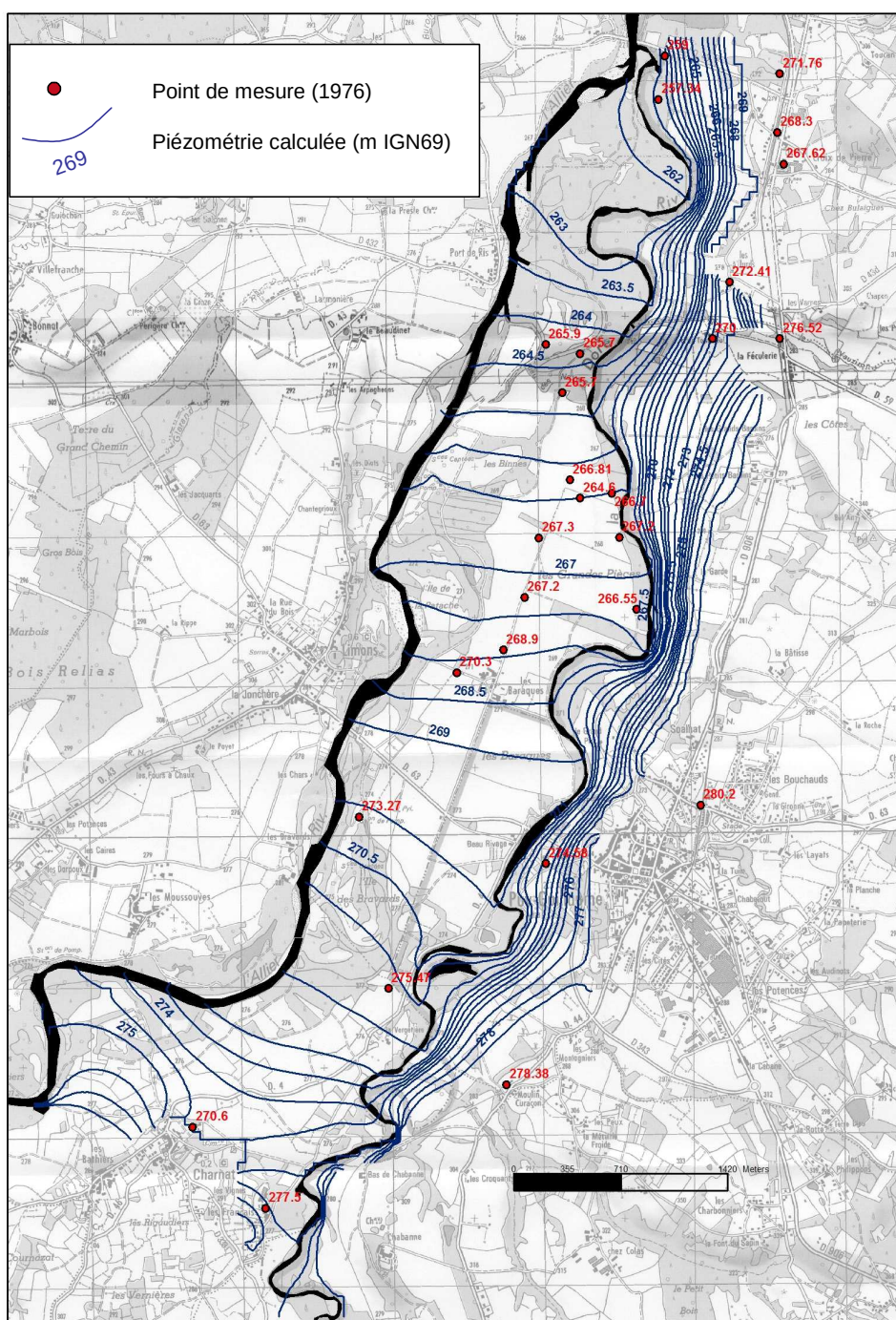
VIII.3 Restitution de la piézométrie par le modèle

Les [figures 21a, 21b et 21c](#) présentent les résultats de calage des 3 modèles en régime permanent avec la piézométrie calculée (m NGF).

Les résultats obtenus montrent que la piézométrie calculée est semblable à la piézométrie de référence. La campagne de mesures réalisée par le BRGM a été utilisée pour caler le modèle.

Une fois les modèles de nappe calés, ils sont utilisés pour quantifier l'impact des prélèvements d'eau sur la nappe alluviale de la Dore pour différents scénarii d'exploitation et différentes conditions hydrologiques définis en concertation avec le maître d'ouvrage.

Le débit optimal de pompage d'exploitation des captages pourra être déterminé.

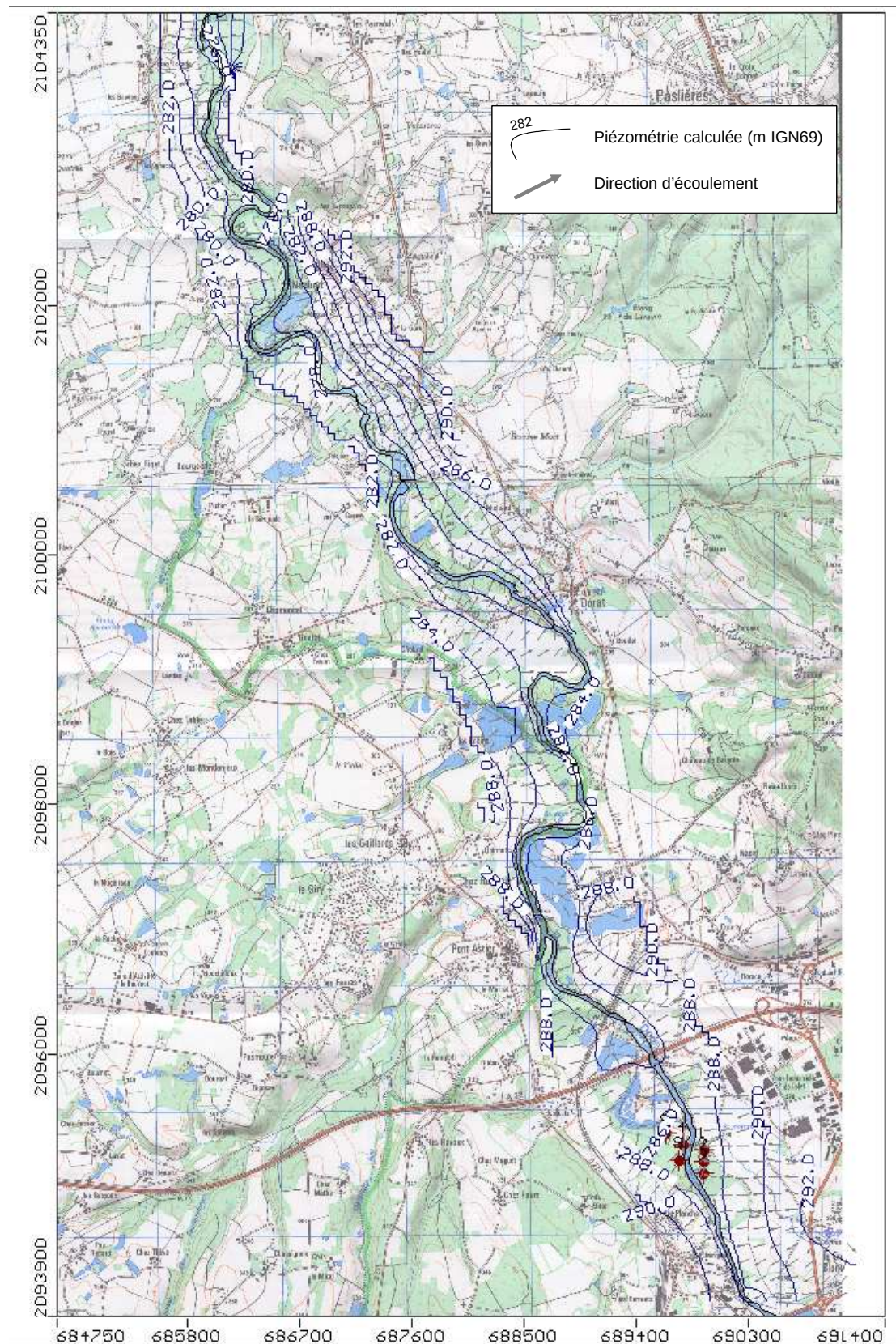


Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale
dans la basse vallée de la Dore

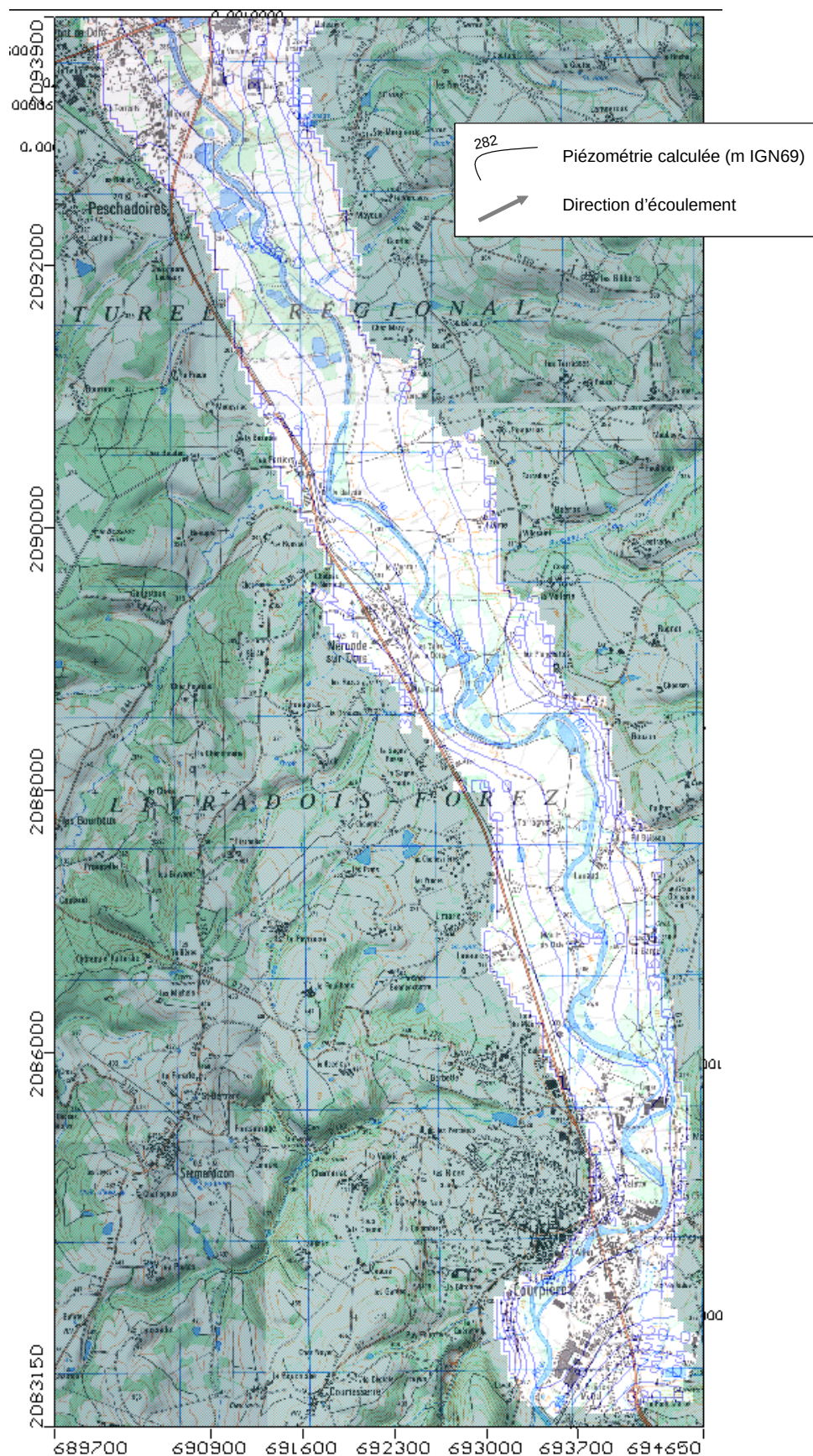
**Piézométrie calculée en régime permanent
(situation moyennes eaux)**

**Ecole Nationale
Supérieure des Mines**
SAINT-ETIENNE

Figure 21a : piézométrie calculée en régime permanent (situation moyennes eaux)



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Figure 21b
Piézométrie calculée en régime permanent (situation moyennes eaux)		



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Figure 21c
Piézométrie calculée en régime permanent (situation moyennes eaux)		

IX Détermination des zones aquifères à fort potentiel et des vulnérabilités associées

Les méthodes de détermination des zones à fort potentiel aquifère d'une part et de hiérarchisation de la vulnérabilité de la ressource en eau dans la basse vallée de la Dore d'autre part reposent sur l'exploitation de l'ensemble des données présentées dans la partie 1 du rapport et sur le diagnostic du fonctionnement de la nappe alluviale de la Dore établi dans le cadre de cette étude.

En ce qui concerne le volet eaux souterraines, la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore a été caractérisée à partir des informations portant sur :

- la nature et la géométrie de l'aquifère : toit du substratum, épaisseur d'alluvions, épaisseur de la zone saturée, zone non saturée
- les caractéristiques de la nappe alluviale et les régimes hydrodynamiques : perméabilité, transmissivité, piézométrie basses eaux, fluctuations piézométriques, alimentation par les versants constitués d'alluvions anciennes, rôle de drainage de la Dore
- la qualité des eaux souterraines : qualité chimique des eaux, source de pollutions potentielles identifiées à partir des bases de données BRGM (BASOL et BASIAS)

L'étude a montré que la nappe alluviale de la Dore se situe dans deux types de formations aquifères :

- les alluvions récentes dont l'épaisseur augmente d'amont et aval et varie de 5 à 8 mètres
- les alluvions anciennes qui présentent un intérêt aquifère limité, mais dont les apports se déversent dans la nappe des alluvions récentes.

Suivant le secteur géographique, le fonctionnement de la nappe diffère :

- Entre Courpière et Charnat, la largeur de la bande d'alluvions récentes est faible, les perméabilités des alluvions sont variables et le colmatage au niveau des gravières indique une stagnation de l'eau. Les captages présentent également des problèmes de colmatage. La nappe est alimentée par les coteaux et les affluents jouent un rôle important. Les débits exploitables sont de l'ordre de 20 à 30 m³/h.

- Entre Charnat et le Bec de Dore, la largeur de la bande d'alluvions est plus importante (2 km) et les perméabilités sont plus fortes. La nappe est alimentée par la Dore et L'Allier. On constate localement des remontées du toit du substratum, ce qui implique des épaisseurs mouillées moins importantes à ces endroits.

La modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de la Dore a permis de valider le fonctionnement hydrologique de l'aquifère et de préparer les scénarios de gestion de la ressource en eau.

Pour le volet eaux superficielles, l'étape 1 a permis d'une part de caractériser le régime hydrologique de la Dore et de ses principaux affluents : débits de référence, crues, étiages et d'autre part de dresser un profil en long de la rivière sur l'ensemble de la zone d'étude (entre Courpière et la confluence avec l'Allier).

Enfin les différents usages de la ressource en eau ont fait l'objet d'une description et d'une cartographie. Ont été notamment identifiés et localisés les captages, avec ou sans DUP, leur type (puits, forages, prises en rivière) et leurs périmètres de protection, le volume des prélèvements pour l'AEP, l'adduction privée, l'irrigation, l'élevage et l'industrie.

L'ensemble des cartes produites a permis d'alimenter en données d'entrée les deux méthodes qui sont présentées ci-après.

IX. 1 Cartographie des zones potentielles aquifères

IX.1.1 Notion de potentiel aquifère

La notion de potentiel aquifère repose sur l'idée que la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore présente des dispositions plus ou moins élevées vis-à-vis de la ressource en eau selon les caractéristiques de l'aquifère et du milieu.

La méthode proposée est une méthode d'évaluation du potentiel aquifère par systèmes paramétriques. Le principe consiste à sélectionner préalablement les paramètres sur lesquels se base l'évaluation du potentiel aquifère. Chaque paramètre est subdivisé en intervalles de valeurs significatives et est affecté d'une note croissante variant de 0 à 100, en fonction de son

importance dans la détermination du potentiel aquifère. La valeur 0 correspond à un potentiel nul, 50 à un potentiel moyen et 100 à un potentiel très élevé.

IX.1.2 Description des paramètres

Quatre paramètres ont été retenus pour l'appréciation du potentiel aquifère de la basse vallée de la Dore entre Courpière et la confluence avec l'Allier. Ils sont liés aux caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale, à la dynamique fluviale passée de la Dore, aux échanges hydriques existants entre la nappe alluviale et la rivière et enfin au type d'occupation du sol.

- Caractéristique hydrodynamique de la nappe alluviale

Il s'agit d'identifier les zones les plus favorables en terme de quantité d'eau disponible pour les différents usages. Le paramètre choisi concerne les transmissivités de l'aquifère qui ont été déterminées lors de la phase 1 du projet. A partir de la carte des transmissivités, six classes ont été définies. Une valeur appelée facteur de potentialité des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, variant de 0 à 100, est attribuée à chaque classe. Les zones les plus favorables sont les zones où la transmissivité est la plus forte (épaisseur mouillée de l'aquifère important et perméabilité forte) et dont la valeur du facteur est égale à 100.

Classes des transmissivités de l'aquifère et valeurs de potentialité correspondantes

Classe des transmissivités	Valeur du facteur
< 0.010 m ² /s	0
0.010 - 0.014 m ² /s	20
0.014 - 0.020 m ² /s	40
0.020 – 0.027 m ² /s	60
0.027 – 0.038 m ² /s	80
> 0.038 m ² /s	100

- Dynamique fluviale passée

Ce paramètre prend en compte l'évolution ancienne de la morphodynamique fluviale de la Dore. Les anciens chenaux correspondant aux anciens cours de la Dore sont des axes plus transmissifs de l'aquifère et représentent donc des zones de fort potentiel aquifère.

Les données relatives aux paléochenaux de la Dore ainsi que la cartographie de la bande de divagation historique de la rivière sont issues de « l'Etude globale la plaine alluviale de la Dore » réalisée en 2008 par le Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne et

l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne (CRENAM) pour le Parc Naturel Régional du Livradois-Forez dans le cadre du SAGE Dore.

Les classes de potentialité de la dynamique fluviale ainsi que les valeurs de facteur sont données dans le tableau suivant.

Classes de la dynamique fluviale et valeurs de potentialité correspondantes

Classe de la dynamique fluviale	Valeur du facteur
- en dehors de la zone de mobilité récente	0
- à l'intérieur de la bande de divagation historique de la rivière	40
- ancien tracé du cours d'eau (paléochenal)	60
- à l'intérieur de la zone de mobilité (bande de divagation et paléochenal)	100

- Intensité des échanges hydriques nappe-rivière

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre de ce projet a montré que la Dore jouait un rôle important dans la piézométrie de la nappe alluviale : drainage de la nappe en période de basses eaux et recharge durant les périodes de hautes eaux et de crues. Il s'agit donc de prendre en compte les échanges hydriques existants entre la nappe alluviale et la rivière dans l'évaluation du potentiel. Ces échanges sont conditionnés d'une part par la nature et l'état des berges du cours d'eau et d'autre part par la dynamique locale actuelle du cours d'eau s'exerçant au niveau d'une unité géomorphologique. Les phénomènes d'incision limitent les échanges hydriques.

Les données ayant permis de construire les classes des intensités des échanges hydriques sont issues de l'étude « Fonctionnement hydrologique et géomorphologique de la Dore dans sa traversée de la Limagne Orientale (bassin de l'Allier, Massif Central). CRENAM – UMR 5600 CNRS Université Jean Monnet » (Cubizolle H., Octobre 2007). Les 7 secteurs géomorphologiques à dynamique actuelle modérée et faible ont été conservés ainsi que la cartographie des contraintes latérales (principalement liées aux enrochements) s'exerçant au niveau des berges du cours d'eau. Enfin, les zones d'incision et d'érosion régressive et progressives du fond du lit du cours d'eau sont prises en compte dans l'analyse.

Au final, la carte des intensités des échanges hydriques est construite par combinaison des trois cartes thématiques. Cette carte est discrétisée en 6 classes auxquelles sont associées des facteurs de potentialité.

Classes des intensités des échanges hydriques et valeurs de potentialité correspondantes

Classe des intensités des échanges hydriques	Valeur du facteur
- dynamique fluviale faible et zone d'incision	0
- dynamique fluviale faible et présence d'enrochement	20
- dynamique fluviale faible	50
- dynamique fluviale faible et présence de zones d'érosion	70
-dynamique fluviale modérée	80
-dynamique fluviale modérée et présence de zones d'érosion	100

- Occupation du sol

Ce paramètre permet d'exclure des zones à fort potentiel les zones bâties ainsi que les anciennes excavations de granulats et les bras morts qui présentent des problèmes de colmatage et de qualité de l'eau.

Classes des occupations du sol et valeurs de potentialité correspondantes

Classe des intensités des échanges hydriques	Valeur du facteur
- Espace bâti	0
- Gravières et bras morts	20
- Espace non bâti	100

A ce stade de la méthode, trois cartes relatives aux paramètres transmissivité de l'aquifère, dynamique fluviale passée, intensité des échanges hydriques nappe-rivière et occupation du sol sont produites à l'échelle 1 :25 000. Pour l'ensemble des cartes, dans un souci d'homogénéisation, les valeurs du facteur de potentialité sont comprises entre 0 et 100.

IX.1.3 Calcul de l'indice de potentialité aquifère

L'indice de potentialité aquifère le nappe alluviale de la Dore est calculé en faisant la somme des produits des valeurs du facteur par les poids des paramètres correspondants. Le poids des paramètres traduit son importance relative.

Ce poids a été fixé en fonction des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère, des avis des hydrogéologues contenus dans les rapports identifiés lors de la phase 1 de l'étude, de notre expérience et également des discussions entre les acteurs concernés par la gestion de la ressource en eau lors de la réunion de présentation de l'état d'avancement du projet.

Les valeurs des poids des paramètres de la méthode sont présentées dans le tableau suivant.

Poids attribués aux paramètres

Paramètre	Poids
Caractéristique hydrodynamique	5
Dynamique fluviale passée	4
Intensité des échanges nappe-rivière	3
Occupation du sol	1

Critères d'évaluation de la potentialité

Degré de potentialité	Indice de potentialité
Faible	< 500
Moyen	500 – 650
Elevé	650 – 900
Très élevé	> 900

Quatre classes de potentialité aquifère ont été extraites, selon les valeurs des indices de potentialité : faible, moyen, élevé et très élevé.

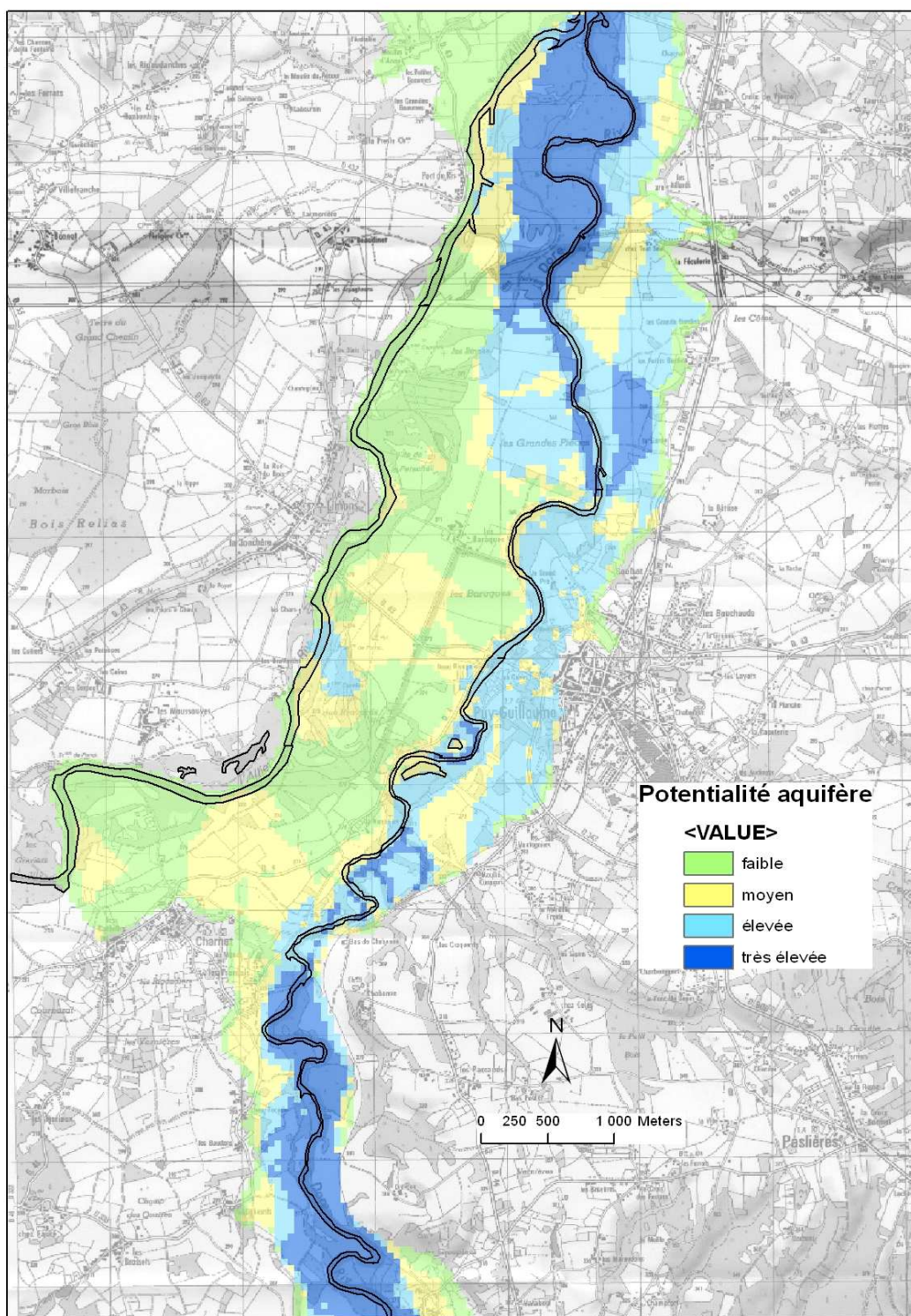
IX.1.4 Résultats

La carte de potentialité aquifère de la ressource en eau dans la basse vallée de la Dore entre Courpière et le bec de Dore montre qu'il existe encore un certain potentiel aquifère : 36 % de la superficie de la plaine alluviale de la Dore est classée en potentialité aquifère élevée à très élevée.

Degré de potentialité	Pourcentage (%)	Superficie (ha)
Faible	39	1720
Moyen	25	1110
Elevé	22	976
Très élevé	14	612

Cinq zones à fort potentiel aquifère peuvent être identifiées ([cartes 8](#)):

- la zone du bec de Dore au niveau de la confluence avec l'Allier. Les zones à potentiel aquifère très élevé sont situées de part et d'autre des cours d'eau de la Dore et de l'Allier
- l'intérieur du méandre de la Dore (Rive Droite) situé 500 m en aval de Puy Guillaume
- le corridor fluvial situé entre Charnat et Dorat. Il s'étend sur un linéaire de 6 Km de part et d'autre de la Dore et représente le secteur à plus fort potentiel aquifère de la basse vallée entre Courpière et la confluence.
- le secteur du Felet situé sur la commune de Thiers
- les méandres en amont de Néronde-sur-Dore.

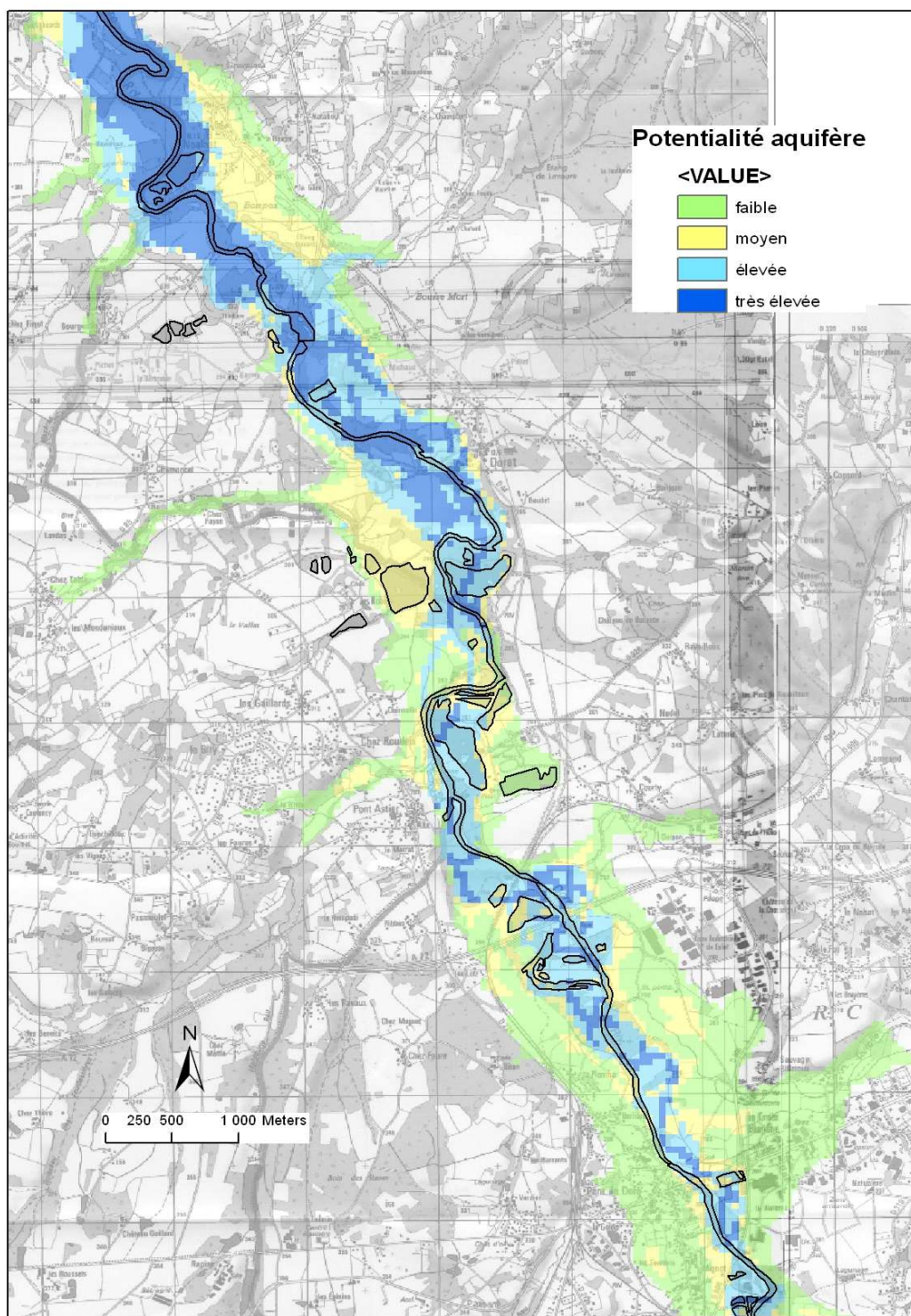


Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la
basse vallée de la Dore

**CARTE DES POTENTIALITES
AQUIFERES**

**Ecole Nationale
Supérieure des Mines**
SAINT-ETIENNE

Carte 8

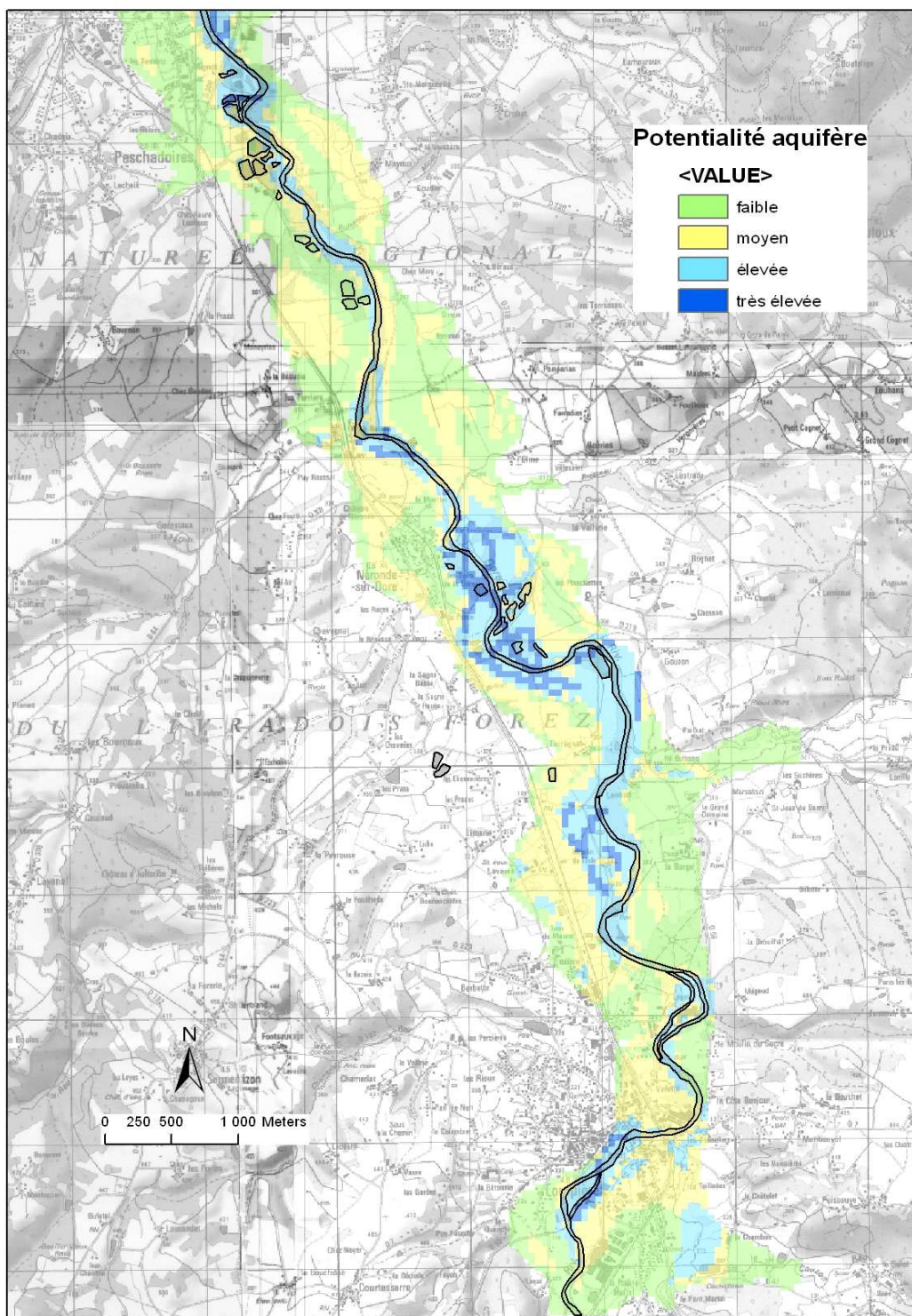


Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la
basse vallée de la Dore

**CARTE DES POTENTIALITES
AQUIFERES**

**Ecole Nationale
Supérieure des Mines**
SAINT-ETIENNE

Carte 8



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la
basse vallée de la Dore

**CARTE DES POTENTIALITES
AQUIFERES**

**Ecole Nationale
Supérieure des Mines**
SAINT-ETIENNE

Carte 8

IX. 2 Détermination de la vulnérabilité de la ressource en eau

IX. 2. 1 Définition de la notion de vulnérabilité

La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que le milieu physique, en relation avec la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore, procure un degré plus ou moins élevé de protection vis-à-vis des pollutions, selon les caractéristiques du milieu.

Deux types de vulnérabilité peuvent être distingués :

- la vulnérabilité intrinsèque qui a pour objectif d'identifier les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines
- la vulnérabilité spécifique qui définit la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque.

Dans le cadre de ce projet de recherche, l'étude s'intéresse à la vulnérabilité intrinsèque de la ressource en eau.

IX. 2. 2 Méthodes de vulnérabilité intrinsèque existantes

Il existe dans la littérature plusieurs méthodes d'évaluation de la vulnérabilité verticale intrinsèque à la pollution des aquifères. Toutes ces méthodes sont basées sur des systèmes paramétriques : le principe commun de ces systèmes consiste à sélectionner préalablement les paramètres sur lesquels se base l'évaluation de la vulnérabilité. Chaque paramètre est subdivisé en intervalles de valeurs significatives et est affecté d'une note croissante, en fonction de son importance dans la vulnérabilité.

Méthode DRASTIC

La méthode DRASTIC développée par l'Agence américaine de protection de l'environnement USEPA. Sept paramètres sont pris en compte dans le calcul de la valeur de l'indice de vulnérabilité : la profondeur de l'aquifère (D : Depth to water), la recharge efficace de l'aquifère (R : net Recharge), la lithologie de l'aquifère (A : Aquifer media), le type de sol (T : Topography), la pente topographique du terrain (T : Topography), l'impact de la zone non saturée (I : Impact of vadose zone) et enfin la conductivité hydraulique de l'aquifère (C : Conductivity of the aquifer). Chaque paramètre est classé en classes associées à des cotes variant de 1 à 10. La valeur 1 représente les conditions de plus faible

vulnérabilité à la pollution. Une valeur numérique, appelée poids paramétrique, comprise entre 1 et 5, est ensuite attribuée à chaque paramètre, reflétant son degré d'influence. Les valeurs de l'indice de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère sont alors calculées en faisant la somme des produits des cotes par les poids des paramètres correspondants. Dans le cadre de cette méthode, les valeurs varient de 23 à 226. Ces valeurs sont ensuite classées en quatre classes permettant de définir 4 degrés de vulnérabilité : faible, moyen, élevé et très élevé.

Paramètre	Version DRASTIC standard
D : <i>profondeur de l'aquifère</i>	5
R : <i>recharge efficace</i>	4
A : <i>matériaux de l'aquifère</i>	3
S : <i>type de sol</i>	2
T : <i>pente topographique du terrain</i>	1
I : <i>matériaux de la zone non saturée</i>	5
C : <i>conductivité hydraulique de l'aquifère</i>	3

Poids des paramètres dans la version de la méthode DRASTIC standard

Degré de vulnérabilité	Indice de vulnérabilité
Faible	< 100
Moyen	101 – 140
Elevé	141 – 200
Très élevé	> 200

Critères d'évaluation de la vulnérabilité dans la méthode DRASTIC

En changeant les valeurs des poids des paramètres, les auteurs de la méthode proposent deux versions : une version standard appliquée dans le cas où les contaminants sont des polluants inorganiques et une version « pesticides ».

Méthode SINTACS

La méthode SINTACS représente une adaptation de la méthode DRASTIC aux conditions méditerranéennes. Elle prend en considération les mêmes paramètres et propose cinq scénarios différents de vulnérabilité :

- un scénario « impact normal » pour les régions faiblement cultivées et peu urbanisées
- un scénario « impact sévère » pour les régions où l'occupation des sols est intensive, avec des terres cultivées à forte utilisation de pesticides, de fertilisants et d'irrigation, la présence de zones industrielles et urbaines denses.
- trois scénarios qui sont fonction de l'intensité de l'infiltration des eaux superficielles vers les aquifères.

Indice de susceptibilité SI (Susceptibility Index)

Cette méthode de vulnérabilité verticale, développée au Portugal, permet de tenir compte du comportement des polluants d'origine agricole, notamment les nitrates. Prenant en considération les mêmes paramètres que les deux autres méthodes précédentes, elle introduit un nouveau paramètre qui concerne « l'occupation des sols »

Les trois méthodes présentées ont été utilisées et validées sur de nombreux cas d'application. Elles sont à présent largement utilisées même si les cartes de vulnérabilité produites nécessitent d'être confrontées à des campagnes de mesures de polluants.

Dans le cadre de ce projet de recherche, il est proposé d'adapter ces méthodes au cas de la basse vallée de la Dore. Les données acquises sur l'ensemble du secteur d'étude lors de la phase 1 du projet permettent de construire une carte globale de la vulnérabilité intrinsèque du milieu.

En outre, les systèmes d'information géographique (SIG) utilisés représentent des outils tout à fait pertinents pour l'application de ces méthodes paramétriques.

IX. 2. 3 Méthode de détermination de la vulnérabilité de la ressource en eau

Trois paramètres ont été retenus pour l'appréciation de la vulnérabilité de l'aquifère libre de la basse vallée de la Dore. Ils concernent l'épaisseur de la zone non saturée, la conductivité de l'aquifère et le type d'occupation du sol. Les 2 premiers paramètres sont une mesure indirecte du temps de propagation d'une pollution accidentelle à partir de la surface du terrain naturel vers la nappe alluviale. Le dernier paramètre permet de prendre en compte les usages du territoire.

- Epaisseur de la zone non saturée

Il s'agit de prendre en compte l'impact de la zone vadose ou zone non saturée (ZNS) du sol qui correspond à la partie du sous-sol située entre la surface du sol et le toit de la nappe alluviale. C'est essentiellement dans cette zone où les pores du sol sont partiellement remplis d'eau et d'air que les phénomènes d'autoépuration ont lieu. Autrement dit, plus la nappe alluviale se trouve à une profondeur importante par rapport à la surface du terrain naturel, plus elle est protégée des pollutions.

Ce paramètre permet de représenter de façon indirecte le temps de propagation verticale d'un polluant dans la zone non saturée vers l'aquifère.

Les valeurs ayant permis de construire la carte des zones non saturées sont issues de la campagne piézométrique moyennes eaux de 1976 réalisée pour l'étude « Répartition des ressources en eau et en granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore (Etude CETE 63) » et des relevés piézométriques réalisés dans le cadre de la présente étude en août 2008. Nous n'avons pas directement utilisé la carte piézométrique globale réalisée pour ce projet en raison du manque de précision du Modèle numérique de terrain (erreur moyenne de 5m) et de la faible épaisseur de l'aquifère.

L'interpolation des valeurs des 121 puits retenus a été réalisée à l'aide de la méthode des polygones de Thiessen qui a permis de spatialiser les semis de points.

La carte des zones non saturées a été discrétisée en 7 classes de vulnérabilité. Une valeur appelée facteur de vulnérabilité de la zone vadose, variant de 0 à 100 (du moins vulnérable au plus vulnérable), est attribuée à chaque classe.

Classes des zones vadoses et valeurs de vulnérabilité correspondantes

Classe des zones vadoses	Valeur du facteur
0 – 1.5 m	100
1.5 – 3 m	90
3 – 4.5 m	60
4.5 – 6 m	30
6 – 7.5 m	20
7.5 – 9 m	10
> 9 m	0

- Conductivité hydraulique de l'aquifère

Ce paramètre prend en compte la nature et les caractéristiques des terrains aquifères. Il s'agit d'une mesure de la vitesse de déplacement du polluant dans la zone saturée. Ainsi, les vitesses d'écoulement souterrain (vitesse de Darcy) fortes sont caractérisées par une grande vulnérabilité.

Les conductivités hydrauliques sont issues des 3 modèles d'écoulement souterrain mis en œuvre dans le cadre de cette étude.

Les conductivités sont discrétisées en 7 classes de vulnérabilité auxquelles sont associées des facteurs de vulnérabilité.

Classes des conductivités hydrauliques et valeurs de vulnérabilité correspondantes

Classe des conductivités hydrauliques	Valeur du facteur
0.06 10 ⁻³ m/s	0
0.1 10 ⁻³ m/s	10
0.5 10 ⁻³ m/s	20
1 10 ⁻³ m/s	50
3 10 ⁻³ m/s	70
6 10 ⁻³ m/s	90
8 10 ⁻³ m/s	100

- Occupation du sol

Ce paramètre prend en compte les usages de l'eau.

La classification utilisée pour ce paramètre est la classification CORINE Land Cover. Les valeurs du facteur d'occupation des sols sont issues de la méthode SI (Susceptibility Index) décrite précédemment. Les principales classes d'occupation des sols et les valeurs du facteur sont données dans le tableau suivant.

Nous n'avons pas utilisé la carte d'occupation du sol réalisée par le Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne dans le cadre de l'étude globale de la plaine alluviale de la Dore car la zone couverte concernait seulement le lit majeur de la Dore entre Courpière et la confluence avec l'Allier.

Principales classes d'occupation des sols et valeurs de vulnérabilité correspondantes

Classe d'occupation des sols	Valeur du facteur
Décharge industrielle, décharge d'ordures	100
Cultures annuelles irriguées et non irriguées	90
Carrières	80
Zones artificielles couvertes, zones vertes, zones urbaines continues	75
Cultures permanentes (vignes, vergers..)	70
Zones urbaines discontinues	70
Pâturages et zones agro-forestières	50
Milieux aquatiques	50
Forêts et zones semi-naturelles	0

A ce stade de la méthode, trois cartes relatives aux paramètres épaisseur de la zone vadose, conductivité hydraulique et occupation du sol sont produites à l'échelle 1 :25 000. Les valeurs numériques sont comprises entre 0 et 100 ; la valeur 50 indiquant une vulnérabilité moyenne.

IX. 2. 4 Calcul de l'indice de vulnérabilité de la ressource en eau

L'indice de vulnérabilité de la ressource en eau est calculé en faisant la somme des produits des valeurs du facteur par les poids des paramètres correspondants. Les valeurs des poids des paramètres de la méthode sont présentées dans le tableau suivant.

Poids attribués aux paramètres

Paramètre	Poids
Epaisseur de la zone vadose	5
Conductivité hydraulique	3
Occupation du sol	5

Critères d'évaluation de la vulnérabilité

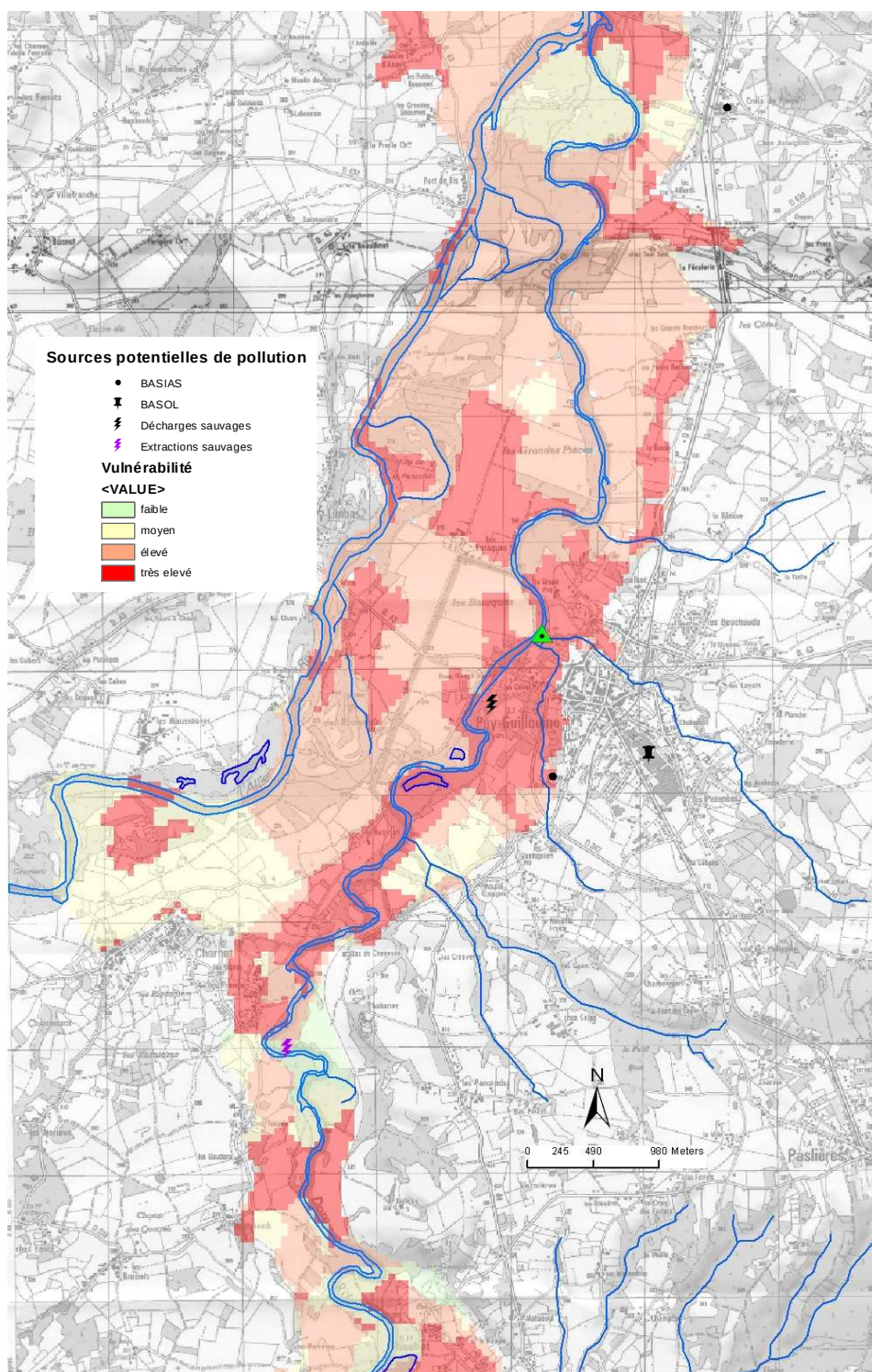
Degré de vulnérabilité	Indice de vulnérabilité
Faible	< 500
Moyen	500 – 650
Elevé	650 – 800
Très élevé	> 800

Quatre classes de vulnérabilité ont été extraites, selon les valeurs des indices de vulnérabilité : faible, moyen, élevé et très élevé.

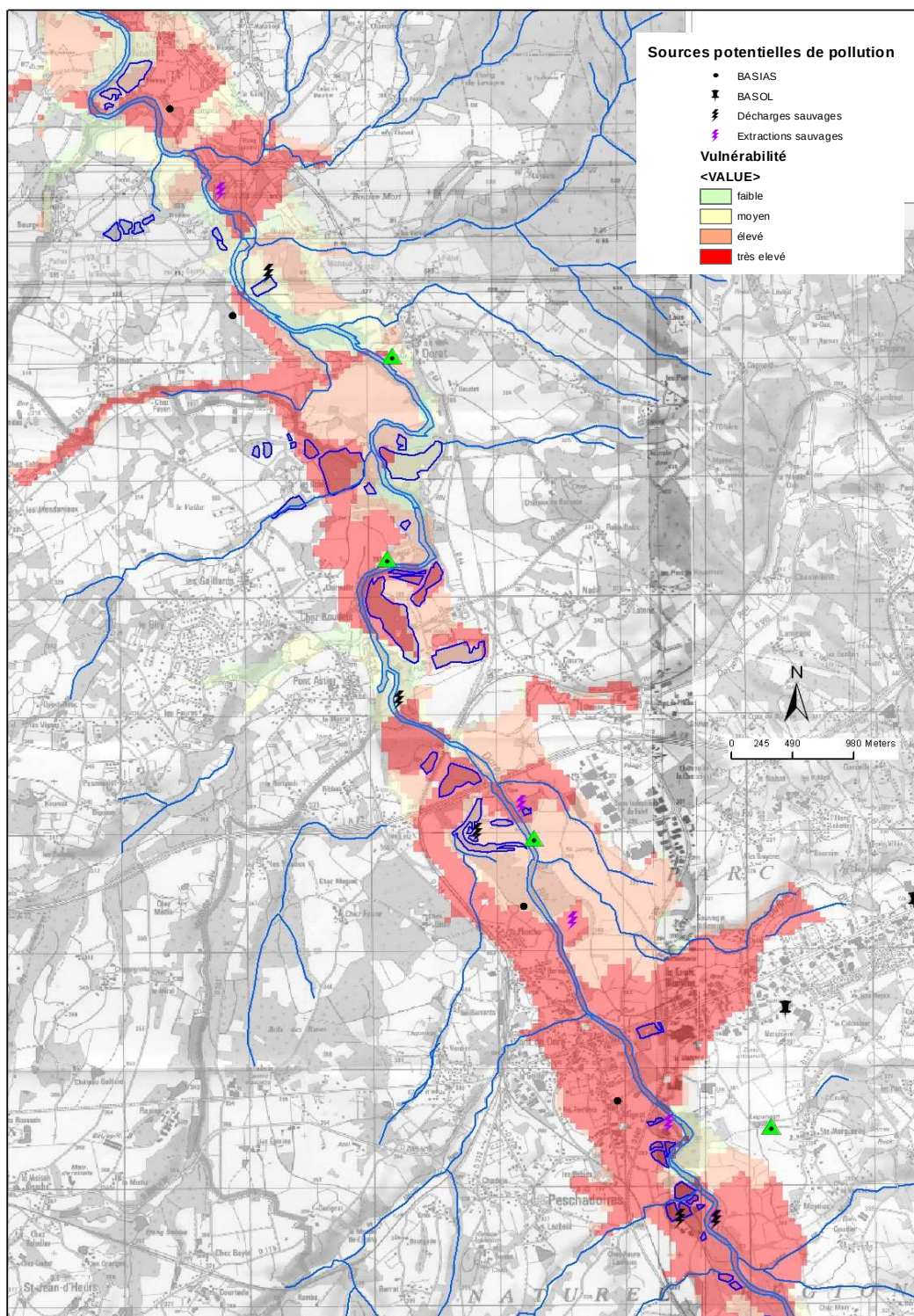
IX. 2. 5 Résultats

La carte de vulnérabilité intrinsèque de la ressource en eau dans la basse vallée de la Dore entre Courpière et le bec de Dore ([carte 9](#)) montre un très fort degré de vulnérabilité : 80 % de la superficie de la plaine alluviale de la Dore est classée en vulnérabilité élevée à très élevée.

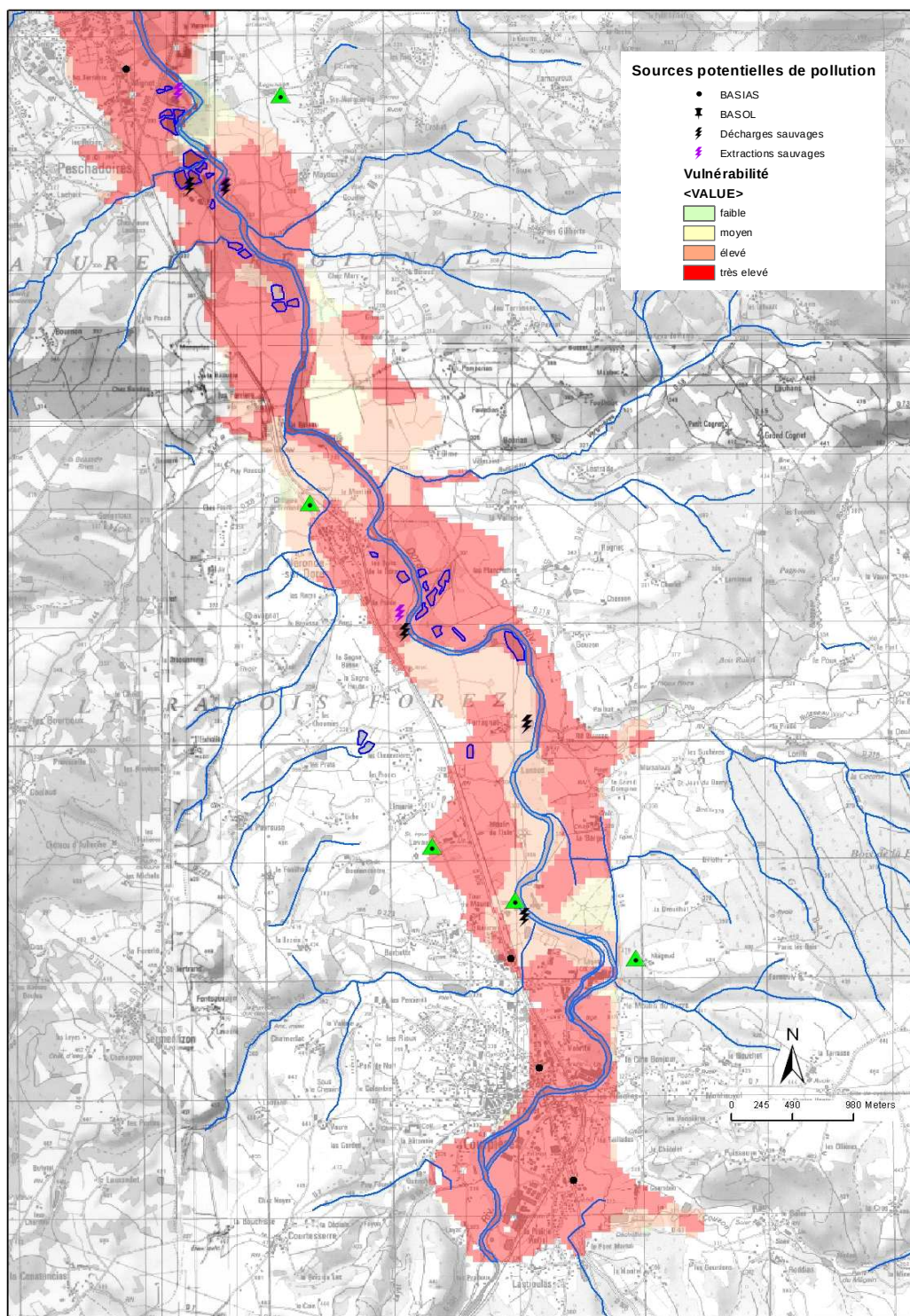
Degré de vulnérabilité	Pourcentage (%)	Superficie (ha)
Faible	3	132
Moyen	12	536
Elevé	38	1662
Très élevé	42	2048



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Carte 9
CARTE DE VULNERABILITE		



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Carte 9
CARTE DE VULNERABILITE		



Étude des potentialités aquifères de la nappe alluviale dans la basse vallée de la Dore	Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE	Carte 9
CARTE DE VULNERABILITE		

IX. 3 Qualité des eaux souterraines et sources de pollution potentielles

IX. 2. 1 La basse vallée de la Dore

Les analyses d'eau de la Dore réalisées au niveau de Pont-Astier à Dorat (source : l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne) montrent une altération de la qualité de la rivière pour plusieurs paramètres : minéralisation de manière permanente, mais aussi ponctuellement pour les matières organiques oxydables et pour les matières azotées.

Cette dégradation de la qualité de la Dore a en partie, pour origine les activités anthropiques situées en amont de la zone étudiée car ces altérations sont également constatées sur la station de Giroux située à 10 km environ en amont de Courpière.

Dans la basse vallée de la Dore et plus précisément au droit de la nappe alluviale, différentes activités et /ou sites pouvant potentiellement libérer des polluants susceptibles d'atteindre la nappe alluviale ont été recensés. Ils sont représentés sur les figures suivantes.

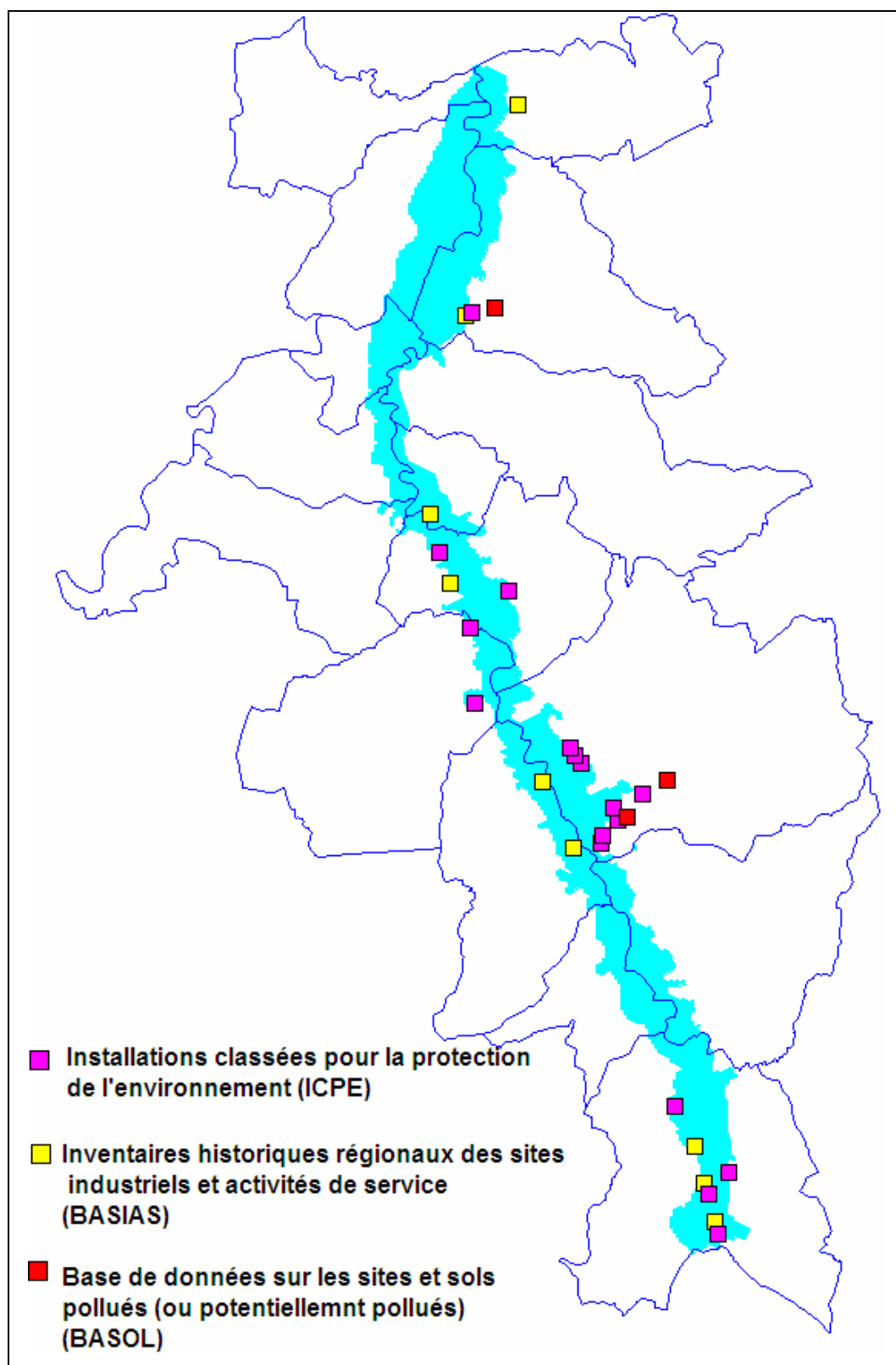


Figure 22 : localisation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, des anciens sites industriels et activités de service, des sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) implantés au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore. Les traits de couleur bleue représentent les limites communales.

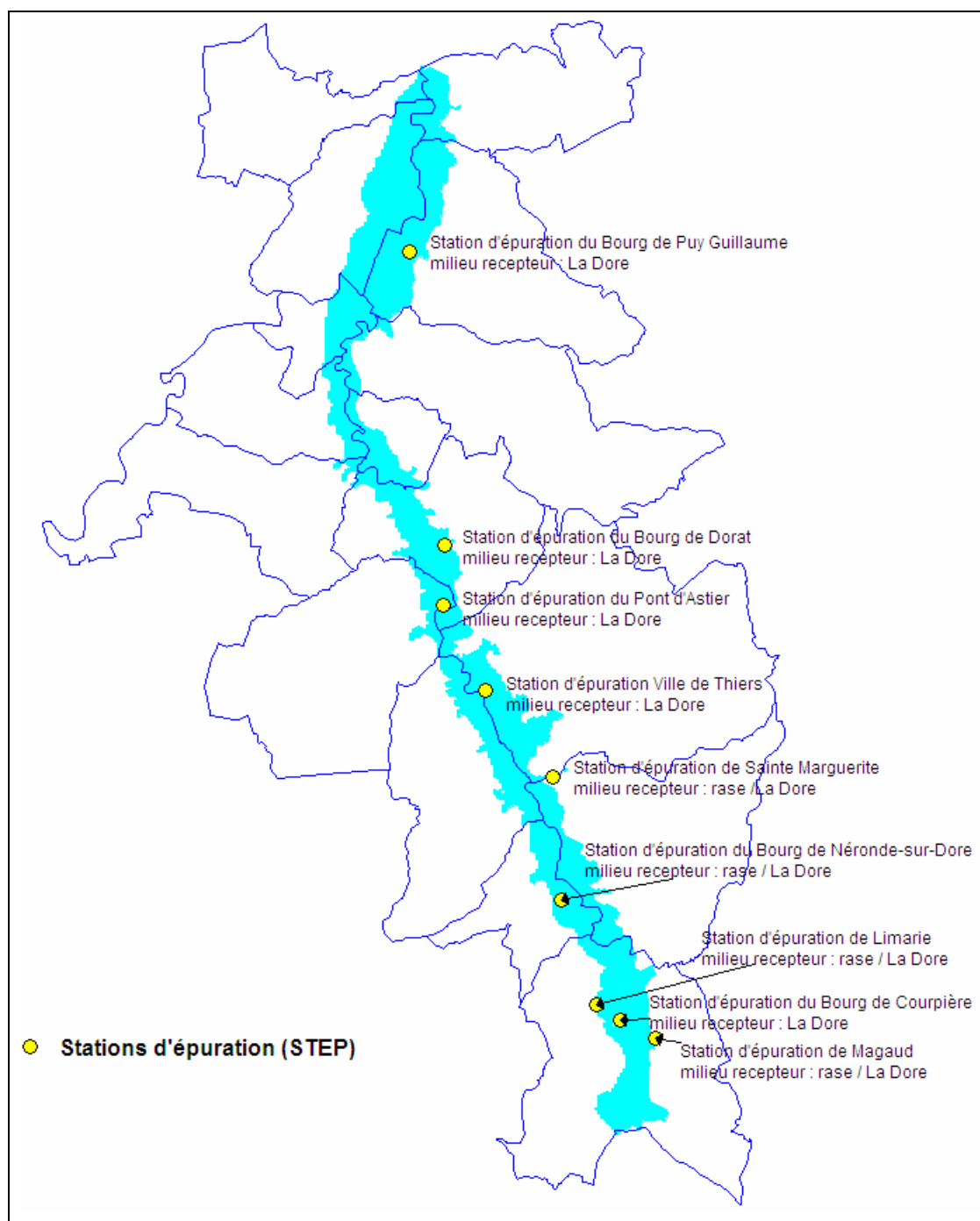


Figure 23 : localisation des stations d'épuration implantées au droit de la nappe alluviale de la Dore entre Courpière et le bec de Dore. Les traits de couleur bleue représentent les limites communales.

Les voies de communication peuvent également constituer, à travers le trafic qu'elles supportent, des sources de pollution potentielles. La [figure 24](#) présente les principales voies de communication situées dans la basse vallée de la Dore.

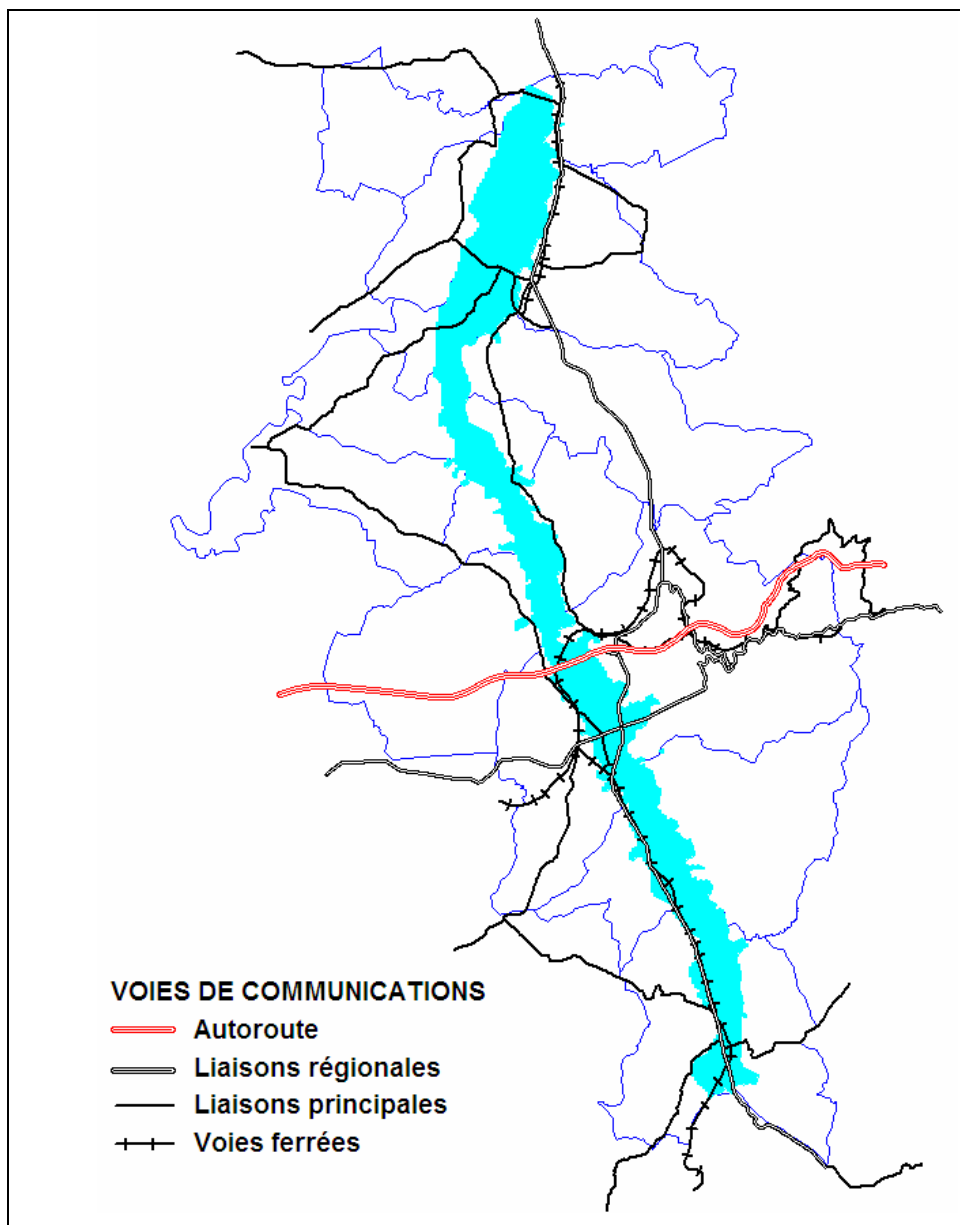


Figure 24 : localisation des principales voies de communication de la basse vallée de la Dore. Les traits de couleur bleue représentent les limites communales.

IX. 2. 1 Les zones à potentiel aquifère favorable

Cinq zones à potentiel aquifère favorable ont été identifiées ([cartes 10](#)).

Leurs indices de vulnérabilité sont comme pour l'ensemble de la nappe alluviale, plutôt élevés voir très élevés ([cartes 9](#)). Elles présentent également toutes un aléa inondation fort à moyen. Plusieurs zonages de type environnemental (Natura 2000, ZNIEFF, ZICO...) sont recensés dans les cinq zones.

IX.2.1.1 Zone I

Ce secteur correspond à l'amont immédiat de la zone de confluence entre l'Allier et la Dore.

Aucune source majeure de pollution potentielle n'a été identifiée dans cette zone. Les activités anthropiques recensées dans cette zone sont des cultures agricoles localisées sur la rive droite de la Dore.

L'implantation de nouveaux ouvrages de prélèvements d'eau souterraine dans ce secteur peut être contrainte par :

1. La présence de plusieurs champs captants et plus particulièrement de leurs périmètres de protection rapprochée dans lesquels la réalisation de forages est restreinte voir interdite ;
2. Une zone d'érosion importante au niveau du méandre des Aillards sur la commune de Ris. L'implantation de puits doit en effet pouvoir se faire dans une zone où les berges sont stables au risque, à moyen ou long terme, de compromettre la pérennité des installations de pompage ;
3. des contraintes dynamiques car tout ce secteur est compris dans la zone de divagation historique de la Dore ;
4. des enjeux environnementaux forts (essentiellement sur la rive gauche de la Dore) et en particulier la présence de stations d'espèces prioritaires.

IX.2.1.2 Zone I1

Ce secteur englobe le méandre des baraques situé en aval de Puy Guillaume.

La station d'épuration de Puy Guillaume implantée en amont immédiat du méandre constitue une source potentielle de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les contraintes environnementales ne sont pas très élevées mais la présence de nombreuses activités anthropiques liées à l'existence de la ville de Puy-Guillaume en amont et notamment d'activités industrielles, font que l'implantation de puits destinés à l'AEP dans ce secteur ne serait pas très pertinente.

IX.2.1.3 Zone I1I

Ce secteur est celui qui couvre la plus vaste superficie des cinq zones à potentiel aquifère favorable. Il est compris entre Charnat en aval et Dorat en amont.

Plusieurs sources potentielles de pollution ont été identifiées dans cette zone :

1. deux anciennes décharges communales, l'une sur Noalhat en rive droite de la Dore et l'autre sur Dorat en rive gauche;
2. une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE). Il s'agit d'une industrie extractive de sables et graviers située à Thiolière (commune de Dorat) ;
3. des extractions sauvages de granulats sur le territoire de la commune de Dorat (rive droite) et sur le territoire de la commune de Paslières (rive droite) ;
4. la station d'épuration du bourg de Dorat.

Tout projet d'implantation de nouveaux forages devra également tenir compte de l'existence des périmètres de protection du puits de Chanière (SIAEP rive droite de la Dore) et des contraintes qui s'y rapportent.

Plusieurs méandres du tronçon III subissent une érosion latérale. Dans la quasi-totalité des sites, le recul des berges semble s'atténuer. Il perdure toutefois au niveau du méandre de Chanière en rive droite de la rivière (commune de Dorat). Ces éléments devront être pris en compte dans le choix de sites d'implantation de forages.

La zone III comporte plusieurs secteurs à intérêt écologique très fort (source : étude globale de la plaine alluviale de la Dore – CEPA & CRENAM - 2008).

IX.2.1.4 Zone IV

Ce secteur s'étend de Pont Astier à l'aval (commune d'Orléat) au village de Planche en amont (commune de Peschadoires).

Plusieurs sources potentielles de pollution ont été identifiées dans cette zone :

1. la station d'épuration de la ville de Thiers sur la rive droite de la Dore ;
2. l'ancienne décharge communale de Peschadoires à Planche sur la rive gauche ;
3. deux sites de dépôts de déchets non autorisés sur la rive droite de la Dore (commune de Thiers) ;
4. un site d'extraction sauvage de granulats en rive droite (commune de Thiers).

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement n'est implantée au droit des zones à potentiel aquifère moyen ou très élevé toutefois la zone industrielle du Felet qui jouxte la zone IV en rive droite comporte plusieurs établissements de ce type.

De nombreuses voies de communications et en particulier l'autoroute A 72 traversent la zone IV. Les éventuels accidents de trafic qui peuvent s'y produire représentent également des sources de pollution non négligeables.

La présence du champ captant du Felet (AEP de la commune de Thiers) et plus particulièrement de ses périmètres de protection, restreint la création de nouveaux puits dans la partie amont de la zone IV. Toutefois, la procédure réglementaire de protection de cette ressource n'a pas été menée à son terme car aucune Déclaration d'Utilité Publique (DUP) n'a été prise pour ces puits.

Le secteur situé entre Pont Astier et l'autoroute est caractérisé d'une part par une vaste zone à intérêt écologique très fort en rive gauche et d'autre part, par plusieurs zones d'érosion des berges.

Les nombreuses contraintes qui existent dans la zone IV, essentiellement d'origine anthropiques, limitent le nombre de sites adéquats pour la création de nouveaux puits.

IX.2.1.5 Zone V

Cette zone, de faible superficie, s'étend du bourg de Néronde-sur-Dore au premier méandre situé en amont immédiat du bourg.

Aucune source notable de contamination potentielle des eaux souterraines n'a été recensée dans ce secteur hormis un dépôt illégal de déchets en rive gauche sur le territoire de la commune de Courpière et une extraction sauvage de granulats en amont de Néronde-sur-Dore.

Le méandre de Néronde-sur-Dore a été affecté par une érosion de ses berges dans les secteurs amont et aval. Ces phénomènes paraissent avoir été bloqués par des enrochements.

La zone V comporte peu de zones à intérêt écologique fort. Il y existe néanmoins deux stations à espèces prioritaires.

X Scénarii d'exploitation de la ressource en eau

Deux scénarii prioritaires d'exploitation de la ressource en eau ont été définis lors de la présentation du bilan intermédiaire de l'étude le 6 mars 2009 à Thiers. Ils concernent d'une part l'augmentation des prélèvements d'eau dans les pompages existants et d'autre part l'effet de captages supplémentaires sur les zones potentielles.

En outre, on recherchera le débit maximal d'exploitation dans la nappe alluviale de la Dore. Il s'agit d'identifier dans quelle mesure l'alimentation en eau par la nappe alluviale peut contribuer à soulager les têtes de bassin versant même si pour des raisons énergétiques, l'alimentation des villes et villages par gravité depuis les têtes de bassin est plus intéressante économiquement que le relevage de l'eau depuis la nappe alluviale. Cette simulation se justifie d'autant plus que sur la Montagne Thiernoise, il ne reste que très peu de sources ou de ruisseaux non captées et les teneurs en arsenic vont devenir problématiques. En outre, il existe des risques de non respect des objectifs DCE pour le paramètre hydrologie pour les masses d'eau de la Credogne et de la Durolle

Les impacts d'une augmentation du débit prélevé sont appréciés au niveau des écoulements souterrains et des écoulements de surface.

En ce qui concerne les écoulements souterrains, il s'agit de préciser le niveau de rabattement autour des puits de prélèvements, la modification éventuelle des directions d'écoulement de la nappe alluviale et des vitesses d'écoulement.

Pour la partie eau superficielle, il s'agit de préciser la variation du débit et la baisse du niveau d'eau dans la rivière lors des phases de pompage notamment en période d'étiage. L'appréciation de l'impact sera réalisée par rapport aux objectifs de débit du projet de SDAGE de 2009.

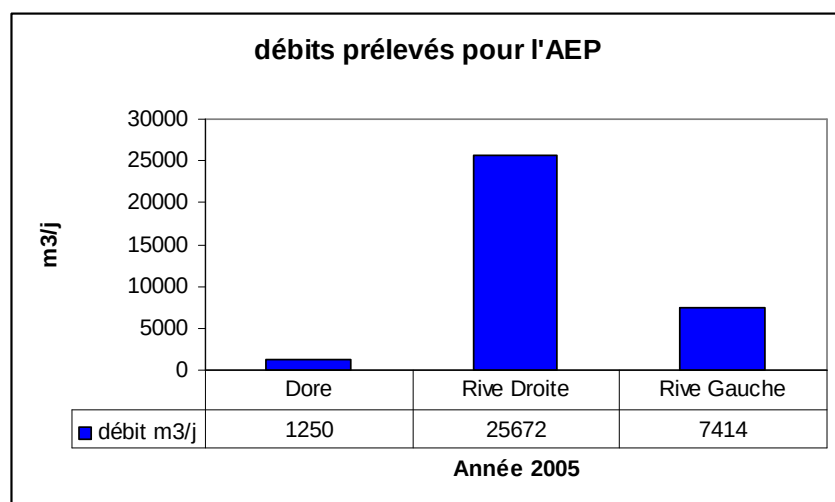
L'étude et les simulations hydrodynamiques réalisées sur le secteur du Felet (commune de Thiers) et présentées lors du bilan intermédiaire de l'étude ont montré que 80% des débits prélevés au niveau des 9 puits de captage proviennent du cours d'eau par infiltration à travers la berge.

Dans le cadre des simulations de nouveaux prélèvements et d'installation de nouveaux champs de captage, une attention particulière sera donc portée sur les modifications du régime hydrologique de la rivière.

X.1 Rappel des débits prélevés

Le diagramme de répartition des débits prélevés pour l'alimentation en eau potable des communes ainsi que les prélèvements d'eau pour les usages industriels a été construit à partir des données 2005 fournies par la DDASS. Pour rappel, on dénombre :

- 409 puits ou captages de source pour la partie bassin versant de la Dore rive droite
- 147 puits ou captages pour la partie bassin versant de la Dore rive gauche
- 6 puits au niveau de la plaine alluviale de la Dore



Le volume total prélevé sur l'ensemble du bassin versant de la Dore pour l'usage AEP et pour l'année 2005 est de 34340 m³/j, soit 397 l/s.

Les volumes prélevés pour l'industrie représentent pour l'année 2005 14400 m³/j soit 167 l/s.

Ces valeurs de débits seront utilisées pour quantifier l'impact des prélèvements sur les débits d'objectifs d'étiage de la Dore.

X.2 Rappel des objectifs de débit du SDAGE sur la Dore

Le SDAGE Loire Bretagne de 1996 a défini des objectifs quantitatifs à respecter pour chaque point nodal du bassin Loire Bretagne. Trois débits ont été fixés :

- **le Débit d'Objectif d'Etiage (DOE).** Il s'agit du débit moyen mensuel permettant de satisfaire tous les usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux.
- **Le Débit Seuil d'Alerte (DSA).** Il s'agit du débit moyen journalier en dessous duquel une des fonctions du cours d'eau est compromise. La fixation de ce seuil tient également compte de l'évolution naturelle des débits et de la nécessaire progressivité des mesures pour ne pas atteindre le débit de crise.
- **Le Débit de Crise (DCR).** Il correspond au débit moyen journalier en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile, de l'alimentation en eau potable de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits.

Le DOE est fixé dans un objectif de gestion à long terme. Il se rapporte au régime général d'étiage de la rivière. Il a été défini par référence à la valeur de débit moyen observé qui n'est franchie en moyenne que 2 fois tous les 10 ans (QMNA5).

Les DSA et DCR représentent des seuils pour la gestion de crise, destinés, eux, à être suivis en terme de débit moyen journalier.

Ces trois débits ont été fixés pour la rivière Dore sur le point nodal qui se situe à l'aval du bassin au niveau de la station hydrométrique de Dorat. Pour des raisons hydrauliques, le point nodal n'a pas été placé au point de confluence de la Dore et de l'Allier qui correspond au « contrôle » de tout le bassin versant de la Dore. Cependant, les valeurs fixées tiennent compte des usages et des besoins du bassin versant complet.

Les valeurs des différents débits sont répertoriées dans le tableau suivant.

Débit d'Objectif d'Etiage (DOE) :	2.5 m ³ /s
Débit Seuil d'Alerte (DSA)	2.2 m ³ /s
Débit de Crise (DCR).	2.0 m ³ /s

X.3 Franchissement des débits d'objectifs du SDAGE

L'utilisation des débits moyens journaliers de la station hydrométrique de Dorat (entre 1991 et 2008) a permis de construire le graphique et le tableau de franchissement des débits d'objectif d'étiage.

Nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE pour la période 1991-2008

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Débit Seuil d'Alerte (DSA = 2.2 m ³ /s)	17						10	19					95	3	54	15		
Débit de Crise (DCR = 2.0 m ³ /s)	12						7	17					81		43	9		

	Fréquence /18
Débit Seuil d'alerte (DSA =2.2 m ³ /s)	7
Débit de Crise (DCR =2.0 m ³ /s)	6

Sur la période 1991-2008, le Débit Seuil d'Alerte a été dépassé 17 jours en 1991, 10 jours en 1997, 19 jours en 1998, 95 jours en 2003, 3 jours en 2004, 54 jours en 2005 et 15 jours en 2006. La fréquence de dépassement est de 7 années sur 18.

Pour la même période, le Débit de Crise a été dépassé 12 jours en 1991, 7 jours en 1997, 17 jours en 1998, 81 jours en 2003, 43 jours en 2005 et 9 jours en 2006. La fréquence de dépassement est de 1 année sur 3, ce qui semble représenter une valeur forte.

En ce qui concerne le Débit d'Objectif d'Etiage, il a été franchi durant 3 mois pour l'année 2003 et 1 mois en 2006.

Nombre de mois de franchissement du débit d'objectif d'étiage (DOE) du SDAGE pour la période 1991-2008.

Année	Mois	Débit mensuel moyen (m ³ /s)
2003	Juillet	1.585
	Août	1.090
	Septembre	1.830
2005	Août	2.130

En soustrayant les prélèvements pour l'AEP et les usages industriels, pour la période 1991-2008, la fréquence de dépassement du DSA est de 2 années sur 9 et pour le DCR 1 année sur 6. Le DOE aurait été franchi les mois de Juillet, Août et Septembre pour l'année 2003.

Nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE pour la période 1991-2008 en soustrayant les prélèvements pour l'AEP et les usages industriels

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Débit Seuil d'Alerte (DSA = 2.2 m ³ /s)								12					61		12	3		
Débit de Crise (DCR = 2.0 m ³ /s)								6					46		1			

	Fréquence /18
Débit Seuil d'alerte (DSA =2.2 m ³ /s)	4
Débit de Crise (DCR =2.0 m ³ /s)	3

Nombre de mois de franchissement du débit d'objectif d'étiage (DOE) du SDAGE pour la période 1991-2008 en soustrayant les prélèvements pour l'AEP et les usages industriels.

Année	Mois	Débit mensuel moyen (m ³ /s)
2003	Juillet	2.149
	Août	1.654
	Septembre	2.394

Ces résultats montrent que la Dore est dans une situation hydrologique très délicate durant les périodes d'étiage. Dans le cadre d'implantation de nouveaux champs de captage, il convient donc de s'assurer que des prélèvements supplémentaires ne viendront pas augmenter la probabilité d'apparition des situations de crise pour la rivière Dore.

Trois simulations d'augmentation des débits de prélèvement sont réalisées. Elles concernent :

- L'installation d'un nouveau champ de captage dans la zone à fort potentiel aquifère
- L'augmentation de 20 % des débits actuellement prélevés au niveau des champs de captage de la plaine alluviale de la Dore
- La recherche du débit maximal pouvant être prélevé sans aggraver les situations de crise.

X.4 Simulations

Simulation 1 : implantation d'un nouveau champ de captage

Il s'agit de simuler l'impact sur la nappe alluviale d'un nouveau champ de captage dans la zone comprise entre Charnat et Dorat identifiée comme zone à fort potentiel aquifère.

Le débit prélevé global a été fixé pour la modélisation hydrodynamique et hydraulique à 2000 m³/j (soit 25 l/s). Ce débit correspond au débit de pointe journalier prélevé dans les 6 puits du champ de captage du Felet en rive droite et en rive gauche.

Les puits de captage ont été installés dans la zone présentant le plus fort potentiel aquifère, c'est-à-dire la zone 3 située entre Charnat et Dorat. Les 6 puits ont été implantés en rive gauche de la Dore dans les secteurs présentant les vulnérabilités les plus faibles.

Le modèle hydrodynamique a permis d'optimiser le nombre et l'emplacement des puits. Le débit maximal pouvant être prélevé dans chaque puits a été obtenu par une série de simulation en régime permanent dans lesquelles les débits prélevés dans les puits ont été modifiés par tâtonnements jusqu'à obtenir un débit total proche de 2000 m³/jour.

La localisation précise des puits et des débits pompés est donnée dans la [figure 25](#) et le tableau suivant.

Débits prélevés dans les différents ouvrages pour les deux zones testées. Les données de hauteur de niveau d'eau dans les puits sont calculées par le modèle hydrodynamique. Les valeurs de rabattement sont obtenues par soustraction de la piézométrie initiale avec la piézométrie influencée par les pompages.

Zone	Puits	Débit prélevé	Toit du substratum (m NGF)	Piézométrie initiale (m NGF)	Piézométrie (pompage) (m NGF)	Rabattement (m)
1	A	700 m ³ /j	275.38	278.81	276.83	- 1.98
	B	400 m ³ /j	275.26	278.40	277.05	- 1.35
	C	400 m ³ /j	275.40	278.78	277.05	-1.73
2	D	130 m ³ /j	279.60	280.76	280.1	-0.66
	E	180 m ³ /j	278.02	279.63	278.86	-0.77
	F	180 m ³ /j	278.00	280.17	279.53	-0.64

Les résultats de la modélisation montrent que :

- la piézométrie globale est peu influencée par les pompages sauf au droit des puits

- les directions d'écoulement des eaux souterraines restent inchangées au niveau de la plaine alluviale
- une part très importante de l'eau prélevée dans les puits provient du cours d'eau par infiltration depuis les berges.

En outre, la zone 1 (méandre au droit de Noalhat) présente un potentiel plus intéressant vis-à-vis de l'implantation d'un nouveau champ de captage. Les débits pouvant être prélevés sont plus forts (de l'ordre de $500 \text{ m}^3/\text{j}$) que pour la zone 2 (méandre au droit de Dorat).

En ce qui concerne le champ de captage de Noalhat (Rive gauche de la Dore), les valeurs de rabattement au droit des puits sont assez élevées (de l'ordre de 1.5m) compte tenu de l'épaisseur mouillée de l'aquifère (3.5 m). Cependant le maintien du rapport de 1/3 devrait permettre d'éviter de dénoyer les pompes des puits.

Pour le champ de captage de Dorat (Rive gauche de la Dore), les valeurs de débits pouvant être prélevés sont plus faibles et de l'ordre de $150 \text{ m}^3/\text{j}$. Ces résultats s'expliquent par une épaisseur de la tranche d'eau plus faible (environ 2 m). Les valeurs de rabattement dans les puits sont de l'ordre de 0.6 m soit 1/3 de la hauteur mouillée. La simulation montre cependant que la mise en service de ces trois puits entraînerait la création d'un axe de drainage parallèlement au cours d'eau. La végétation rivulaire pourrait être affectée par cette modification du sens d'écoulement souterrain.

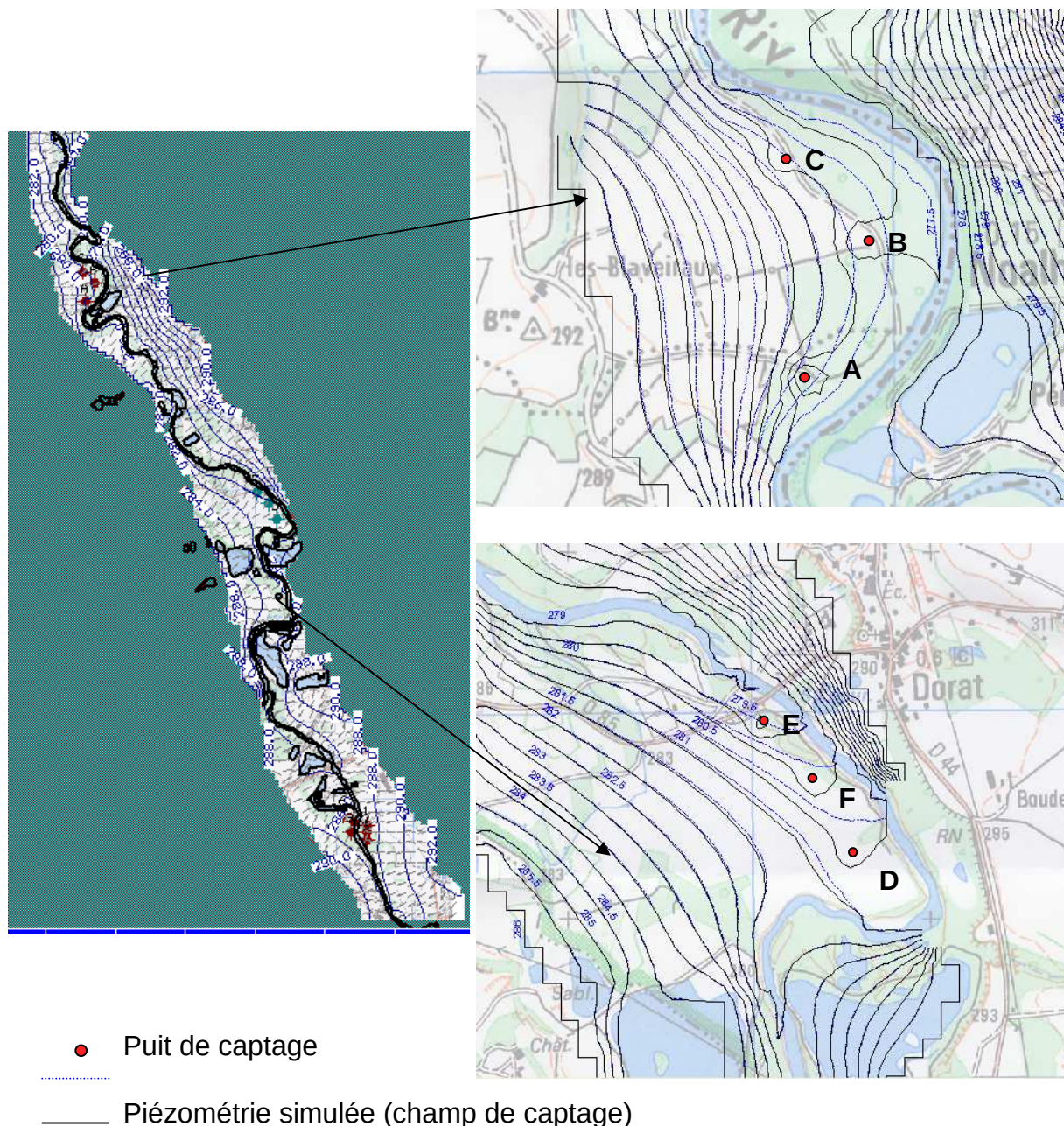


Figure 25 : Localisation des deux champs de captage. Les 6 puits marqués par des points de couleur rouge sont représentés par A, B, C pour le champ de captage de Noalhat et D, E, F pour le champ de captage de Dorat. Les traits de couleur bleue représentent la piézométrie basses eaux ; les traits de couleur noire représentent la piézométrie avec les champs de captage en activité.

L'installation des deux nouveaux champs de captage va provoquer une diminution de 25 l/s du débit de la rivière. L'impact de ces prélèvements peut être déterminé en recalculant sur la période 1991-2008 le nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE.

Pour la période 1991-2008, le Débit de Crise serait passé de 7 à 8 jours en 1997, de 81 à 84 jours en 2003, de 43 à 45 jours en 2005 et de 9 à 10 jours en 2006.

Simulation 2 : augmentation des débits prélevés dans les champs de captage existants

Les débits actuellement prélevés au niveau de la plaine alluviale de la Dore au niveau des champs de captage de Port de Ris, Thiers, SIEA Rive Droite Dore et Garmy représentent 1250 m³/j, soit 15 l/s.

Une augmentation de l'ordre de 20 % des débits prélevés dans les puits de captage porterait les prélèvements à 18 l/s.

Au niveau global de la plaine alluviale, les impacts sur la nappe alluviale et le régime hydrologique du cours d'eau seront faibles.

Au niveau local, les cônes de rabattement au niveau des puits de pompages pourraient voir leurs aires d'influence augmentées. Cependant la modélisation hydrodynamique à maille de 50m mise en œuvre dans le cadre de ce projet ne montre pas de variation significative.

Simulation 3 : simulation du débit maximal pouvant être prélevé

Dans cette simulation, il s'agit de rechercher le débit maximal pouvant être prélevé dans la nappe alluviale de la Dore. Ce débit ne doit pas entraîner l'apparition de nouvelles situations de gestion de crise et doit respecter le débit d'objectif d'étiage fixé à 2.5 m³/s pour la Dore.

Les simulations ont consisté à soustraire au débit journalier moyen de la Dore sur la période 1991-2008 des valeurs de débits croissantes (représentant les prélèvements dans les puits) (incrémentation par tranche de débit de 10 l/s) et à compter l'évolution du nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs pour chaque année. La simulation s'arrête lorsqu'une situation nouvelle de crise apparaît pour une nouvelle année.

Les résultats montrent que pour des débits supplémentaires de prélèvements de 50 l/s (soit 4300 m³/j) il y aurait eu apparition d'une situation de crise pour l'année 2004. En outre, il est possible que le débit objectif d'étiage qui est calculé sur un pas temps mensuel n'ait pas été respecté en 1994.

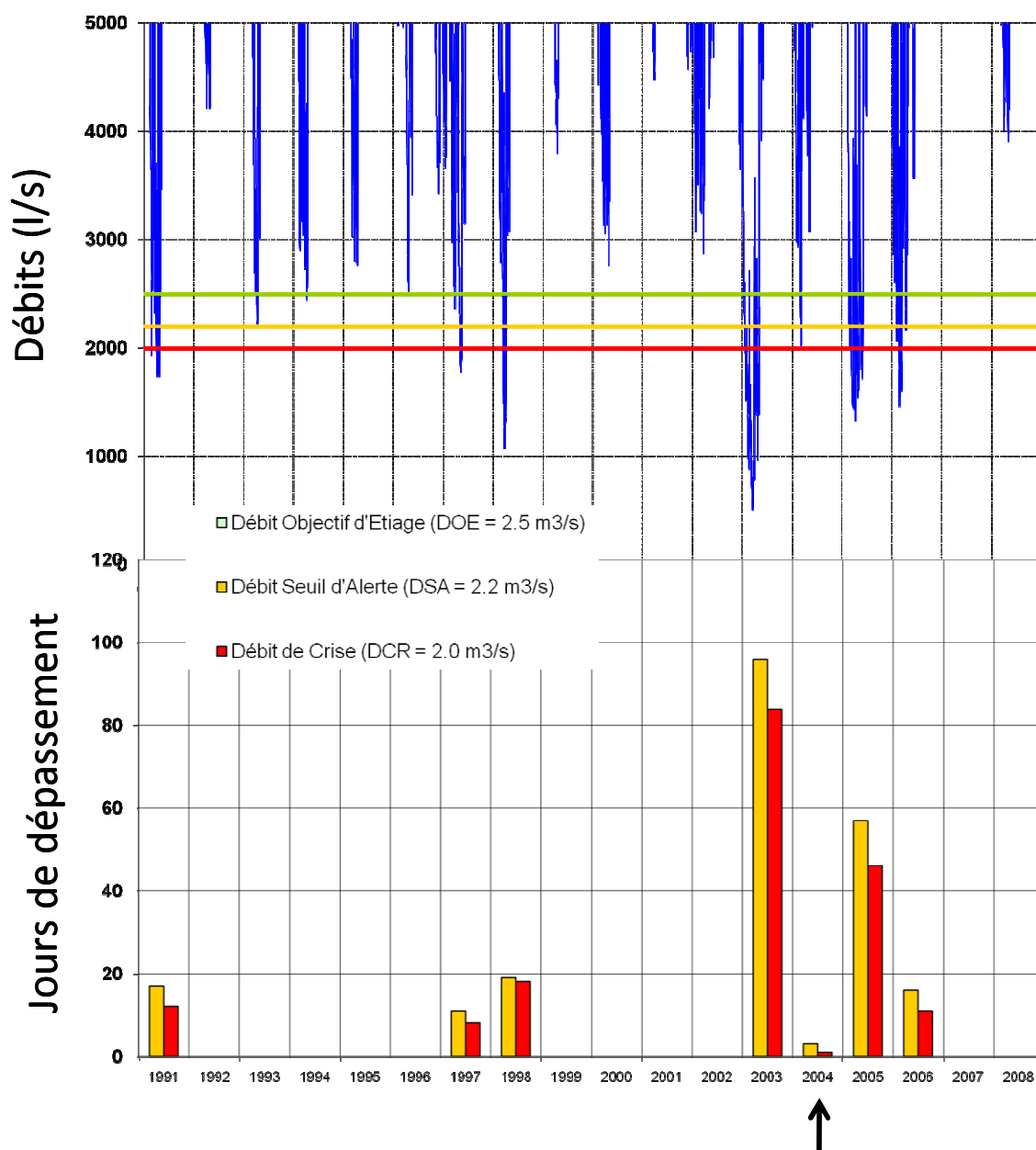


Figure 26 : Nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE pour la période 1991-2008 pour le cas d'un prélèvement supplémentaire de 50 l/s. Le graphique du haut indique les variations de débits journaliers de la Dore au point nodal. L'échelle des débits est volontairement recentrée sur les faibles débits. Les traits de couleur verte, jaune et rouge représentent respectivement le DOE, le DSA et le DCR. Le graphique du bas représente le nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs. La flèche noire indique l'apparition d'une nouvelle situation de crise pour l'année 2004.

Une autre simulation réalisée avec une valeur de prélèvement de 300 l/s montre que la Dore pourrait connaître des crises hydrologiques graves pendant les périodes d'étiage. En effet, le

débit d'objectif d'étiage ne serait pas respecté 3 années sur 9. Le débit seuil d'alerte le débit de crise serait atteint 4 années sur 9.

Nombre de jours de franchissement des débits d'objectifs du SDAGE pour la période 1991-2008 pour le cas d'un débit supplémentaire prélevé de 300 l/s.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Débit Seuil d'Alerte (DSA=2.2 m ³ /s)	25		5				15	21					102	4	74	23		
Débit de Crise (DCR=2.0 m ³ /s)	17		1				11	20					97	3	63	16		

	Fréquence /18
Débit Seuil d'alerte (DSA =2.2 m ³ /s)	8
Débit de Crise (DCR =2.0 m ³ /s)	8

Nombre de mois de franchissement du débit d'objectif d'étiage (DOE) du SDAGE pour la période 1991-2008.

Année	Mois	Débit mensuel moyen (m ³ /s)
1998	Août	2.437
2003	Juin	2.377
	Juillet	1.285
	Août	0.790
	Septembre	1.530
2005	Août	1.830
	Septembre	2.221
	Octobre	2.496

XI Conclusions et recommandations

La cartographie des vulnérabilités intrinsèques a montré que la plaine alluviale de la Dore est un milieu très sensible aux pollutions. En effet, 80 % de la superficie de la plaine alluviale est estimée vulnérable à très vulnérable.

Or, sur l'ensemble du bassin versant de la Dore et à fortiori au droit de la nappe alluviale dans la basse vallée, on constate que les sources de pollution avérées ou potentielles sont nombreuses. La qualité de la rivière est d'ailleurs mauvaise à très mauvaise pour certains paramètres.

Il est donc indispensable de poursuivre les initiatives visant à restaurer la qualité des eaux superficielles et souterraines et plus globalement de tous les milieux naturels.

La nappe alluviale de la basse vallée de la Dore présente cinq zones à forte potentialité aquifère qui sont étroitement liées au cours d'eau. En effet, les anciens lits de la rivière présentent des perméabilités plus fortes et sont donc plus favorables, d'où l'importance de préserver les secteurs à forte dynamique fluviale. A l'inverse, les recalibrages et enrochements ont eu pour effets de déconnecter les anciens lits de la rivière et de limiter les échanges hydriques entre la nappe et la rivière et sont donc à éviter à l'avenir.

Dans le cadre d'implantation de nouveaux champs de captage d'eau, la zone comprise entre Charnat et Dorat représente une zone favorable.

Les simulations montrent que les volumes disponibles supplémentaires au niveau de la plaine alluviale de la Dore sont relativement faibles. Les débits prélevés supplémentaires ne devraient pas dépasser 50 l/s afin de ne pas aggraver la situation hydrologique actuelle.

Nous recommandons la mise en place d'un réseau de mesures régulières des variations de la surface piézométrique de la nappe alluviale de la Dore afin d'affiner les connaissances sur son fonctionnement spatial et temporel. Ces points pourraient être implantés dans la zone comprise entre Charnat et Dorat à proximité de la rivière et plus grande distance des berges afin de connaître les apports latéraux en provenance des coteaux.

XII Résumé / Synthèse de l'étude

Le projet s'intéresse à la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore entre la sortie des gorges (commune de Courpière) et la confluence avec l'Allier (commune de Ris). Le diagnostic s'est essentiellement appuyé sur l'étude réalisée en 1989³ par le BRGM et le CETE.

L'ensemble des données collectées a permis d'une part d'élaborer une carte piézométrique « moyennes eaux » et d'autre part de définir la géométrie de l'aquifère (toit du substratum imperméable, épaisseur de l'aquifère alluvial) et ces principales caractéristiques (transmissivités et porosité des alluvions, relations avec les versants).

L'étude hydrogéologique a montré que la nappe alluviale est alimentée par les aquifères contenues dans les basses et moyennes terrasses de la Dore et les précipitations ; la Dore constituant le niveau de base de la nappe alluviale. Les directions d'écoulement des écoulements souterrains dans la nappe sont subparallèles au versant. Le gradient hydraulique moyen est de 2 ‰ pour la partie amont et de 0,7 ‰ pour la partie aval. A une échelle locale, le tracé des courbes isopièzes est influencé :

- par la présence de gravières dont les berges sont fortement colmatées,
- par l'existence d'anciens chenaux,
- par le régime hydrologique particulier des affluents.

L'ensemble des ouvrages de prélèvements tous usages confondus (AEP, industrie, agriculture) ont fait l'objet d'un inventaire exhaustif et ont été reportés sur un extrait de carte IGN au 1/25000.

Une modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale pour la plaine alluviale de la Dore a validé le fonctionnement hydrologique de l'aquifère. Il s'agit de trois modèles déterministes à mailles carrées de résolution 50 m fonctionnant en régime permanent. Les modèles ont été calés et validés sur les données piézométriques fournies par l'étude CETE correspondant à l'étiage 1976 et sur les mesures piézométriques complémentaires réalisées par le BRGM en août 2008. Ces modèles tiennent compte des débits de pompage prélevés dans les différents champs de captage.

Les résultats fournis par ces modèles ont permis de cartographier les zones potentielles aquifères de la plaine alluviale de la Dore ; la notion de potentiel aquifère reposant sur l'idée

³ Répartition des ressources en eau et en granulats pour servir à l'aménagement de la plaine alluviale de la Dore.

que la nappe alluviale de la basse vallée de la Dore présente des dispositions plus ou moins élevées vis-à-vis de la ressource en eau selon les caractéristiques de l'aquifère et du milieu. La carte de potentialité aquifère a montré qu'il existe encore un certain potentiel aquifère : 36 % de la superficie de la plaine alluviale de la Dore est classée en potentialité aquifère favorable. Cependant la carte de vulnérabilité intrinsèque de la ressource en eau réalisée dans le cadre de ce projet montre un très fort degré de vulnérabilité : 80 % de la superficie de la plaine alluviale de la Dore est classée en vulnérabilité forte.

Cinq zones à potentiel aquifère favorable ont toutefois été identifiées :

- la zone du bec de Dore au niveau de la confluence avec l'Allier,
- l'intérieur du méandre de la Dore (Rive Droite) situé 500 m en aval de Puy Guillaume,
- le corridor fluvial situé entre Charnat et Dorat. Il s'étend sur un linéaire de 6 km de part et d'autre de la Dore et représente le secteur à plus fort potentiel aquifère de la basse vallée entre Courpière et la confluence,
- le secteur du Felet situé sur la commune de Thiers,
- les méandres en amont de Néronde-sur-Dore.

Pour chaque zone, les différentes activités et/ou sites pouvant potentiellement libérer des polluants susceptibles d'atteindre la nappe alluviale ont été recensés.

Trois scénarii d'exploitation de la ressource en eau jugée prioritaire par les acteurs de l'eau ont été retenus. Les impacts ont été appréciés d'une part au regard du nombre de jours de franchissement du débit de crise de la Dore et d'autre part par rapport à une modification éventuelle du sens d'écoulement de la nappe alluviale.

Le premier scénario a concerné l'installation d'un nouveau champ de captage dans deux zones à fort potentiel aquifère. Les simulations ont montré que la piézométrie globale est peu influencée par les pompages et qu'une part importante de l'eau prélevée dans les puits provient du cours d'eau par infiltration depuis les berges. Néanmoins, au niveau local, les modifications peuvent être plus importantes : la mise en service de nouveaux puits entraînerait la création d'axe de drainage parallèlement au cours d'eau. La végétation rivulaire pourrait être affectée par ces modifications du sens d'écoulement souterrain et les rabattements induits. Le deuxième scénario a concerné l'augmentation de 20 % des débits actuellement prélevés au niveau des champs de captage de la plaine alluviale de la Dore.

Enfin le dernier scénario testé concernait la recherche du débit maximal pouvant être prélevé sans aggraver les situations de crise de la Dore.

Les différentes simulations réalisées indiquent que les volumes disponibles supplémentaires au niveau de la plaine alluviale de la Dore sont relativement faibles. Les débits prélevés supplémentaires ne devraient pas dépasser 50 l/s afin de ne pas aggraver la situation hydrologique actuelle.